

**PENGEMBANGAN SISTEM PENGGANTIAN DANA BERBASIS WEB
DENGAN VERIFIKASI TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE
SSIM DAN NCC DI PT. ADIMITRA WILANGTAMA**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

ANISA AULIA DINI
NPM. 2209010017



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

**PENGEMBANGAN SISTEM PENGANTIAN DANA BERBASIS WEB
DENGAN VERIFIKASI TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE
SSIM DAN NCC DI PT. ADIMITRA WILANGTAMA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

**ANISA AULIA DINI
NPM. 2209010017**

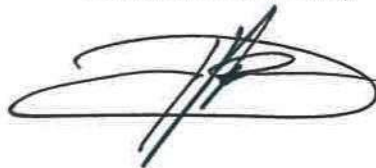
**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN SISTEM PENGANTIAN DANA
BERBASIS WEB DENGAN VERIFIKASI TANDA TANGAN
MENGUNAKAN METODE SSIM DAN NCC DI PT
ADIMITRA WILANGTAM

Nama Mahasiswa : ANISA AULIA DINI
NPM : 2209010017
Program Studi : Sistem Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom., M.Kom.)
NIDN 0117088902

Ketua Program Studi



(Mahardika Abdi Prawira Tanjung,
S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0117088902

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

PENGEMBANGAN SISTEM PENGGANTIAN DANA BERBASIS WEB DENGAN VERIFIKASI TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE SSIM DAN NCC DI PT. ADIMITRA WILANGTAMA

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 05 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan



ANISA AULIA DINI
NPM. 2209010017

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ANISA AULIA DINI
NPM : 2209010017
Program Studi : Sistem Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

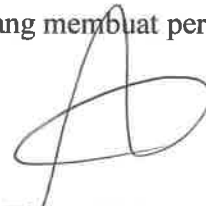
**PENGEMBANGAN SISTEM PENGGANTIAN DANA BERBASIS WEB
DENGAN VERIFIKASI TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE
SSIM DAN NCC DI PT ADIMITRA WILANGTAMA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 14 September 2026

Yang membuat pernyataan



ANISA AULIA DINI
NPM. 2209010017

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Anisa Aulia Dini
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 08 Oktober 2004
Alamat Rumah : Jl. Karya Link 1 Gg. Wonosobo
Karang Berobak, Kec. Medan Barat, Medan
Telepon/Faks/HP : 0821 8351 6512
E-mail : anisaauliadini6@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD	: Karya Bhakti	TAMAT	: 2010-2016
SMP	: SMPN 16 MEDAN	TAMAT	: 2016-2019
SMA	: SMKN 14 MEDAN	TAMAT	: 2019-2022

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, doa, serta motivasi. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S. Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
4. Bapak Mhd. Basri, S.SI., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
5. Pembimbing Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, ilmu, saran, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah

memberikan ilmu, pengetahuan, dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan.

7. Bapak Herman Susanto selaku General Manager (GM), Bapak Rosidi Proyek Maneger (PM) di Perusahaan PT. Adimitra Wilangtama yang telah memberikan saya kesempatan untuk penelitian di perusahaan tersebut. Semoga segala kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.
8. Teristimewa kepada kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, semangat, motivasi, serta pengorbanan yang tidak ternilai kepada penulis. Terima kasih atas segala hal yang telah diberikan dan atas kesabaran dalam mendampingi penulis hingga sampai pada tahap ini. Tanpa doa dan dukungan dari kedua orang tua, penulis tidak akan mampu menyelesaikan pendidikan dan skripsi ini dengan baik.
9. Terima kasih yang istimewa kepada Rinto, S.T., yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, bantuan, serta menemani penulis selama proses penyusunan skripsi. Terima kasih karena telah dengan sabar mengajarkan, membantu, memberikan arahan ketika penulis mengalami kesulitan, serta selalu menemani dan memberikan semangat kepada penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
10. Terima kasih kepada para sahabat yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis hingga saat ini, khususnya Dwi Syahputri NST, Ratu, dan Nadya. Terima kasih atas segala dukungan, kebersamaan, serta semangat yang telah diberikan selama proses penyelesaian skripsi ini.
11. Terima kasih kepada sahabat-sahabat seperjuangan di bangku kuliah yang telah menemani perjalanan penulis selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, canda tawa, serta berbagai pengalaman yang telah dilalui bersama hingga akhirnya kita dapat sampai pada tahap ini.

12. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, dan semangat dalam proses penyelesaian skripsi ini.
13. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang.
14. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan doa selama proses penyelesaian skripsi ini. Semoga segala kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah SWT.

PENGEMBANGAN SISTEM PENGANTIAN DANA BERBASIS WEB DENGAN VERIFIKASI TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE SSIM DAN NCC DI PT. ADIMITRA WILANGTAMA

ABSTRAK

Proses verifikasi tanda tangan General Manager (GM) pada kwitansi pengajuan penggantian dana (*reimbursement*) di PT. Adimitra Wilangtama masih dilakukan secara manual oleh staf keuangan, sehingga membutuhkan waktu lama, bersifat subjektif, rentan kesalahan, serta rawan pemalsuan karena tidak adanya rekam jejak digital. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem penggantian dana berbasis web yang dilengkapi modul verifikasi tanda tangan otomatis menggunakan metode *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Normalized Cross-Correlation* (NCC), serta menentukan nilai *threshold* kemiripan yang tepat untuk membedakan tanda tangan valid dan tidak valid. Penelitian menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan metode pengembangan sistem *Prototype*, yang meliputi tahap *communication*, *quick plan*, *modeling quick design*, *construction of prototype*, serta *deployment*, *delivery*, and *feedback*. Sistem dibangun menggunakan *framework Laravel* dan basis data MySQL, dengan perancangan berbasis UML (*use case*, *activity*, dan *class diagram*). Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black box testing* terhadap fitur login, pengajuan *reimbursement*, pengelolaan tanda tangan referensi, proses verifikasi, dan pembuatan laporan, sedangkan pengujian akurasi verifikasi dilakukan terhadap 20 sampel tanda tangan (10 valid dan 10 tidak sesuai) dengan membandingkan beberapa nilai *threshold* (60%, 70%, 80%, dan 90%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil dibangun dan seluruh fungsi utama berjalan sesuai kebutuhan pengguna. Metode SSIM dan NCC terbukti mampu membandingkan citra tanda tangan pada kwitansi dengan tanda tangan referensi sehingga sistem dapat menentukan status valid atau tidak valid secara otomatis, objektif, dan terdokumentasi, sekaligus mempermudah admin dalam pengelolaan data pengajuan dan penyusunan laporan.

Kata kunci: penggantian dana, verifikasi tanda tangan, SSIM, NCC, sistem berbasis web

**DEVELOPMENT OF A WEB-BASED REIMBURSEMENT SYSTEM WITH
SIGNATURE VERIFICATION USING THE SSIM AND NCC METHODS AT
PT. ADIMITRA WILANGTAMA**

ABSTRACT

The verification of the General Manager's signature on reimbursement receipts at PT. Adimitra Wilangtama is still carried out manually by finance staff, making the process time-consuming, subjective, error-prone, and vulnerable to forgery due to the absence of a digital audit trail. This study aims to design and build a web-based reimbursement system equipped with an automatic signature verification module using the Structural Similarity Index Measure (SSIM) and Normalized Cross-Correlation (NCC) methods, and to determine an appropriate similarity threshold for distinguishing valid from invalid signatures. The research applies a Research and Development (R&D) approach with the Prototype system development method, covering the stages of communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, and deployment, delivery, and feedback. The system was built using the Laravel framework and MySQL database, with UML-based design (use case, activity, and class diagrams). System testing was conducted using black box testing on the login, reimbursement submission, reference signature management, verification, and reporting features, while verification accuracy testing was performed on 20 signature samples (10 valid and 10 mismatched) by comparing several threshold values (60%, 70%, 80%, and 90%). The results show that the system was successfully built and all main functions operate according to user requirements. The SSIM and NCC methods proved capable of comparing signature images on receipts with reference signatures, enabling the system to automatically, objectively, and traceably determine a valid or invalid status, while also making it easier for admins to manage submission data and generate reports.

Keywords: reimbursement, signature verification, SSIM, NCC, web-based system

DAFTAR ISI

JUDUL KARYA ILMIAH	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	viii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	15
1.1 Latar Belakang Masalah.....	15
1.2 Rumusan Masalah	18
1.3 Batasan Masalah	18
1.4 Tujuan Penelitian	19
1.5 Manfaat Penelitian	19
BAB II LANDASAN TEORI	21
2.1 Sistem Informasi	21
2.2 Sistem Informasi Berbasis Web.....	22
2.3 Sistem Penggantian Dana (Reimbursement)	23
2.4 Tanda Tangan	23
2.5 Verifikasi Tanda Tangan	24
2.6 Pengolahan Citra Digital.....	24
2.7 Preprocessing Citra Tanda Tangan	25
2.8 Structural Similarity Index Measure (SSIM).....	26
2.9 Normalized Cross-Correlation (NCC).....	27
2.10 Arsitektur Client Server dan Model View Controller (MVC).....	28
2.11 Laravel	29
2.12 MySQL	30
2.13 Visual Studio Code (VSCode).....	30

2.14	XAMPP.....	31
2.15	CSS (Cascading Style Sheets)	31
2.16	PHP (Hypertext Preprocessor).....	32
2.17	JavaScript.....	33
2.18	Python	33
2.19	UML (Unified Modeling Language)	34
2.20	Penelitian Terdahulu	35
2.21	Analisis Gap.....	37
BAB III ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM.....		40
3.1	Metode Penelitian	40
3.2	Jadwal Penelitian	41
3.3	Tempat Penelitian	42
3.4	Teknik Pengumpulan Data.....	42
3.5	Data Sampel Tanda Tangan.....	43
3.6	Penentuan Nilai Threshold.....	44
3.7	Kerangka Penelitian.....	45
3.8	Perancangan Sistem	46
3.9	Metode Pengujian Sistem	50
3.9.1	Pengujian Black Box.....	50
3.9.2	Pengujian Metode SSIM dan NCC	51
3.9.3	Evaluasi Kinerja Verifikasi Tanda Tangan.....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Implementasi Sistem.....	54
4.2	Implementasi Antarmuka Sistem.....	54
4.2.1	Implementasi Halaman Registrasi	54
4.2.2	Halaman Login.....	56
4.2.3	Dashboard Admin	57
4.2.4	Dashboard Karyawan	57
4.2.5	Halaman Data Pengajuan	58
4.2.6	Halaman Tambah Pengajuan	59
4.2.7	Halaman Detail Pengajuan.....	60

4.2.8	Halaman Referensi Tanda Tangan.....	60
4.2.9	Halaman Laporan.....	61
4.2.10	Implementasi Halaman Laporan Pengajuan Dana	62
4.2.11	Implementasi Verifikasi SSIM dan NCC.....	63
4.3	Pengujian Sistem.....	63
4.3.1.	Pengujian Login	64
4.3.2.	Pengujian Pengajuan Reimbursement.....	64
4.3.3.	Pengujian Referensi Tanda Tangan	64
4.3.4.	Pengujian Verifikasi Tanda Tangan.....	65
4.3.5.	Pengujian Laporan	65
4.4	Pengujian Metode SSIM dan NCC	66
4.5	Pembahasan	67
BAB V PENUTUP		68
5.1.	Kesimpulan	68
5.2.	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....		70

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1 Penelitian Terdahulu.....	35
TABEL 3.1 Jadwal Penelitian.....	41
TABEL 3.2 Sampel Tanda Tangan.....	44
TABEL 3.3 Rumus Evaluasi.....	52
TABEL 4.1 Pengujian Login.....	64
TABEL 4.2 Pengujian Pengajuan.....	64
TABEL 4.3 Pengujian Referensi Tanda Tangan	65
TABEL 4.4 Pengujian Laporan	66

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 Logo Laravel.....	29
GAMBAR 2.2 Logo MySQL.....	30
GAMBAR 2.3 Visual Studio Code	30
GAMBAR 2.4 XAMPP.....	31
GAMBAR 2.5 CSS	32
GAMBAR 2.6 PHP	32
GAMBAR 2.7 JavaScript.....	33
GAMBAR 2.8 Python	33
GAMBAR 3.1 Kerangka Penelitian	46
GAMBAR 3.2 Use Case Diagram	47
GAMBAR 3.3 Activity Diagram Pengajuan Dana	48
GAMBAR 3.4 Activity Diagram Verifikasi Tanda Tangan	49
GAMBAR 3.5 Class Diagram.....	50
GAMBAR 4.1 Halaman Registrasi.....	56
GAMBAR 4.2 Halaman Login	56
GAMBAR 4.3 Halaman Dashboard Admin	57
GAMBAR 4.4 Halaman Dashboard Karyawan	58
GAMBAR 4.5 Halaman Data Pengajuan.....	59
GAMBAR 4.6 Halaman Tambah Pengajuan.....	59
GAMBAR 4.7 Halaman Detail Pengajuan	60
GAMBAR 4.8 Halaman Referensi Tanda Tangan	61
GAMBAR 4.9 Halaman Laporan	61
GAMBAR 4.10 Halaman Laporan Pengajuan Dana	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Transformasi digital telah merambah ke berbagai sektor industri di Indonesia, termasuk perusahaan kontraktor seperti PT. Adimitra Wilangtama (Wahyuni, I. 2022). Dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, PT. Adimitra Wilangtama mengadopsi sistem informasi berbasis web untuk mengelola berbagai proses bisnis, salah satunya adalah pengelolaan penggantian dana (*reimbursement*). Proses ini penting untuk mendukung kelancaran proyek, terutama ketika karyawan melakukan pembelian barang atau keperluan kantor dengan menggunakan dana pribadi terlebih dahulu. Setelah melakukan pembelian, karyawan mengajukan penggantian dana dengan melampirkan kwitansi sebagai bukti transaksi.

Dalam struktur otorisasi di PT. Adimitra Wilangtama, kwitansi yang diajukan harus mendapatkan persetujuan dari *General Manager (GM)*. Persetujuan ini diwujudkan dalam bentuk tanda tangan basah GM pada lembar kwitansi atau formulir pengajuan yang dilampirkan. Tanda tangan GM menjadi elemen kunci yang menandakan bahwa transaksi telah diketahui dan disetujui oleh pihak yang berwenang. Dengan demikian, keabsahan dokumen penggantian dana sangat bergantung pada validitas tanda tangan tersebut.

Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan tim pengelola sistem informasi serta bagian keuangan PT. Adimitra Wilangtama (September–Oktober 2025), ditemukan bahwa proses verifikasi tanda tangan GM pada kwitansi masih dilakukan secara manual oleh staf administrasi keuangan. Staf keuangan memeriksa secara visual kwitansi yang diunggah, membandingkan tanda tangan pada dokumen dengan contoh tanda tangan GM yang tersimpan dalam arsip fisik atau dalam bentuk citra digital.

Proses manual ini menghadapi sejumlah kendala. Pertama, verifikasi manual membutuhkan waktu relatif lama, terutama ketika volume pengajuan penggantian dana meningkat pada akhir bulan atau akhir proyek. Kedua, penilaian kesesuaian tanda tangan bersifat subjektif dan rentan terhadap kesalahan manusia, terutama jika tanda tangan yang diajukan kurang jelas atau memiliki variasi gaya penulisan. Ketiga, tidak adanya rekam jejak digital yang otomatis menyulitkan proses audit dan pertanggungjawaban di kemudian hari. Keempat, risiko pemalsuan tanda tangan cukup tinggi mengingat dokumen dikirimkan dalam bentuk gambar yang dapat diedit dengan mudah menggunakan perangkat lunak pengolah gambar (*ROBBY, M. 2026*).

Permasalahan tersebut diperparah oleh belum terintegrasinya mekanisme verifikasi otomatis dalam sistem informasi perusahaan. Saat ini, sistem penggantian dana hanya berfungsi sebagai repositori unggahan dokumen dan alur persetujuan elektronik, tetapi tidak dilengkapi modul untuk memverifikasi keaslian tanda tangan. Akibatnya, potensi kerugian finansial akibat pengajuan fiktif atau pemalsuan dokumen menjadi risiko nyata. Dalam laporan tahunan internal PT. Adimitra Wilangtama tahun 2024, disebutkan bahwa terdapat tiga kasus dugaan pemalsuan tanda tangan dalam pengajuan penggantian dana yang memerlukan investigasi khusus dan menyebabkan keterlambatan pencairan serta menurunnya kepercayaan antar bagian (*ROBBY, M. 2026*).

Berkembangnya teknologi pengolahan citra dan pengenalan pola membuka peluang untuk mengatasi permasalahan pada verifikasi tanda tangan secara manual. Verifikasi tanda tangan otomatis ini adalah proses pemeriksaan tanda tangan dengan bantuan sistem untuk membandingkan citra tanda tangan uji dengan citra tanda tangan referensi. Secara umum, proses ini meliputi beberapa tahap yaitu pra-pemrosesan citra, seperti cropping, grayscale, thresholding, resize, dan normalisasi, kemudian dilanjutkan dengan pencocokan kemiripan citra.

Dalam penelitian ini, proses pencocokan citra tanda tangan difokuskan pada metode *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Normalized Cross-Correlation* (NCC). SSIM digunakan untuk mengukur kemiripan struktur visual antara tanda tangan pada kwitansi dan tanda tangan pada referensi, sedangkan NCC digunakan untuk mengukur korelasi pola piksel antara kedua citra tanda tangan. Hasil perhitungan dari kedua metode tersebut akan dibandingkan dengan nilai *threshold* tertentu untuk menentukan apakah tanda tangan dinyatakan valid atau tidak valid (Rustiyana et al., 2025).

Penerapan verifikasi tanda tangan otomatis dalam sistem penggantian dana berbasis web memberikan sejumlah manfaat. Pertama, proses verifikasi dapat dilakukan lebih cepat karena sistem membantu membandingkan tanda tangan secara otomatis. Kedua, proses penilaian menjadi lebih objektif karena keputusan didasarkan pada nilai kemiripan yang dihasilkan oleh metode SSIM dan NCC. Ketiga, hasil verifikasi berupa nilai kemiripan, waktu verifikasi, dan status tanda tangan dapat disimpan dalam basis data sebagai rekam jejak digital. Keempat, sistem dapat membantu mengurangi risiko pemalsuan tanda tangan pada dokumen penggantian dana (Akbar et al., 2025).

Penelitian terkait verifikasi tanda tangan otomatis telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan. Beberapa metode seperti SIFT, SURF, LBP, dan CNN digunakan untuk mengenali pola tanda tangan dengan tingkat akurasi tertentu (Hafemann et al., 2022; Diaz et al., 2021). Dalam studi kasus PT. Adimitra Wilangtama, modul verifikasi tanda tangan dirancang untuk menerima unggahan kwitansi yang telah ditandatangani oleh General Manager. Sistem akan melakukan proses preprocessing citra, kemudian membandingkan citra tanda tangan pada kwitansi dengan citra tanda tangan referensi yang tersimpan dalam database. Hasil perhitungan SSIM dan NCC akan digunakan untuk menentukan status tanda tangan berdasarkan nilai *threshold*.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem berbasis web yang dapat membantu proses pengajuan dan penggantian dana, serta dilengkapi

dengan fitur verifikasi tanda tangan berbasis citra digital. Dengan adanya sistem ini, proses verifikasi tanda tangan pada dokumen penggantian dana diharapkan menjadi lebih cepat, objektif, dan terdokumentasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem penggantian dana berbasis web yang dapat mengakomodasi unggahan kwitansi beserta tanda tangan General Manager sebagai dokumen pendukung pengajuan penggantian dana?
2. Bagaimana menerapkan metode *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Normalized Cross-Correlation* (NCC) untuk memverifikasi kesesuaian tanda tangan pada kwitansi dengan tanda tangan referensi yang tersimpan dalam database?
3. Bagaimana menentukan nilai ambang batas atau threshold tingkat kemiripan tanda tangan berdasarkan hasil perhitungan SSIM dan NCC agar sistem dapat membedakan tanda tangan valid dan tidak valid?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilaksanakan secara terarah dan mendalam, serta menghindari perluasan pembahasan yang tidak sesuai dengan tujuan awal, maka ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini difokuskan pada proses verifikasi tanda tangan basah pada kwitansi yang diajukan oleh karyawan dalam sistem penggantian dana di PT. Adimitra Wilangtama.
2. Sistem yang dibangun berupa prototipe modul verifikasi tanda tangan yang terintegrasi dengan sistem penggantian dana berbasis web. Pengembangan tidak mencakup seluruh modul sistem informasi perusahaan secara keseluruhan, melainkan hanya pada bagian unggah kwitansi, verifikasi tanda tangan otomatis, serta pencatatan hasil verifikasi.

3. Verifikasi hanya dilakukan terhadap tanda tangan basah General Manager yang terdapat pada kwitansi. Tanda tangan yang diproses adalah tanda tangan statis (*offline*) dalam format citra digital hasil unggahan. Penelitian tidak mencakup tanda tangan digital berbasis kriptografi (*digital signature*) atau tanda tangan biometrik dinamis (*dynamic signature*).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang dan membangun sistem penggantian dana berbasis web yang terintegrasi dengan modul verifikasi tanda tangan otomatis, sehingga proses unggah kwitansi beserta tanda tangan General Manager dapat dilakukan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.
2. Menerapkan metode *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) dan *Normalized Cross-Correlation* (NCC) untuk memverifikasi kesesuaian antara tanda tangan pada kwitansi yang diunggah dengan tanda tangan referensi yang tersimpan dalam database.
3. Menentukan nilai ambang batas atau threshold kemiripan berdasarkan hasil perhitungan SSIM dan NCC, sehingga sistem dapat membantu membedakan tanda tangan yang valid dan tidak valid.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Pengayaan Penerapan Algoritma Pencocokan Citra
Penelitian ini menerapkan algoritma *Structural Similarity Index Measure* (SSIM) atau *template matching* untuk verifikasi tanda tangan basah dalam konteks sistem penggantian dana. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi peneliti lain yang ingin menguji efektivitas

algoritma serupa pada dokumen bisnis dengan tingkat variasi tanda tangan yang alami.

2. Meningkatkan efisiensi proses verifikasi kwitansi karena verifikasi dilakukan secara otomatis oleh sistem tanpa harus menunggu pemeriksaan manual oleh staf keuangan.
3. Mengurangi risiko kesalahan subjektif dan potensi pemalsuan tanda tangan melalui mekanisme pencocokan yang objektif dan konsisten.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Informasi

Sistem informasi merupakan suatu sistem yang terdiri dari komponen-komponen yang saling berhubungan untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, dan menyajikan informasi yang berguna untuk mendukung kegiatan operasional serta pengambilan keputusan dalam suatu organisasi. Sistem informasi adalah kombinasi antara manusia, perangkat keras, perangkat lunak, jaringan komunikasi, sumber data, serta prosedur yang bekerja secara bersama-sama untuk mengolah data menjadi informasi yang berguna (*Laudon & Laudon, 2022*).

Menurut *O'Brien dan Marakas (2022)*, sistem informasi memiliki tiga komponen utama yaitu masukan, proses, dan keluaran. Masukan merupakan data yang dimasukkan ke dalam sistem, seperti data pengajuan penggantian dana dan dokumen kwitansi. Proses adalah kegiatan pengolahan data, seperti penyimpanan data pengajuan, verifikasi tanda tangan, dan perubahan status pengajuan. Keluaran adalah hasil yang diberikan oleh sistem, seperti status pengajuan, hasil verifikasi tanda tangan, dan laporan penggantian dana.

Dalam penelitian ini, sistem informasi digunakan untuk membantu proses penggantian dana di PT. Adimitra Wilangtama. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk mengelola data pengajuan dana, dokumen pendukung, verifikasi tanda tangan, serta laporan penggantian dana agar proses administrasi menjadi lebih terstruktur, cepat, dan terdokumentasi. Selain komponen teknis di atas, sistem informasi juga mencakup elemen manusia dan prosedur. Manusia berperan sebagai pengguna yang mengoperasikan sistem, sedangkan prosedur merupakan aturan atau kebijakan yang mengatur bagaimana sistem dijalankan (*Turban et al., 2023*).

Dalam konteks PT. Adimitra Wilangtama, sistem penggantian dana berbasis web yang akan dikembangkan melibatkan karyawan sebagai pengaju,

General Manager sebagai pemberi persetujuan, dan staf keuangan sebagai verifikator. Prosedur yang mengatur alur pengajuan, verifikasi, dan pencairan menjadi landasan penting agar sistem dapat berjalan sesuai dengan kebijakan perusahaan.

2.2 Sistem Informasi Berbasis Web

Sistem informasi berbasis web merupakan sistem informasi yang dapat diakses melalui browser dengan menggunakan jaringan internet, sistem berbasis web memungkinkan pengguna mengakses aplikasi dari berbagai perangkat tanpa perlu melakukan instalasi aplikasi khusus pada perangkat pengguna (*Pressman, 2022*).

Sistem berbasis web memiliki beberapa keunggulan, seperti kemudahan akses, penyimpanan data secara terpusat, kemudahan pemeliharaan, serta dapat digunakan oleh banyak pengguna dengan hak akses yang berbeda. Dalam lingkungan perusahaan, sistem berbasis web dapat membantu proses administrasi agar lebih cepat dan transparan.

Pada penelitian ini, sistem informasi berbasis web digunakan sebagai media untuk mengelola proses penggantian dana. Karyawan dapat mengajukan penggantian dana, mengunggah kwitansi, dan melihat status pengajuan. Bagian keuangan dapat melakukan pemeriksaan dokumen dan melihat hasil verifikasi tanda tangan. Sistem juga dapat menyimpan hasil verifikasi sebagai jejak audit sehingga proses penggantian dana dapat dipertanggung jawabkan. Dengan demikian, sistem informasi berbasis web tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan, tetapi juga sebagai pengendali keaslian dokumen yang menjadi dasar otorisasi keuangan perusahaan.

Dalam pengembangannya, sistem informasi berbasis web sering menggunakan arsitektur *Model View Controller (MVC)* yang memisahkan logika bisnis, antarmuka pengguna, dan pengelolaan data. Pemisahan ini memudahkan pengembangan modul baru, seperti modul verifikasi tanda tangan, tanpa mengganggu kode pada bagian lain (*Sommerville, 2022*).

2.3 Sistem Penggantian Dana (*Reimbursement*)

Penggantian dana atau reimbursement merupakan proses pengembalian uang kepada karyawan atas biaya yang telah dikeluarkan terlebih dahulu untuk keperluan perusahaan. Menurut *Mulyadi (2016)*, pengeluaran yang dilakukan dalam kegiatan operasional perusahaan harus didukung oleh bukti transaksi yang sah agar dapat dipertanggung jawabkan secara administratif.

Secara umum, proses penggantian dana terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pengajuan, verifikasi, persetujuan, dan pencairan. Pada tahap pengajuan, karyawan menyerahkan dokumen pendukung seperti kwitansi atau nota. Pada tahap verifikasi, bagian keuangan memeriksa kelengkapan dan keabsahan dokumen. Setelah itu, pengajuan dapat disetujui oleh pihak berwenang sebelum dana dicairkan kepada karyawan.

Dalam konteks PT. Adimitra Wilangtama, penggantian dana dilakukan berdasarkan dokumen kwitansi yang telah mendapat persetujuan dari General Manager. Persetujuan tersebut ditunjukkan melalui tanda tangan pada dokumen pengajuan. Oleh karena itu, tanda tangan menjadi bagian penting dalam menentukan keabsahan dokumen penggantian dana. Proses ini memastikan bahwa karyawan tidak menanggung beban biaya yang seharusnya menjadi tanggung jawab perusahaan.

2.4 Tanda Tangan

Tanda tangan merupakan bentuk identitas visual seseorang yang digunakan sebagai bukti persetujuan atau pengesahan terhadap suatu dokumen. Tanda tangan memiliki fungsi sebagai identitas penanda tangan dan sebagai bentuk pernyataan bahwa penanda tangan menyetujui isi dokumen tersebut, (*Morris, 2022*).

Tanda tangan memiliki karakteristik yang membedakannya dengan tulisan biasa. Tanda tangan cenderung ditulis dengan gaya yang konsisten namun tetap mengandung variasi alami karena faktor psikologis, fisik, dan

lingkungan. Menurut penelitian di bidang biometrik perilaku, tanda tangan merupakan salah satu ciri biometrik yang paling sulit dipalsukan secara sempurna karena keunikan dan kompleksitas gerakan yang membentuknya (Jain et al., 2022).

Dalam sistem penggantian dana di PT. Adimitra Wilangtama, tanda tangan basah General Manager pada kwitansi menjadi penanda bahwa dokumen tersebut telah melalui proses otorisasi. Keaslian tanda tangan menjadi prasyarat utama sebelum dana dapat dicairkan.

2.5 Verifikasi Tanda Tangan

Verifikasi tanda tangan merupakan proses pemeriksaan untuk menentukan apakah tanda tangan pada suatu dokumen sesuai dengan tanda tangan referensi milik pihak yang berwenang. Verifikasi tanda tangan dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Verifikasi manual dilakukan dengan cara membandingkan tanda tangan menggunakan pengamatan visual, sedangkan verifikasi otomatis dilakukan dengan bantuan sistem komputer, (Diaz et al., 2022; Hafemann et al., 2022).

Penelitian ini menggunakan pendekatan verifikasi tanda tangan offline karena tanda tangan yang diperiksa berasal dari gambar kwitansi yang diunggah ke sistem. Sistem akan membandingkan citra tanda tangan uji dengan citra tanda tangan referensi menggunakan metode SSIM dan NCC. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan nilai kemiripan yang dapat digunakan untuk menentukan apakah tanda tangan dinyatakan valid atau tidak valid.

2.6 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan proses pengolahan gambar menggunakan komputer untuk memperoleh informasi tertentu dari citra tersebut. Citra digital direpresentasikan sebagai fungsi dua dimensi yang tersusun dari piksel-piksel, di mana setiap piksel memiliki nilai intensitas tertentu, (Gonzalez & Woods, 2022).

Dalam proses verifikasi tanda tangan, pengolahan citra digital digunakan untuk mempersiapkan gambar tanda tangan agar dapat dibandingkan secara lebih akurat. Citra tanda tangan yang berasal dari hasil unggahan biasanya memiliki variasi ukuran, pencahayaan, posisi, dan kualitas gambar. Oleh karena itu, diperlukan tahapan pengolahan citra sebelum dilakukan perhitungan kemiripan.

Pada penelitian ini, pengolahan citra digital digunakan untuk mengubah gambar tanda tangan menjadi bentuk yang lebih seragam melalui tahapan grayscale, thresholding, noise reduction, cropping, resize, dan normalisasi. Setelah citra diproses, sistem akan melakukan perhitungan kemiripan menggunakan metode SSIM dan NCC.

2.7 Preprocessing Citra Tanda Tangan

Preprocessing citra merupakan tahap awal dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas gambar dan mempersiapkan citra agar dapat diproses pada tahap berikutnya. Menurut *Gonzalez dan Woods (2022)*, preprocessing dapat dilakukan untuk mengurangi gangguan pada citra, menyederhanakan data, dan meningkatkan kualitas hasil analisis.

Tahapan preprocessing citra tanda tangan dalam penelitian ini meliputi:

1. Grayscale

Grayscale merupakan proses mengubah citra berwarna menjadi citra keabuan. Proses ini dilakukan agar sistem tidak perlu memproses tiga kanal warna RGB, melainkan cukup memproses nilai intensitas piksel. Dengan demikian, proses perhitungan menjadi lebih sederhana.

2. Thresholding

Thresholding merupakan proses mengubah citra grayscale menjadi citra biner atau hitam putih. Proses ini bertujuan untuk memisahkan objek tanda tangan dari latar belakang. Pada penelitian ini, thresholding digunakan agar goresan tanda tangan dapat terlihat lebih jelas dan mudah dianalisis.

3. Noise Reduction

Noise reduction merupakan proses menghilangkan derau atau gangguan pada citra. Derau dapat muncul karena kualitas kamera, pencahayaan, kertas, atau hasil scan yang kurang baik. Pada citra tanda tangan, noise dapat mengganggu proses pencocokan karena sistem dapat menganggap titik-titik gangguan sebagai bagian dari tanda tangan.

4. Cropping

Cropping merupakan proses memotong bagian citra yang tidak diperlukan. Dalam penelitian ini, cropping digunakan untuk mengambil area tanda tangan dari dokumen kwitansi sehingga sistem hanya membandingkan bagian tanda tangan, bukan seluruh gambar dokumen.

5. Resize dan Normalisasi

Resize merupakan proses menyamakan ukuran citra tanda tangan uji dan tanda tangan referensi. Normalisasi dilakukan agar posisi, ukuran, dan orientasi tanda tangan menjadi lebih konsisten. Tahapan ini penting karena metode SSIM dan NCC membutuhkan citra yang memiliki ukuran dan posisi yang sebanding agar hasil perhitungan tidak menyimpang.

2.8 Structural Similarity Index Measure (SSIM)

Structural Similarity Index Measure (SSIM) adalah metode pengukuran kemiripan dua citra yang didasarkan pada persepsi manusia terhadap kualitas visual. SSIM dikembangkan oleh Wang *et al.* (2024) dan menjadi salah satu metrik yang paling populer karena mempertimbangkan tiga komponen utama: kecerahan, kontras, dan struktur. SSIM dirancang untuk meniru cara sistem visual manusia menilai kemiripan, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi seperti verifikasi tanda tangan yang mengandalkan persepsi visual. SSIM berfungsi untuk mengukur kemiripan dua citra berdasarkan persepsi visual manusia dengan mempertimbangkan aspek kecerahan, kontras, dan struktur. Dalam penelitian ini, SSIM digunakan untuk membandingkan kemiripan antara tanda

tangan uji dan referensi. Secara matematis, SSIM antara dua citra x dan y didefinisikan :

$$SSIM_{(x,y)}$$

di mana:

Parameter-parameter dalam perhitungan SSIM memiliki makna sebagai berikut: nilai μ_x dan μ_y merepresentasikan rata-rata intensitas piksel dari citra x dan y , yang digunakan untuk mengukur aspek kecerahan (*luminance*). Selanjutnya, σ_x^2 dan σ_y^2 merupakan varians dari masing-masing citra yang menunjukkan tingkat penyebaran intensitas piksel, sehingga merepresentasikan kontras (*contrast*). Nilai σ_{xy} adalah kovarians antara citra x dan y yang menggambarkan hubungan atau kesamaan pola struktur (*structure*) antara kedua citra. Sementara itu, C_1 dan C_2 merupakan konstanta stabilisasi yang bertujuan untuk menghindari pembagian dengan nilai nol pada perhitungan, di mana konstanta tersebut diperoleh dari $C_1 = (K_1 \cdot L)^2$ dan $C_2 = (K_2 \cdot L)^2$. Pada persamaan ini, L menyatakan rentang dinamis piksel (misalnya 255 untuk citra 8-bit), sedangkan K_1 dan K_2 adalah konstanta kecil yang biasanya bernilai 0,01 dan 0,03.

Nilai SSIM berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai 1 menunjukkan kedua citra identik. Untuk citra tanda tangan yang telah melalui pra-pemrosesan, SSIM dapat digunakan untuk mengukur kemiripan struktural antara tanda tangan uji dan referensi. Keunggulan SSIM adalah kepekaannya terhadap perubahan struktur lokal, yang sangat relevan karena tanda tangan asli cenderung memiliki pola goresan yang konsisten secara struktural meskipun terdapat variasi alami.

2.9 Normalized Cross-Correlation (NCC)

Normalized Cross-Correlation atau *NCC* merupakan metode pencocokan citra yang digunakan untuk mengukur tingkat kesamaan antara dua citra berdasarkan korelasi nilai piksel. NCC sering digunakan dalam template matching karena mampu membandingkan pola citra referensi dengan citra uji.

Menurut Brunelli (2009), template matching merupakan teknik pencocokan citra dengan cara membandingkan citra referensi terhadap citra target untuk memperoleh nilai kesesuaian. Dalam penelitian ini, NCC digunakan sebagai metode pencocokan untuk menghitung hubungan atau korelasi antara tanda tangan referensi dan tanda tangan uji. Rumus umum NCC adalah sebagai berikut:

$$NCC = \frac{\sum (A_i - A)(B_i - B)}{\sqrt{\sum (A_i - A)^2 \sum (B_i - B)^2}}$$

Nilai NCC berada pada rentang -1 sampai 1. Nilai mendekati 1 menunjukkan bahwa kedua citra memiliki pola yang sangat mirip. Nilai mendekati 0 menunjukkan korelasi rendah, sedangkan nilai negatif menunjukkan pola yang berlawanan.

Dalam penelitian ini, NCC digunakan untuk melengkapi hasil SSIM. SSIM menilai kemiripan struktur visual, sedangkan NCC menilai hubungan pola piksel antara dua citra. Di file skripsimu, bagian NCC sudah diarahkan sebagai metode yang dapat menangani variasi intensitas dan digunakan untuk pencocokan tanda tangan setelah citra dinormalisasi.

2.10 *Arsitektur Client Server dan Model View Controller (MVC)*

Sistem berbasis web umumnya mengadopsi arsitektur *client-server*, di mana klien (peramban web) mengirimkan permintaan ke server, dan server mengembalikan respons yang ditampilkan kepada pengguna. Arsitektur ini memisahkan tanggung jawab antara antarmuka pengguna dan logika bisnis, sehingga meningkatkan skalabilitas dan keamanan (Pressman, 2021).

Laravel menerapkan pola arsitektur *Model View Controller (MVC)* yang memisahkan aplikasi menjadi tiga komponen utama yaitu :

1. Model : Bertanggung jawab untuk berinteraksi dengan basis data, mengelola data, dan menerapkan aturan bisnis. Dalam sistem ini, model akan digunakan untuk menyimpan data pengguna, kwitansi, referensi tanda tangan, serta hasil verifikasi.

2. *View* : Menangani tampilan antarmuka pengguna. View di Laravel menggunakan *Blade templating engine* yang memungkinkan penggunaan kode PHP secara sederhana di dalam HTML. View akan menampilkan formulir unggah kwitansi, daftar pengajuan, dan hasil verifikasi.
3. *Controller* : Menjadi penghubung antara *Model* dan *View*, menerima masukan dari pengguna, memproses logika aplikasi, dan mengembalikan *output*. *Controller* akan mengelola alur pengajuan penggantian dana, memanggil *modul* verifikasi tanda tangan, serta menyimpan hasil ke basis data.

2.11 Laravel

Laravel adalah *framework* aplikasi web berbasis PHP yang bersifat *open-source* dan mengimplementasikan pola MVC. Laravel menyediakan berbagai fitur yang mempercepat pengembangan, seperti *routing* yang ekspresif, *authentication* bawaan, *query builder* dan *Eloquent ORM*, serta sistem *migration* untuk manajemen basis data versi (Stauffer, 2023).

Laravel menerapkan arsitektur MVC yang membagi sistem menjadi tiga bagian utama, yaitu *Model*, *View*, dan *Controller*. *Model* digunakan untuk mengelola data dan berhubungan dengan database. *View* digunakan untuk menampilkan antarmuka kepada pengguna. *Controller* digunakan untuk mengatur alur logika sistem dan menghubungkan *Model* dengan *View*.

Dalam penelitian ini, Laravel digunakan untuk membangun sistem penggantian dana berbasis web. Laravel digunakan untuk mengelola login pengguna, data pengajuan dana, unggahan kwitansi, penyimpanan tanda tangan, proses verifikasi, serta laporan penggantian dana. Penggunaan Laravel membuat struktur sistem lebih rapi, mudah dikembangkan, dan lebih mudah dipelihara.



Gambar 2.1 Logo Laravel

2.12 MySQL

MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data dalam bentuk tabel. MySQL banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis web karena dapat diintegrasikan dengan bahasa pemrograman PHP dan *framework* Laravel.

Dalam penelitian ini, MySQL digunakan untuk menyimpan seluruh data yang dibutuhkan oleh sistem penggantian dana. Data yang disimpan meliputi data pengguna, data karyawan, data pengajuan dana, data kwitansi, data tanda tangan referensi, hasil perhitungan SSIM dan NCC, status verifikasi, serta laporan penggantian dana.



Gambar 2.2 Logo MySQL

2.13 Visual Studio Code (VSCode)

Visual Studio Code merupakan editor kode yang digunakan untuk membantu proses pengembangan aplikasi berbasis web (Murani, N. A., Wahyuni, S., Pratiwi, R. A., & Firdaus, T. 2025)

Dalam penelitian ini, VSCode digunakan untuk menulis dan mengelola kode program Laravel, PHP, HTML, CSS, JavaScript, serta script pendukung verifikasi tanda tangan. Fitur seperti *extension*, *autocomplete*, *terminal*, dan *syntax highlighting* membantu proses pembuatan sistem penggantian dana berbasis web menjadi lebih mudah dan terstruktur.



Gambar 2.3 Visual Studio Code

2.14 XAMPP

XAMPP merupakan perangkat lunak server lokal yang terdiri dari Apache, PHP, MySQL/MariaDB, dan phpMyAdmin (Hartiwati, E. N. 2022). Dalam penelitian ini, XAMPP digunakan untuk menjalankan dan menguji sistem penggantian dana berbasis web secara lokal. MySQL digunakan untuk menyimpan data pengguna, pengajuan dana, kwitansi, tanda tangan referensi, hasil perhitungan SSIM dan NCC, serta status verifikasi. (Hartiwati, E. N. 2022).



Gambar 2.4 XAMPP

2.15 CSS (*Cascading Style Sheets*)

CSS atau *Cascading Style Sheets* merupakan bahasa yang digunakan untuk mengatur tampilan halaman web. CSS berfungsi untuk menentukan gaya visual pada elemen HTML, seperti warna, ukuran huruf, jarak antar elemen, tata letak halaman, bentuk tombol, tabel, form, dan tampilan responsif pada berbagai ukuran layar. Dalam pengembangan sistem berbasis web, CSS memiliki peran penting dalam membangun antarmuka pengguna yang rapi, mudah dipahami, dan nyaman digunakan.

Pada penelitian ini, CSS digunakan untuk mengatur tampilan antarmuka sistem penggantian dana berbasis web. CSS diterapkan pada halaman login, dashboard, form pengajuan dana, halaman unggah kwitansi, tampilan hasil verifikasi tanda tangan, tabel data pengajuan, dan halaman laporan. Penggunaan CSS bertujuan agar sistem memiliki tampilan yang konsisten dan mudah digunakan oleh karyawan, bagian keuangan, admin, dan General Manager.



Gambar 2.5 CSS

2.16 PHP (*Hypertext Preprocessor*)

PHP atau *Hypertext Preprocessor* merupakan bahasa pemrograman server-side yang banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis web. PHP bekerja pada sisi server untuk memproses permintaan pengguna, mengelola data, menjalankan logika sistem, serta menghasilkan halaman web yang dikirimkan ke browser pengguna.

Pada penelitian ini, PHP digunakan sebagai bahasa pemrograman utama untuk membangun sistem penggantian dana berbasis web. PHP berperan dalam mengelola proses login, pengajuan penggantian dana, penyimpanan data ke database, pengelolaan file kwitansi, pemanggilan proses verifikasi tanda tangan, serta penyimpanan hasil perhitungan SSIM dan NCC.

Selain itu, PHP juga digunakan untuk mengatur hak akses pengguna seperti karyawan, admin, bagian keuangan, dan General Manager. Dengan adanya pengaturan hak akses, setiap pengguna hanya dapat menjalankan fungsi sesuai perannya dalam sistem. Dalam konteks penelitian ini, PHP menjadi bagian penting karena berfungsi sebagai penghubung antara antarmuka pengguna, database MySQL, dan modul verifikasi tanda tangan.



Gambar 2.6 PHP

2.17 JavaScript

JavaScript merupakan bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat halaman web menjadi lebih *interaktif* dan *responsif*. JavaScript digunakan untuk mengatur tampilan, *validasi form*, pemrosesan interaksi pengguna, serta pengiriman data tanpa harus memuat ulang halaman.

JavaScript dapat digunakan untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik, seperti menampilkan notifikasi, melakukan validasi input secara langsung, menampilkan *preview* gambar sebelum diunggah, dan memperbarui tampilan halaman secara dinamis.



Gambar 2.7 Javascript

2.18 Python

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi, pengolahan data, kecerdasan buatan, dan pengolahan citra digital. Dalam bidang pengolahan citra digital, Python banyak digunakan karena mendukung library seperti *OpenCV* dan *scikit-image*.

Dalam sistem yang dikembangkan, Python dapat diintegrasikan dengan Laravel melalui pemanggilan *script*, *command line*, API lokal, atau *queue job*. Laravel bertugas mengelola sistem web dan data pengguna, sedangkan Python bertugas menjalankan proses pengolahan citra dan perhitungan algoritma. Hasil perhitungan dari Python kemudian dikembalikan ke Laravel dalam bentuk nilai SSIM, nilai NCC, dan status verifikasi.



Gambar 2.8 Python

2.19 UML (*Unified Modeling Language*)

Unified Modeling Language atau UML merupakan bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk menggambarkan rancangan sistem. UML membantu pengembang dalam menjelaskan kebutuhan sistem, alur kerja sistem, hubungan antar aktor, serta struktur data yang digunakan dalam sistem.

Dalam penelitian ini, UML digunakan untuk merancang sistem penggantian dana berbasis web sebelum tahap implementasi dilakukan. Beberapa diagram UML yang digunakan antara lain:

2.19.1 *Use Case Diagram*

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dan fitur yang tersedia pada sistem. Aktor dalam sistem ini dapat terdiri dari karyawan, admin, bagian keuangan, dan pimpinan atau General Manager. Fitur yang digambarkan meliputi login, mengajukan dana, mengunggah kwitansi, melakukan verifikasi tanda tangan, menyetujui pengajuan, dan mencetak laporan.

2.19.2 *Activity Diagram*

Activity Diagram digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas dalam sistem. Diagram ini dapat menjelaskan proses pengajuan dana mulai dari karyawan mengisi form pengajuan, mengunggah kwitansi, sistem melakukan verifikasi tanda tangan, hingga bagian keuangan memproses pengajuan.

2.19.3 *Class Diagram*

Class Diagram digunakan untuk menggambarkan struktur kelas atau tabel dalam sistem. Class diagram pada penelitian ini dapat memuat entitas seperti user, karyawan, pengajuan dana, kwitansi, tanda tangan referensi, hasil verifikasi, dan laporan.

2.20 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan acuan dan pembanding dalam penelitian yang dilakukan. Penelitian yang relevan *dengan* topik ini meliputi sistem penggantian dana berbasis web, verifikasi tanda tangan offline, pengolahan citra digital, metode SSIM, metode NCC, serta pengujian sistem berbasis web.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Peneliti	Pembahasan	Metode	Kelebihan / Kekurangan
1	Pengantar system informasi : konsep dasar dan aplikasi praktis <i>Setiawan,dkk.(2024)</i>	Penelitian/referensi ini membahas konsep dasar sistem informasi dan penerapannya dalam organisasi. Sistem informasi digunakan untuk mengelola data agar menjadi informasi yang berguna dalam proses operasional dan pengambilan keputusan.	Sistem informasi	Kelebihan: Relevan sebagai dasar teori sistem informasi berbasis web. Kekurangan: Tidak secara khusus membahas sistem reimbursement dan metode pencocokan citra.

2	The Role of Management Information Systems in Managerial Decision-Making Tumanggor, dkk. (2025)	Penelitian ini membahas peran sistem informasi manajemen dalam mendukung proses pengambilan keputusan. Sistem informasi membantu pengelolaan data agar keputusan dapat dilakukan lebih cepat dan akurat.	Sistem informasi manajemen	Kelebihan: Mendukung teori bahwa sistem informasi dapat membantu proses administrasi dan keputusan manajerial. Kekurangan: Tidak membahas verifikasi dokumen atau tanda tangan secara otomatis.
3	Penegakan Hukum terhadap Pekerja Agen Asuransi Dalam Perkara Tindak Pidana Pemalsuan Tanda Tangan ROBBY (2026)	Penelitian ini membahas kasus pemalsuan tanda tangan dan aspek hukum yang berkaitan dengan penyalahgunaan tanda tangan pada dokumen. Pembahasan ini relevan dengan risiko pemalsuan tanda tangan dalam dokumen penggantian dana.	Sistem informasi manajemen	Kelebihan: Relevan untuk menjelaskan pentingnya validasi tanda tangan pada dokumen. Kekurangan: Tidak membahas penerapan sistem berbasis web atau metode SSIM dan NCC.

4	Pengolahan Citra Digital: Digital Image Processing <i>Rustiyana, dkk. (2025)</i>	Referensi ini membahas konsep pengolahan citra digital, seperti perubahan citra, preprocessing, dan analisis citra. Materi ini relevan dengan proses pengolahan citra tanda tangan sebelum dilakukan perhitungan kemiripan.	Pengolahan citra digital	Kelebihan: Mendukung teori preprocessing citra tanda tangan seperti grayscale, thresholding, dan normalisasi. Kekurangan: Tidak secara khusus membahas sistem penggantian dana berbasis web.
5	<i>Analisis Pengamanan File Menggunakan Enkripsi dan Dekripsi dengan Algoritma AES-GCM-SIV</i> <i>Zulian, dkk. (2025)</i>	Penelitian ini membahas pengamanan file menggunakan metode enkripsi dan dekripsi. Penelitian ini relevan sebagai pendukung aspek keamanan dokumen yang diunggah ke sistem.	Enkripsi dan dekripsi file	Kelebihan: Mendukung konsep perlindungan dokumen digital yang tersimpan dalam sistem. Kekurangan: Fokus penelitian pada enkripsi file, bukan verifikasi tanda tangan menggunakan SSIM dan NCC.

2.21 Analisis Gap

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dijelaskan, terdapat beberapa penelitian yang membahas sistem informasi, sistem informasi manajemen, pemalsuan tanda tangan, pengolahan citra digital, serta pengamanan file. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus membahas pengembangan sistem penggantian dana berbasis web yang dilengkapi dengan

fitur verifikasi tanda tangan menggunakan metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross-Correlation (NCC)*. penerapannya dalam organisasi. Penelitian tersebut relevan sebagai landasan teori dalam membangun sistem informasi, tetapi belum membahas penerapan sistem informasi untuk proses penggantian dana serta belum menerapkan verifikasi tanda tangan berbasis citra digital.

Penelitian *Tumanggor dkk. (2025)* membahas peran sistem informasi manajemen dalam mendukung proses pengambilan keputusan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem informasi dapat membantu pengelolaan data dan proses administrasi menjadi lebih efektif. Namun, penelitian tersebut belum membahas proses verifikasi dokumen atau pencocokan tanda tangan secara otomatis.

Penelitian *Robby (2026)* membahas kasus pemalsuan tanda tangan dan aspek hukum yang berkaitan dengan penyalahgunaan tanda tangan pada dokumen. Penelitian ini relevan karena menunjukkan pentingnya validasi tanda tangan untuk mencegah pemalsuan dokumen. Akan tetapi, penelitian tersebut masih berfokus pada aspek hukum dan belum membahas solusi berbasis sistem web maupun metode pengolahan citra seperti SSIM dan NCC.

Penelitian *Rustiyana dkk. (2025)* membahas pengolahan citra digital, termasuk tahapan preprocessing dan analisis citra. Penelitian tersebut mendukung dasar teori dalam proses pengolahan citra tanda tangan. Namun, pembahasannya masih bersifat umum dan belum diterapkan secara khusus pada sistem penggantian dana berbasis web.

Penelitian *Zulian dkk. (2025)* membahas pengamanan file menggunakan metode enkripsi dan dekripsi. Penelitian tersebut relevan dalam aspek keamanan dokumen digital, tetapi tidak membahas verifikasi keaslian tanda tangan pada dokumen. Dengan demikian, penelitian tersebut belum menyelesaikan permasalahan pencocokan tanda tangan pada kwitansi penggantian dana.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa penelitian terdahulu masih memiliki keterbatasan pada aspek integrasi antara sistem penggantian dana, pengolahan citra tanda tangan, dan metode pencocokan kemiripan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi gap tersebut dengan mengembangkan sistem penggantian dana berbasis web yang mampu melakukan verifikasi tanda tangan secara otomatis menggunakan metode SSIM dan NCC.

Perbedaan utama penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media pencatatan dan pengajuan dana, tetapi juga memiliki fitur verifikasi tanda tangan pada kwitansi. Sistem akan melakukan preprocessing citra tanda tangan, menghitung nilai kemiripan menggunakan SSIM dan NCC, kemudian menentukan status tanda tangan berdasarkan nilai threshold. Dengan demikian, sistem diharapkan dapat membantu proses verifikasi menjadi lebih objektif, cepat, dan terdokumentasi.

BAB III

ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* karena penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk berupa sistem penggantian dana berbasis web dengan fitur verifikasi tanda tangan menggunakan metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross-Correlation (NCC)*.

Sistem yang dikembangkan dirancang untuk membantu proses pengajuan dan penggantian dana di PT. Adimitra Wilangtama. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk mengunggah dokumen kwitansi, kemudian sistem melakukan proses verifikasi tanda tangan dengan membandingkan tanda tangan pada kwitansi dengan tanda tangan referensi yang tersimpan di dalam database.

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Prototype. Metode ini dipilih karena sistem yang dikembangkan memerlukan masukan dari pengguna agar fitur, alur kerja, dan tampilan sistem sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Melalui metode Prototype, rancangan awal sistem dibuat terlebih dahulu, kemudian dievaluasi dan disempurnakan berdasarkan masukan pengguna. Adapun tahapan metode prototype dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Communication* adalah tahap yang dilakukan dengan mengumpulkan kebutuhan sistem melalui observasi dan wawancara kepada pihak yang terlibat dalam proses penggantian dana seperti karyawan, bagian keuangan, admin, dan General Manager. Informasi yang dikumpulkan meliputi alur pengajuan dana, proses unggah kwitansi, proses verifikasi tanda tangan, serta kebutuhan laporan.
2. *Quick Plan* adalah tahap yang dilakukan dengan membuat perencanaan awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah diperoleh. Perencanaan meliputi penentuan fitur utama sistem, aktor pengguna, kebutuhan data,

serta alur proses verifikasi tanda tangan menggunakan metode SSIM dan NCC.

3. *Modeling Quick Design* adalah tahapan membuat rancangan awal sistem, seperti rancangan alur pengajuan dana, rancangan proses verifikasi tanda tangan, rancangan database, dan rancangan antarmuka. Pada tahap ini juga dibuat gambaran proses preprocessing citra tanda tangan sebelum dilakukan perhitungan SSIM dan NCC.
4. *Construction of Prototype* proses pembuatan *prototype* sistem berdasarkan rancangan awal. Prototype dibuat dalam bentuk sistem berbasis web yang memiliki fitur login, pengajuan dana, unggah kwitansi, penyimpanan tanda tangan referensi, proses verifikasi tanda tangan, dan tampilan hasil verifikasi.
5. *Deployment, Delivery, and Feedback* adalah tahapan memperlihatkan prototype kepada pengguna untuk mendapatkan masukan. Masukan dari pengguna digunakan untuk memperbaiki fitur, tampilan, dan alur sistem agar sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Setelah perbaikan dilakukan, sistem diuji kembali untuk memastikan fungsi berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.

3.2 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian disusun untuk menggambarkan tahapan kegiatan penelitian dari awal hingga akhir. Jadwal ini digunakan agar proses penelitian dapat berjalan secara terarah dan sistematis.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Des	Jan	Feb	Mar	Mei
1	Persiapan Penelitian					
2	Pengajuan Judul					
3	Observasi					
4	Penyusunan Proposal					
5	Seminar Proposal					

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Adimitra Wilangtama. Perusahaan ini dipilih sebagai tempat penelitian karena memiliki proses penggantian dana yang membutuhkan pemeriksaan dokumen kwitansi dan tanda tangan sebagai bukti persetujuan.

Objek penelitian ini adalah proses pengajuan dan verifikasi penggantian dana. Pihak yang terlibat dalam penelitian ini meliputi karyawan sebagai pengaju dana, bagian keuangan sebagai pemeriksa dokumen, dan General Manager sebagai pihak yang tanda tangannya digunakan sebagai referensi verifikasi.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Observasi*

Observasi dilakukan dengan mengamati proses penggantian dana yang berjalan di PT. Adimitra Wilangtama. *Observasi* ini bertujuan untuk mengetahui alur pengajuan dana, pemeriksaan kwitansi, serta proses verifikasi tanda tangan yang masih dilakukan secara manual.

2. *Wawancara*

Wawancara dilakukan kepada pihak yang terlibat dalam proses penggantian dana, seperti karyawan, bagian keuangan, dan pihak yang berwenang. Wawancara bertujuan untuk mengetahui kebutuhan sistem, kendala yang dihadapi, serta fitur yang diperlukan dalam sistem.

3. *Dokumentasi*

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data pendukung seperti contoh kwitansi, tanda tangan referensi, data pengajuan dana, dan dokumen lain yang berkaitan dengan proses penggantian dana.

4. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem informasi, sistem berbasis web, penggantian dana, verifikasi tanda tangan, pengolahan citra digital, metode SSIM, dan metode NCC.

3.5 Data Sampel Tanda Tangan

Data sampel tanda tangan digunakan sebagai bahan pengujian untuk mengetahui kemampuan metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross-Correlation (NCC)* dalam membedakan tanda tangan valid dan tidak valid. Sampel tanda tangan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tanda tangan referensi, tanda tangan asli, dan tanda tangan tidak sesuai.

Tanda tangan referensi merupakan tanda tangan asli General Manager yang disimpan di dalam database sebagai data pembanding *utama*. Tanda tangan asli ini adalah tanda tangan General Manager yang terdapat pada dokumen kwitansi atau formulir pengajuan dana yang valid. Sementara itu, tanda tangan tidak sesuai merupakan tanda tangan yang berbeda atau tanda tangan tiruan yang digunakan untuk menguji kemampuan sistem dalam menolak tanda tangan yang tidak valid.

Jumlah sampel tanda tangan yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan ketersediaan data pada PT. Adimitra Wilangtama. Adapun rancangan sampel tanda tangan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Sampel Tanda Tangan

No	Jenis Sampel	Jumlah Sampel	Keterangan
1	Tanda tangan reverensi	1 Sampel	Tanda tangan asli General Manager yang digunakan sebagai pembanding utama
2	Tanda tangan asli	10 Sampel	Tanda tangan General Manager pada dokumen kwitansi atau pengajuan dana yang valid
3	Tanda tangan tidak sesuai	10 Sampel	Tanda tangan berbeda atau tanda tangan tiruan sebagai data uji tidak valid

Total sampel uji yang digunakan adalah 20 sampel, terdiri dari 1 10 sampel tanda tangan asli, dan 10 sampel tanda tangan tidak sesuai, Seluruh sampel tersebut akan melalui proses preprocessing citra, seperti cropping, grayscale, thresholding, resize, dan normalisasi sebelum dilakukan perhitungan SSIM dan NCC. Penggunaan sampel tanda tangan ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem mampu mengenali tanda tangan yang sesuai dengan referensi dan menolak tanda tangan yang tidak sesuai. Hasil pengujian sampel juga digunakan sebagai dasar dalam menentukan nilai threshold yang paling sesuai untuk proses verifikasi tanda tangan.

3.6 Penentuan Nilai Threshold

Nilai threshold merupakan nilai ambang batas yang digunakan untuk menentukan apakah tanda tangan dinyatakan valid atau tidak valid. Dalam penelitian ini, nilai threshold tidak ditentukan secara langsung sejak awal, melainkan diperoleh berdasarkan hasil pengujian terhadap beberapa sampel tanda tangan.

Pengujian threshold dilakukan dengan membandingkan nilai kemiripan tanda tangan menggunakan metode *Structural Similarity Index Measure*

(*SSIM*) dan *Normalized Cross-Correlation (NCC)*. Sampel yang digunakan terdiri dari tanda tangan acuan, tanda tangan uji valid, dan tanda tangan uji tidak valid. Setiap sampel akan melalui tahap preprocessing citra, kemudian dihitung nilai *SSIM* dan *NCC*-nya.

Beberapa nilai threshold akan diuji untuk mengetahui nilai ambang yang paling sesuai dalam membedakan tanda tangan valid dan tidak valid. Nilai threshold yang diuji dapat berupa 60%, 70%, 80%, dan 90%. Hasil dari setiap nilai threshold akan dibandingkan berdasarkan kemampuan sistem dalam menerima tanda tangan valid dan menolak tanda tangan tidak valid.

Nilai threshold terbaik dipilih berdasarkan hasil evaluasi pengujian, yaitu nilai yang mampu menghasilkan tingkat akurasi tinggi, jumlah kesalahan penerimaan tanda tangan tidak valid yang rendah, dan jumlah kesalahan penolakan tanda tangan valid yang rendah. Dengan demikian, threshold yang digunakan dalam sistem memiliki dasar pengujian dan tidak ditetapkan secara sembarangan.

3.7 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran alur penelitian yang dilakukan dari tahap awal hingga tahap akhir. Kerangka ini digunakan agar proses penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan.

Alur kerangka penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:



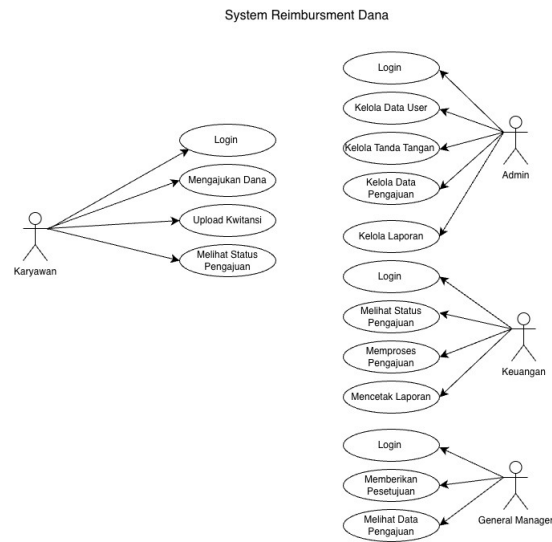
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.8 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan struktur dan alur kerja sistem yang akan dibangun. Perancangan ini bertujuan agar proses pengembangan sistem lebih terarah dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada penelitian ini, perancangan sistem menggunakan *Unified Modeling Language (UML)*, yang terdiri dari *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, *Sequence Diagram* dan *Class Diagram*.

3.8.1 Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan hubungan antara aktor dengan fitur yang tersedia pada sistem. Aktor dalam sistem ini terdiri dari karyawan, admin, bagian keuangan, dan General Manager.



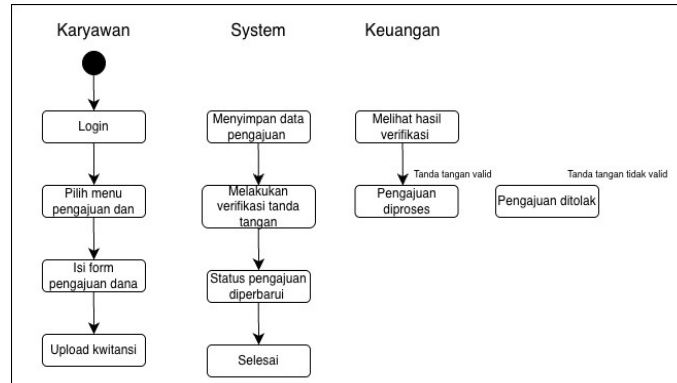
Gambar 3.2 Use Case diagram

Karyawan dapat melakukan login, mengajukan penggantian dana, mengunggah kwitansi, dan melihat status pengajuan. Admin dapat mengelola data pengguna, data pengajuan, tanda tangan acuan, dan laporan. Bagian keuangan dapat memeriksa pengajuan, melihat hasil verifikasi tanda tangan, dan memproses status pengajuan. General Manager berperan sebagai pihak yang memberikan tanda tangan acuan dan menyetujui pengajuan dana.

3.8.2 Activity Diagram Pengajuan Dana

Activity Diagram Pengajuan Dana digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas pengajuan penggantian dana oleh karyawan. Proses dimulai dari karyawan melakukan login ke sistem, memilih menu pengajuan dana, mengisi data pengajuan, mengunggah

kwitansi, kemudian sistem menyimpan data pengajuan ke database. Setelah itu, data pengajuan dapat diperiksa oleh bagian keuangan.

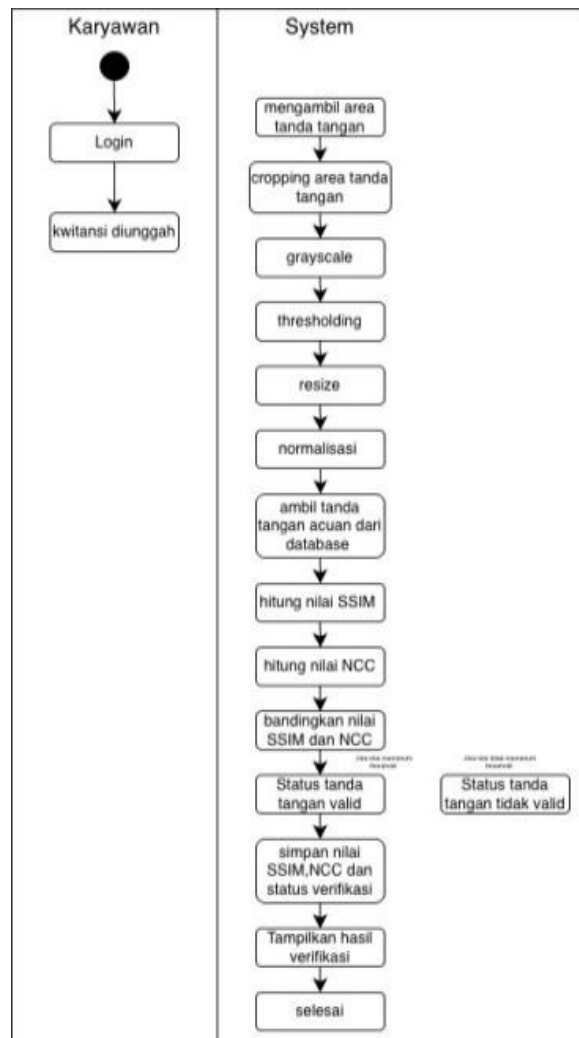


Gambar 3.3 Activity Diagram Pengajuan Dana Case diagram

3.8.3 Activity Diagram Verifikasi Tanda Tangan

Activity Diagram Verifikasi Tanda Tangan digunakan untuk menggambarkan proses verifikasi tanda tangan pada kwitansi. Proses dimulai ketika sistem menerima file kwitansi yang diunggah oleh pengguna. Sistem kemudian mengambil area tanda tangan dan melakukan preprocessing citra, seperti *cropping*, *grayscale*, *thresholding*, *resize* dan *normalisasi*.

Setelah citra diproses, sistem membandingkan tanda tangan pada kwitansi dengan tanda tangan acuan yang tersimpan di database menggunakan metode SSIM dan NCC. Hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai threshold untuk menentukan apakah tanda tangan dinyatakan valid atau tidak valid.



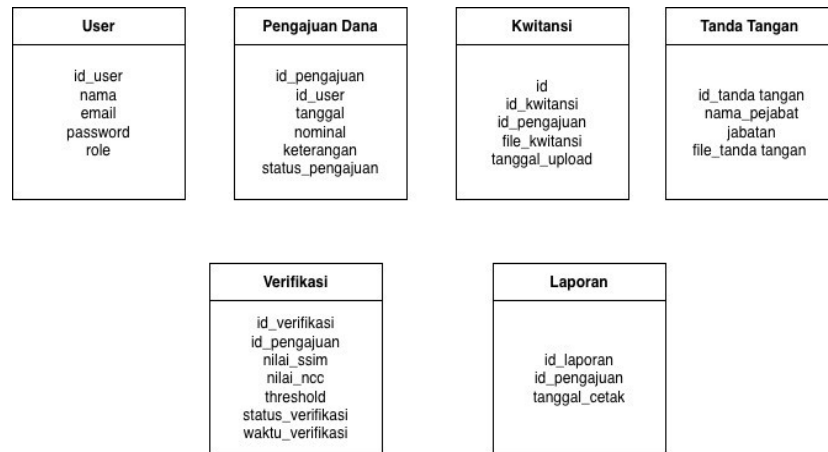
Gambar 3.4 Activity Diagram Verifikasi Tanda Tangan

3.8.4 Class Diagram

Class Diagram digunakan untuk menggambarkan struktur data dan hubungan antar kelas dalam sistem. Pada sistem ini, beberapa kelas utama yang digunakan antara lain User, Pengajuan Dana, Kwitansi, TandaTanganAcuan, Verifikasi, dan Laporan.

Class User digunakan untuk menyimpan data pengguna dan hak akses. Kelas PengajuanDana digunakan untuk menyimpan data pengajuan penggantian dana. Kelas Kwitansi digunakan untuk

menyimpan file dokumen kwitansi. Kelas TandaTanganAcuan digunakan untuk menyimpan data tanda tangan referensi General Manager. Kelas Verifikasi digunakan untuk menyimpan hasil perhitungan SSIM, NCC, threshold, dan status verifikasi. Kelas Laporan digunakan untuk menampilkan data pengajuan dan hasil verifikasi.



Gambar 3.5 Class Diagram

3.9 Metode Pengujian Sistem

Metode pengujian sistem digunakan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun sudah berjalan sesuai dengan kebutuhan. Pengujian dilakukan pada fitur sistem dan proses verifikasi tanda tangan.

3.9.1 Pengujian *Black Box*

Pengujian *Black Box* dilakukan untuk menguji fungsi sistem tanpa melihat kode program. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan setiap fitur dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Fitur yang diuji meliputi:

1. Login pengguna.
2. Input data pengajuan dana.
3. Upload kwitansi.
4. Penyimpanan data ke database.
5. Proses verifikasi tanda tangan.
6. Tampilan hasil verifikasi.
7. Pengelolaan laporan pengajuan dana.

3.9.2 Pengujian Metode SSIM dan NCC

Pengujian metode SSIM dan NCC dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membandingkan tanda tangan pada kwitansi dengan tanda tangan referensi. Pengujian dilakukan menggunakan sampel tanda tangan asli dan tanda tangan tidak sesuai.

Nilai SSIM dan NCC yang diperoleh akan dibandingkan dengan nilai threshold. Jika nilai kemiripan memenuhi batas yang telah ditentukan, maka tanda tangan dinyatakan valid. Jika nilai kemiripan berada di bawah threshold, maka tanda tangan dinyatakan tidak valid.

3.9.3 Evaluasi Kinerja Verifikasi Tanda Tangan

Evaluasi kinerja verifikasi tanda tangan dilakukan untuk mengetahui kemampuan metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross-Correlation (NCC)* dalam membedakan tanda tangan valid dan tidak valid. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil keputusan sistem dengan kondisi sebenarnya dari data uji. Setiap data uji akan diproses oleh sistem untuk memperoleh nilai SSIM dan NCC, kemudian hasilnya dibandingkan dengan nilai threshold untuk menentukan status valid atau tidak valid.

Dalam evaluasi ini digunakan beberapa istilah, yaitu *True Positive (TP)*, *True Negative (TN)*, *False Positive (FP)* dan *False Negative (FN)*. *True Positive (TP)* adalah kondisi ketika tanda tangan valid dinyatakan

valid oleh sistem. *True Negative (TN)* adalah kondisi ketika tanda tangan tidak valid dinyatakan tidak valid oleh sistem. *False Positive (FP)* adalah kondisi ketika tanda tangan tidak valid tetapi dinyatakan valid oleh sistem. *False Negative (FN)* adalah kondisi ketika tanda tangan valid tetapi dinyatakan tidak valid oleh sistem.

Adapun metrik evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah accuracy, precision, recall, *False Acceptance Rate (FAR)*, dan *False Rejection Rate (FRR)*. *Accuracy* digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan. *Precision* digunakan untuk mengukur ketepatan sistem dalam menyatakan tanda tangan valid. *Recall* digunakan untuk mengukur kemampuan sistem dalam mengenali tanda tangan valid. FAR digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan sistem dalam menerima tanda tangan tidak valid, sedangkan FRR digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan sistem dalam menolak tanda tangan valid. Rumus evaluasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Rumus Evaluasi

Metrik	Rumus	Keterangan
Accuracy	$(TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \times 100\%$	Mengukur tingkat keberhasilan sistem secara keseluruhan
Precision	$TP / (TP + FP) \times 100\%$	Mengukur kemampuan sistem mengenali tanda tangan valid
Recall	$TP / (TP + FN) \times 100\%$	Mengukur kemampuan sistem mengenali tanda tangan valid
FAR	$FP / (FP + TN) \times 100\%$	Mengukur tingkat kesalahan sistem menerima tanda tangan tidak valid
FRR	$FN / (FN + TP) \times 100\%$	Mengukur tingkat kesalahan sistem menolak tanda tangan valid

Hasil dari evaluasi ini digunakan untuk mengetahui performa metode SSIM dan NCC dalam proses verifikasi tanda tangan. Sistem dikatakan memiliki performa yang baik apabila menghasilkan nilai accuracy, precision, dan recall yang tinggi, serta nilai FAR dan FRR yang rendah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan proses penerapan hasil analisis dan perancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi berbasis web. Sistem dibangun menggunakan framework Laravel dengan database MySQL. Implementasi dilakukan berdasarkan kebutuhan pengguna yang telah dianalisis pada Bab III sehingga seluruh proses pengajuan reimbursement dapat dilakukan secara terstruktur. Sistem memiliki empat jenis pengguna, yaitu admin, karyawan, bagian keuangan, dan General Manager. Setiap pengguna memperoleh hak akses yang berbeda sesuai tugas dan tanggung jawabnya.

Hak akses tersebut diterapkan untuk menjaga keamanan data serta memastikan setiap proses berjalan sesuai prosedur perusahaan. Implementasi sistem meliputi proses autentikasi pengguna, pengelolaan data pengajuan reimbursement, pengelolaan data tanda tangan referensi, proses verifikasi tanda tangan menggunakan metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross Correlation (NCC)*, serta pembuatan laporan hasil pengajuan.

4.2 Implementasi Antarmuka Sistem

4.2.1 Implementasi Halaman Registrasi

Halaman registrasi merupakan halaman yang digunakan untuk mendaftarkan pengguna baru ke dalam sistem reimbursement. Melalui halaman ini, pengguna diminta mengisi data identitas yang diperlukan agar dapat memperoleh hak akses ke dalam aplikasi.

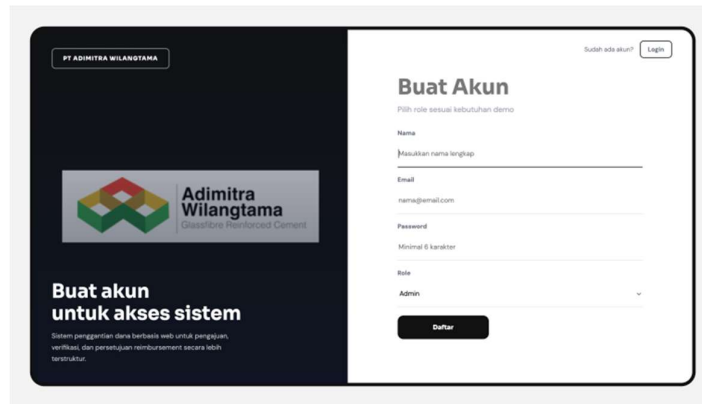
Data yang diinput pada halaman registrasi meliputi nama lengkap, alamat email, kata sandi (*password*), konfirmasi kata sandi, serta peran (*role*) pengguna sesuai dengan kebutuhan sistem. Setelah seluruh data diisi dengan benar, pengguna dapat menekan tombol **Daftar** untuk menyimpan data ke dalam basis data.

Sistem melakukan validasi terhadap seluruh data yang dimasukkan. Apabila terdapat kolom yang belum diisi, format email tidak sesuai, atau konfirmasi kata sandi tidak sama dengan password, maka sistem akan menampilkan pesan kesalahan sehingga pengguna diminta memperbaiki data yang diinput.

Jika seluruh data telah memenuhi ketentuan, sistem akan menyimpan informasi pengguna ke dalam database dan akun dapat digunakan untuk melakukan proses login. Dengan adanya halaman registrasi, pengelolaan akun pengguna menjadi lebih mudah karena setiap pengguna memiliki identitas dan hak akses yang berbeda sesuai dengan perannya.

Fungsi halaman registrasi antara lain sebagai berikut.

1. Mendaftarkan pengguna baru ke dalam sistem.
2. Menyimpan data akun pengguna ke database.
3. Melakukan validasi data registrasi.
4. Menentukan hak akses pengguna berdasarkan peran yang dipilih.
5. Memastikan hanya pengguna yang telah terdaftar yang dapat mengakses sistem.

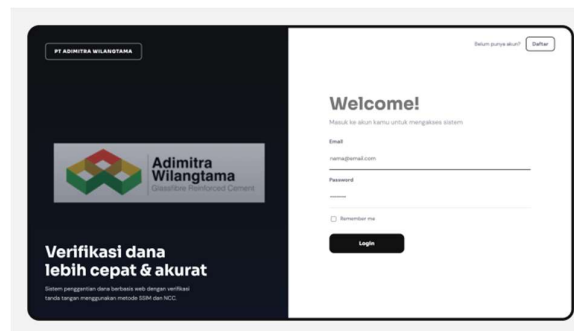


Gambar 4.1 Halaman Registrasi

4.2.2 Halaman Login

Halaman login merupakan halaman awal yang digunakan pengguna sebelum memasuki sistem. Pengguna diminta memasukkan alamat email dan kata sandi yang telah terdaftar pada basis data. Sistem akan melakukan proses autentikasi sehingga hanya pengguna yang memiliki hak akses yang dapat menggunakan aplikasi.

Apabila data yang dimasukkan benar, pengguna akan diarahkan menuju dashboard sesuai perannya. Sebaliknya, apabila data tidak sesuai maka sistem akan menampilkan informasi bahwa proses login gagal sehingga pengguna diminta memasukkan kembali data yang benar.



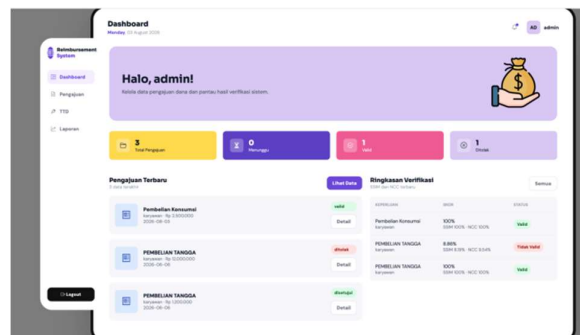
Gambar 4.2 Halaman Login

4.2.3 Dashboard Admin

Dashboard admin merupakan halaman utama setelah admin berhasil melakukan login. Halaman ini dirancang untuk memudahkan admin dalam memantau seluruh aktivitas pengajuan reimbursement.

Dashboard menampilkan informasi jumlah total pengajuan, jumlah pengajuan yang masih menunggu proses, jumlah pengajuan yang dinyatakan valid, serta jumlah pengajuan yang ditolak. Informasi tersebut diperoleh secara otomatis dari database sehingga selalu menampilkan data terbaru. Selain itu, dashboard juga menampilkan daftar pengajuan terbaru yang berisi nama keperluan, nama pengaju, nominal reimbursement, tanggal pengajuan, status pengajuan, serta tombol detail untuk melihat informasi yang lebih lengkap.

Pada bagian kanan halaman ditampilkan ringkasan hasil verifikasi tanda tangan. Ringkasan tersebut memperlihatkan nilai SSIM dan NCC yang diperoleh dari proses pencocokan citra tanda tangan beserta status valid atau tidak valid. Informasi tersebut membantu admin melakukan pemantauan tanpa harus membuka detail setiap pengajuan.



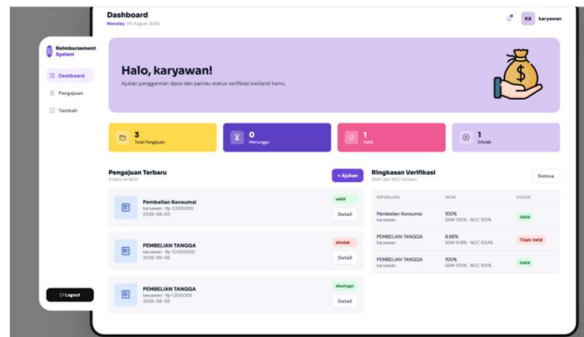
Gambar 4.3 Dashboard Admin

4.2.4 Dashboard Karyawan

Dashboard karyawan digunakan sebagai halaman utama bagi pengguna dengan hak akses karyawan. Melalui halaman ini karyawan

dapat melihat jumlah pengajuan yang telah dilakukan beserta status masing-masing pengajuan.

Dashboard juga memberikan informasi mengenai jumlah pengajuan yang masih diproses, pengajuan yang diterima, maupun pengajuan yang ditolak. Dengan adanya informasi tersebut, karyawan dapat memantau perkembangan pengajuan reimbursement secara langsung tanpa harus menghubungi bagian keuangan.



Gambar 4.4 Halaman Dashboard Karyawan

4.2.5 Halaman Data Pengajuan

Halaman data pengajuan digunakan untuk menampilkan seluruh data reimbursement yang telah diinput ke dalam sistem.

Informasi yang ditampilkan meliputi nama pengaju, tanggal pengajuan, keperluan, nominal biaya, hasil verifikasi tanda tangan, dan status pengajuan. Admin dapat melakukan pencarian data sehingga proses pengelolaan menjadi lebih cepat.

Selain menampilkan data, halaman ini juga menyediakan tombol detail untuk melihat informasi pengajuan secara lengkap.

ID	Username	TANGGAL	KEPERLUAN	NOMINAL	BIAYA	STATUS	Aksi
1	karyawan karyawan@gmail.com	2026-08-03	Pembelian Konsumsi	Rp 2.500.000	100%	valid	Detail
2	karyawan karyawan@gmail.com	2026-06-06	PEMBELIAN TANGGA	Rp 12.000.000	8.86%	ditolak	Detail
3	karyawan karyawan@gmail.com	2026-06-06	PEMBELIAN TANGGA	Rp 1.200.000	100%	ditinjau	Detail

Gambar 4.5 Halaman Data Pengajuan

4.2.6 Halaman Tambah Pengajuan

Halaman tambah pengajuan digunakan oleh karyawan untuk mengajukan reimbursement. Pengguna mengisi data berupa nama keperluan, nominal biaya, tanggal transaksi, deskripsi pengeluaran, serta mengunggah bukti transaksi berupa kwitansi yang telah ditandatangani oleh General Manager. Setelah seluruh data diisi, sistem akan menyimpan data ke database dan menjalankan proses verifikasi tanda tangan secara otomatis.

Tambah Pengajuan Dana
Monday, 03 August 2026

Form Pengajuan Penggantian Dana
Isi data pengajuan dan unggah kwitansi yang sudah memiliki tanda tangan.

Tanggal Pengajuan
03/08/2026

Keperluan
Contoh: Pembelian alat kantor

Nominal
Contoh: 250000

Upload Kwitansi Bertanda Tangan
Choose file | No file chosen

Format yang didukung: JPG, JPEG, PNG. Pastikan tanda tangan terlihat jelas.

Kirim Pengajuan | Kembali

Gambar 4.6 Halaman Tambah Pengajuan

4.2.7 Halaman Detail Pengajuan

Halaman detail digunakan untuk menampilkan informasi lengkap mengenai suatu pengajuan reimbursement.

Informasi yang ditampilkan meliputi identitas pengaju, rincian biaya, bukti transaksi, hasil verifikasi tanda tangan, nilai SSIM, nilai NCC, serta status akhir pengajuan.

Melalui halaman ini admin dapat melakukan pemeriksaan terhadap seluruh informasi sebelum menentukan keputusan akhir.

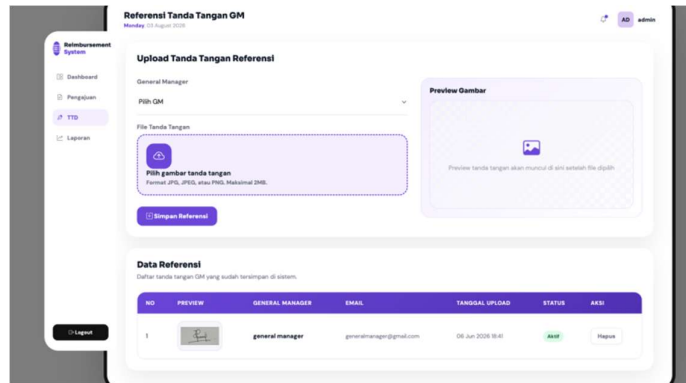
No	Tanggal	Pengaju	Revisi	Nominal	SSIM	NCC	Final	Status
1	2028-08-03	karyawan	Pembelian Konsumsi	Rp 2.500.000	100%	100%	100%	Valid
2	2028-08-06	karyawan	PEMBELIAN TANGGA	Rp 12.000.000	8.19%	9.54%	8.86%	Ditolak
3	2028-08-06	karyawan	PEMBELIAN TANGGA	Rp 1.200.000	100%	100%	100%	Disetujui
TOTAL NOMINAL				Rp 15.700.000				

Gambar 4.7 Halaman Detail Pengajuan

4.2.8 Halaman Referensi Tanda Tangan

Halaman referensi tanda tangan digunakan untuk menyimpan citra tanda tangan asli General Manager yang dijadikan sebagai data acuan pada proses verifikasi.

Admin dapat menambah, mengubah maupun mengganti tanda tangan referensi apabila diperlukan. Data referensi tersebut digunakan oleh sistem sebagai pembanding setiap kali terdapat pengajuan reimbursement baru.

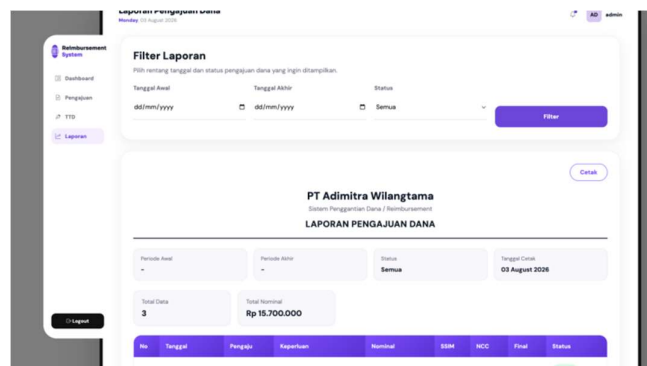


Gambar 4.8 Halaman Referensi Tanda Tangan

4.2.9 Halaman Laporan

Halaman laporan digunakan untuk menampilkan seluruh data pengajuan reimbursement yang telah diproses.

Laporan memuat informasi mengenai identitas pengaju, tanggal pengajuan, nominal biaya, hasil verifikasi tanda tangan, serta status akhir pengajuan. Halaman ini memudahkan admin dalam melakukan monitoring maupun penyusunan laporan administrasi.



Gambar 4.9 Halaman Laporan

4.2.10 Implementasi Halaman Laporan Pengajuan Dana

Halaman laporan pengajuan dana digunakan untuk menyajikan rekapitulasi seluruh data pengajuan reimbursement yang telah diproses oleh sistem. Halaman ini memudahkan bagian keuangan maupun admin dalam melakukan monitoring serta penyusunan laporan berdasarkan data yang tersimpan pada database. Pada halaman laporan tersedia fitur penyaringan data berdasarkan **periode awal**, **periode akhir**, dan **status pengajuan** sehingga pengguna dapat menampilkan data sesuai kebutuhan. Setelah filter diterapkan, sistem akan menampilkan daftar pengajuan yang memenuhi kriteria yang dipilih.

Informasi yang disajikan pada laporan meliputi nomor urut, tanggal pengajuan, nama pengaju, keperluan, nominal reimbursement, serta status pengajuan. Selain itu, sistem juga menampilkan **total jumlah data** dan **total nominal reimbursement** secara otomatis sebagai ringkasan laporan. Pada bagian bawah laporan disediakan kolom tanda tangan bagian keuangan sebagai bentuk pengesahan dokumen. Dengan adanya fitur laporan, proses pembuatan rekapitulasi pengajuan dana menjadi lebih cepat dan terstruktur dibandingkan dengan pencatatan secara manual.

03/08/2026, 23:14 Laporan Pengajuan Dana -- Sistem Pengajuan Dana

PT Adimitra Wilangtama
Sistem Pengajuan Dana / Reimbursement
LAPORAN PENGAJUAN DANA

Periode Awal -	Periode Akhir -				
Status Semua	Tanggal Cetak 03 August 2026				
Total Data 3					
Total Nominal Rp 15.790.000					
NO	TANGGAL	PENGAJU	KEPERLUAN	NOMINAL	STATUS
1	2026-08-03	karyawan	Pembelian Konsumsi	Rp 2.500.000	Valid
2	2026-08-06	karyawan	PEMBELIAN TANJAGA	Rp 12.000.000	Ditolak
3	2026-08-06	karyawan	PEMBELIAN TANJAGA	Rp 1.290.000	Disetujui
TOTAL NOMINAL				Rp 15.790.000	

Mengetahui,
Bagian Keuangan

(_____)

Gambar 4.10 Halaman Laporan Pengajuan Dana

4.2.11 Implementasi Verifikasi SSIM dan NCC

Sistem menerapkan metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross Correlation (NCC)* untuk melakukan verifikasi tanda tangan pada dokumen reimbursement. Tahap pertama diawali dengan pengambilan area tanda tangan dari dokumen yang diunggah. Selanjutnya citra diproses melalui tahap preprocessing yang terdiri atas cropping, grayscale, thresholding, resize, dan normalisasi.

Setelah preprocessing selesai, sistem menghitung nilai SSIM untuk mengetahui tingkat kemiripan struktur citra, kemudian menghitung nilai NCC untuk mengetahui tingkat korelasi antar piksel. Nilai yang diperoleh dibandingkan dengan nilai ambang (*threshold*). Apabila memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan maka sistem memberikan status **Valid**, sedangkan apabila berada di bawah nilai ambang maka sistem memberikan status **Tidak Valid**.

Pada implementasi sistem, hasil perhitungan SSIM dan NCC ditampilkan dalam bentuk persentase sehingga memudahkan admin memahami hasil verifikasi.

4.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh fungsi yang telah dirancang dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan menggunakan metode **Black Box Testing**, yaitu dengan menguji setiap fungsi sistem berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) tanpa melihat kode program yang digunakan.

Pengujian dilakukan pada seluruh menu utama yang terdapat dalam sistem, mulai dari proses login, pengajuan reimbursement, pengelolaan data tanda tangan, proses verifikasi tanda tangan, hingga pembuatan laporan.

4.3.1. Pengujian Login

Pengujian login bertujuan memastikan bahwa sistem hanya memberikan akses kepada pengguna yang memiliki akun.

Tabel 4.1 Pengujian Login

No	Skenario	Hasil yang Diharapkan	Hasil
1	Email dan Password benar	Masuk ke dashboard	Berhasil
2	Email salah	Pesan kesalahan muncul	Berhasil
3	Password salah	Pesan kesalahan muncul	Berhasil
4	Kolom kosong	Validasi tampil	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian, fungsi login berjalan sesuai kebutuhan sehingga keamanan akses pengguna dapat terjaga.

4.3.2. Pengujian Pengajuan Reimbursement

Pengujian dilakukan pada proses penambahan data reimbursement.

Tabel 4.2 Pengujian Pengajuan

No	Skenario	Hasil
1	Mengisi seluruh data dengan benar	Data berhasil disimpan
2	Mengunggah kwitansi	File berhasil tersimpan
3	Data tidak lengkap	Validasi tampil
4	Nominal kosong	Data tidak dapat disimpan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penyimpanan data secara otomatis ke database.

4.3.3. Pengujian Referensi Tanda Tangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah admin dapat mengelola data tanda tangan referensi.

Tabel 4.3 Pengujian Referensi Tanda Tangan

No	Skenario	Hasil
1	Menambahkan tanda tangan	Berhasil
2	Mengubah tanda tangan	Berhasil
3	Menghapus data	Berhasil
4	Menampilkan daftar referensi	Berhasil

Seluruh proses berjalan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang.

4.3.4. Pengujian Verifikasi Tanda Tangan

Setelah pengguna mengunggah kwitansi, sistem secara otomatis menjalankan proses verifikasi menggunakan metode SSIM dan NCC.

Tahapan pengujian meliputi:

1. Mengambil area tanda tangan.
2. Melakukan preprocessing citra.
3. Menghitung nilai SSIM.
4. Menghitung nilai NCC.
5. Membandingkan nilai dengan threshold.
6. Menampilkan status hasil verifikasi.

Apabila nilai kemiripan memenuhi batas minimum, sistem memberikan status **Valid**. Sebaliknya, apabila nilai berada di bawah threshold maka status yang diberikan adalah **Tidak Valid**.

4.3.5. Pengujian Laporan

Pengujian dilakukan terhadap menu laporan.

Tabel 4.4 Pengujian Laporan

No	Skenario	Hasil
1	Menampilkan seluruh data	Berhasil
2	Melihat status pengajuan	Berhasil
3	Melihat hasil verifikasi	Berhasil
4	Menampilkan data terbaru	Berhasil

Menu laporan berhasil menampilkan seluruh data sesuai dengan informasi yang tersimpan pada database.

4.4 Pengujian Metode SSIM dan NCC

Metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross Correlation (NCC)* digunakan untuk menentukan tingkat kemiripan antara tanda tangan referensi dan tanda tangan pada dokumen reimbursement.

Sebelum dilakukan proses pencocokan, citra tanda tangan terlebih dahulu melalui tahapan preprocessing berupa cropping, grayscale, thresholding, resize, dan normalisasi. Tahapan tersebut bertujuan menghasilkan citra yang memiliki ukuran dan kualitas yang seragam sehingga proses perhitungan menjadi lebih akurat.

Hasil perhitungan SSIM menunjukkan tingkat kemiripan struktur antara kedua citra, sedangkan metode NCC mengukur tingkat korelasi pola piksel. Kedua nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan status valid atau tidak valid.

Apabila kedua nilai berada di atas nilai threshold yang telah ditentukan, maka sistem memberikan status **Valid**. Sebaliknya, apabila salah satu atau kedua nilai berada di bawah batas minimum, sistem memberikan status **Tidak Valid**.

4.5 Pembahasan

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem penggantian dana berbasis web mampu membantu proses administrasi reimbursement menjadi lebih efektif dibandingkan proses manual.

Pengguna dapat melakukan pengajuan reimbursement secara langsung melalui sistem tanpa harus menyerahkan dokumen secara fisik. Seluruh data pengajuan tersimpan pada database sehingga memudahkan proses pencarian maupun penyusunan laporan.

Fitur verifikasi tanda tangan memberikan nilai tambah terhadap sistem karena proses pemeriksaan tidak lagi sepenuhnya dilakukan secara manual. Sistem mampu membandingkan tanda tangan yang terdapat pada kwitansi dengan tanda tangan referensi menggunakan metode SSIM dan NCC sehingga menghasilkan keputusan yang lebih objektif.

Penerapan metode SSIM memberikan kemampuan dalam membandingkan struktur visual tanda tangan, sedangkan metode NCC membantu mengukur hubungan antar piksel pada kedua citra. Kombinasi kedua metode menghasilkan proses verifikasi yang lebih baik dibandingkan apabila hanya menggunakan satu metode.

Selain meningkatkan efisiensi kerja, sistem juga membantu meminimalkan kemungkinan kesalahan manusia dalam proses pemeriksaan dokumen serta memberikan rekam jejak digital terhadap seluruh proses reimbursement.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem penggantian dana berbasis web berhasil dibangun menggunakan framework Laravel dan database MySQL sehingga mampu membantu proses pengajuan reimbursement secara terkomputerisasi.
2. Metode *Structural Similarity Index Measure (SSIM)* dan *Normalized Cross Correlation (NCC)* berhasil diterapkan sebagai metode verifikasi tanda tangan pada dokumen reimbursement. Kedua metode mampu membandingkan tanda tangan yang diunggah dengan tanda tangan referensi sehingga sistem dapat memberikan status valid atau tidak valid berdasarkan tingkat kemiripan citra.
3. Implementasi sistem mempermudah admin dalam melakukan pengelolaan data pengajuan, verifikasi tanda tangan, serta penyusunan laporan. Seluruh data tersimpan secara terpusat sehingga lebih mudah dikelola dan dipantau.
4. Berdasarkan hasil pengujian Black Box, seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna, mulai dari proses login, pengajuan reimbursement, pengelolaan tanda tangan, verifikasi, hingga penyajian laporan.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menambahkan metode verifikasi lain sebagai pembanding agar tingkat akurasi sistem dapat ditingkatkan.
2. Mengembangkan sistem agar dapat melakukan verifikasi tanda tangan secara real-time dengan jumlah data yang lebih besar.
3. Menambahkan fitur notifikasi otomatis kepada pengguna ketika status pengajuan berubah.
4. Mengembangkan sistem dalam bentuk aplikasi mobile agar proses pengajuan reimbursement dapat dilakukan dengan lebih mudah melalui perangkat seluler.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. A. A. M., Rahim, N. N., & Agustin, S. (2025). Implementasi dan Evaluasi Algoritma Klasifikasi untuk Sistem Verifikasi Tanda Tangan Berbasis Web. *Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(2), 61-70.
- Fauzy, E., & Shandy, N. A. R. (2022). Hak Atas Privasi dan Politik Hukum Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 Tentang Pelindungan Data Pribadi. *Lex Renaissance*, 7(3), 445-461.
- Hadinata, W., & Stianingsih, L. (2024). Analisis Perbandingan Performa Restfull Api Antara Express. Js Dengan Laravel Framework. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1).
- Hartiwati, E. N. (2022). Aplikasi Inventori Barang Menggunakan Java Dengan Phpmadmin. *Cross-border*, 5(1), 601-610.
- Murani, N. A., Wahyuni, S., Pratiwi, R. A., & Firdaus, T. (2025). Analisis Penggunaan Visual Studio Code Sebagai Editor Pemrograman Terbaik Untuk Pemula Pada Mahasiswa Informatika Universitas Nurul Huda. *Jurnal Rekayasa Informatika*, 2(2), 1-10.
- Nursodiq, A., Farhan, A., Alifia, A., Setiawan, K. W., & Mardiyansyah, M. Y. (2026). Analysis of the Role of Management Information Systems (MIS) as a Pillar of Strategic Decision Making in the Digital Era to Optimize Reporting Accountability in Educational Institutions. *Jurnal Multidisiplin Sahombu*, 6(01), 332-337
- Pan, Y., Singh, K., & Hafemann, L. G. (2025, August). Model See Model Do: Speech-Driven Facial Animation with Style Control. In *Proceedings of the Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference Papers* (pp. 1-10).
- Pressman, J., & Choi-Fitzpatrick, A. (2022). Covid19 and protest repertoires in the United States: An initial description of limited change. *Social Movement Studies*, 20(6), 766-773.

- Ramadhani, F., Sari, I. P., & Satria, A. (2023). Perancangan UI/UX Surat Keterangan Waris dalam Pengembalian Dana Haji Berbasis Web. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(3), 198-203.
- Rustiyana, R., Lase, M. C. M., Imamah, N., Yendri, O., & Judijanto, L. (2025). Pengolahan Citra Digital: *Digital Image Processing*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sari, I. P., Al-Khowarizmi, A., Sulaiman, O. K., & Apdilah, D. (2024). *System Design for Ordering and Digitizing Website-Based Bus Tickets. Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, 5(1), 543-549.
- Sari, I. P., Jannah, A., Meuraxa, A. M., Syahfitri, A., & Omar, R. (2022). Perancangan Sistem Informasi Penginputan Database Mahasiswa Berbasis Web. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 1(2), 106-110.
- Sari, I. P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 2(3), 146-157.
- Sari, I. P., Sulaiman, O. K., Al-Khowarizmi, A.-K., & Azhari, M. (2023). Perancangan Sistem Informasi Pelayanan Masyarakat pada Kelurahan Sipagimbar dengan Metode Prototype Berbasis Web. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(2), 125-134.
- Setiawan, Z., Hariyono, R. C. S., Fitriyanto, R., Phan, I. K., & Suprayitno, D. (2024). *Pengantar Sistem Informasi: Konsep Dasar dan Aplikasi Praktis*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Tumanggor, E., Sitinjak, S., Purba, J., & Sinaga, I. N. (2025). *The Role Of Management Information Systems In Managerial Decision-Making*. *Jurnal Penelitian Progresif*, 4(2), 14-18.
- Turban, E., Outland, J., King, D., Lee, J. K., Liang, T. P., & Turban, D. C. (2023). *Electronic commerce 2018: a managerial and social networks perspective* (Vol. 2017). Cham: springer.

- Wahyuni, I. (2022). Transformasi Digital Melalui Teknologi Informasi: Adaptasi Peran Guru Perempuan Sekolah Dasar Pada Masa Pandemi. *SITTAH: Journal of Primary Education*, 3(2), 133-144.
- Zulian, A. A. P., Kartarina, K., & Dharma, I. M. Y. (2025). Analisis Pengamanan File Menggunakan Enkripsi dan Dekripsi dengan Algoritma AES-GCM-SIV. *Edu Elektrika Journal*, 13(1), 15-23