

Perancangan Sistem Informasi Pembayaran SPP Dan Pembayaran Pendaftaran Peserta Didik Baru Sekolah Dasar Dalam Bentuk Website Menggunakan Framework Laravel

Mohammad Soeharto ¹, Abdul Karim ², Ahmad Supriady ³

^{1,2,3} Universitas Nurul Jadid, Indonesia

Article Info

Article history:

Diterima 9 Juli 2025

Direvisi 10 Juli 2025

Diterbitkan 11 Juli 2025

Keywords:

Laravel
Information System
Tuition Payment
Student Registration
Elementary School

ABSTRAK

Proses pembayaran SPP dan pendaftaran peserta didik baru di tingkat sekolah dasar seringkali masih dilakukan secara manual, yang berisiko menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan, dan minimnya transparansi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem informasi pembayaran berbasis website menggunakan framework Laravel guna meningkatkan pengelolaan administrasi keuangan sekolah. Pengembangan sistem dilakukan dengan metode waterfall yang mencakup tahapan analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Laravel dipilih karena mendukung arsitektur Model-View-Controller (MVC), yang mempermudah pemeliharaan dan pengembangan sistem. Sistem yang dirancang mencakup fitur manajemen data siswa, pencatatan pembayaran SPP dan pendaftaran, laporan keuangan, serta autentikasi pengguna berdasarkan peran.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Mohammad Soeharto,
Universitas Nurul Jadid, Jl. Makam Tinggi RT.01 RW.03, Besuki and 68356, Indonesia
Email: muhammadsoeharto24@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Perkembangan komputer telah mengalami transformasi yang signifikan dari waktu ke waktu, komputer mulai digunakan sebagai alat pengolahan data dan pembelajaran sederhana dalam dunia pendidikan seperti simulasi matematika, pembelajaran interaktif, pembelajaran adaptif sampai program pembayaran SPP ataupun pembayaran peserta didik baru [1]. Komputer tidak hanya digunakan untuk pengolahan data, tetapi juga mendukung proses pembelajaran interaktif hingga sistem administrasi sekolah. Salah satu penerapannya adalah dalam pengelolaan pembayaran SPP dan pendaftaran peserta didik secara digital [2].

Masih dihadapi, terutama pada pengelolaan administrasi sekolah yang masih dilakukan secara manual. Hal ini sering mengakibatkan berbagai kendala, mulai dari kurangnya transparansi, risiko kehilangan data, hingga keterbatasan akses informasi bagi orang tua siswa [3].

Kondisi tersebut juga terjadi di Yayasan Pondok Pesantren Nadwatul Muta'allimin, khususnya di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah. Sistem pencatatan pembayaran SPP dan pendaftaran siswa baru masih mengandalkan buku tulis, sehingga rentan terhadap kesalahan pencatatan, proses verifikasi yang lambat, dan keterbatasan pelaporan [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem informasi pembayaran berbasis website menggunakan framework Laravel [5]. Sistem ini dirancang untuk menghadirkan pencatatan otomatis, validasi pembayaran yang lebih cepat dan akurat, serta pelaporan keuangan yang transparan dan mudah diakses. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi administrasi, kepercayaan masyarakat terhadap lembaga, dan menjadi fondasi bagi pengembangan sistem digital lainnya di masa mendatang [6].

2. METODE

Kerangka penelitian adalah panduan atau struktur konseptual yang digunakan untuk mengarahkan seluruh proses penelitian, mulai dari identifikasi masalah hingga analisis data dan kesimpulan [7]. Secara sederhana, kerangka penelitian merupakan peta yang menggambarkan bagaimana penelitian akan dilakukan dan bagaimana berbagai komponen dalam penelitian saling terkait.

Adapun kerangka penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:

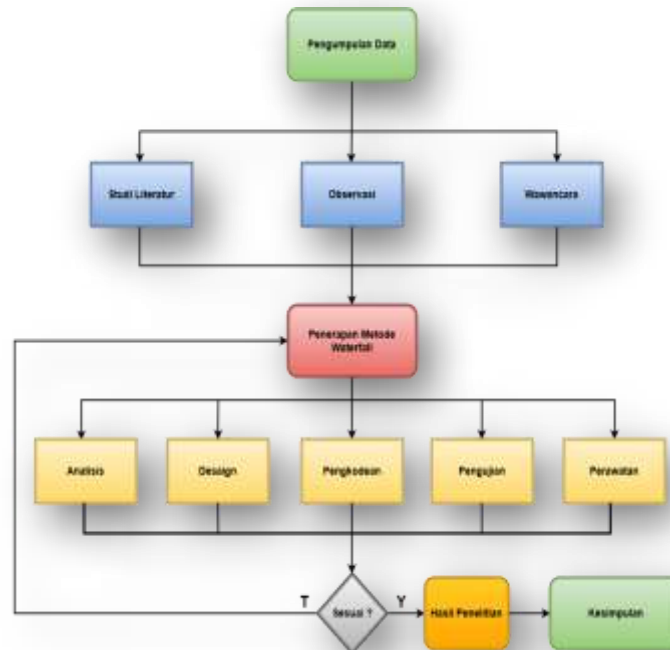


Figure 1. Kerangka Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah tahap penting dalam penelitian ini yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan permasalahan penelitian, agar penulis dapat memahami topik yang sedang diteliti [8]. Dalam teknik pengumpulan data ini, penulis ingin menemukan suatu objek permasalahan yang akan diterapkan pada sistem pembayaran SPP serta pembayaran peserta didik baru, yang akan dirancang pada Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah.

2.1.2. Studi Literatur

Studi literatur adalah melakukan tinjauan atau penilaian pustaka untuk mengetahui penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian yang sedang diteliti oleh penulis [9]. Studi literatur membantu dalam memahami konteks dan membangun dasar teori untuk pengumpulan data penelitian di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah. Serta mendapatkan fitur terbaru yang akan diterapkan dalam sistem pembayaran SPP ataupun pembayaran peserta didik baru, dan dapat membandingkan perbedaan sampai persamaan antara sistem yang akan dirancang oleh penulis di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah dengan penelitian-penelitian terkait.

2.1.3. Observasi

Observasi adalah pengamatan, pencatatan serta penilaian langsung terhadap subjek penelitian dalam situasi atau konteks yang sedang diteliti [10]. Observasi dilakukan untuk memahami alur kerja pembayaran SPP dan pendaftaran peserta didik baru di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah, termasuk prosedur manual yang digunakan, dokumen pendukung, serta permasalahan yang sering muncul, seperti keterlambatan pembayaran, dan kesalahan pencatatan. Mengamati langsung aktivitas pembayaran. Hasil dari observasi ini menjadi dasar dalam menentukan fitur utama sistem, seperti pendaftaran peserta didik baru, pencatatan pembayaran SPP, dan lain-lain.

2.1.4. Wawancara

Wawancara adalah interaksi langsung antara peneliti dan pemangku yang ada di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah untuk memperoleh informasi serta data data yang dibutuhkan untuk dituangkan dalam sistem yang akan dirancang [11]. Wawancara melibatkan berbagai pihak terkait, seperti staf administrasi sekolah, kepala sekolah, dan orang tua wali murid, guna mendapatkan sudut pandang yang beragam. Pertanyaan Informasi dari wawancara ini digunakan untuk merancang sistem yang mudah dipahami, relevan dengan kebutuhan pemangku Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah, dan mampu mengatasi permasalahan, seperti pengelolaan data yang terpusat, dan otomatisasi pembayaran keuangan SPP serta pendaftaran peserta didik baru.

2.1.5. Metode Waterfall

Untuk membangun perancangan sistem informasi pembayaran SPP dan pembayaran pendaftaran peserta didik baru sekolah dasar dalam bentuk website dengan framework Laravel di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah peneliti menggunakan metode Waterfall. Metode ini diperkenalkan oleh Winston W. Royce pada tahun 1970 dan sejak itu digunakan secara luas dalam berbagai proyek perangkat lunak, terutama yang memiliki persyaratan yang jelas sejak awal dan minim perubahan [12].

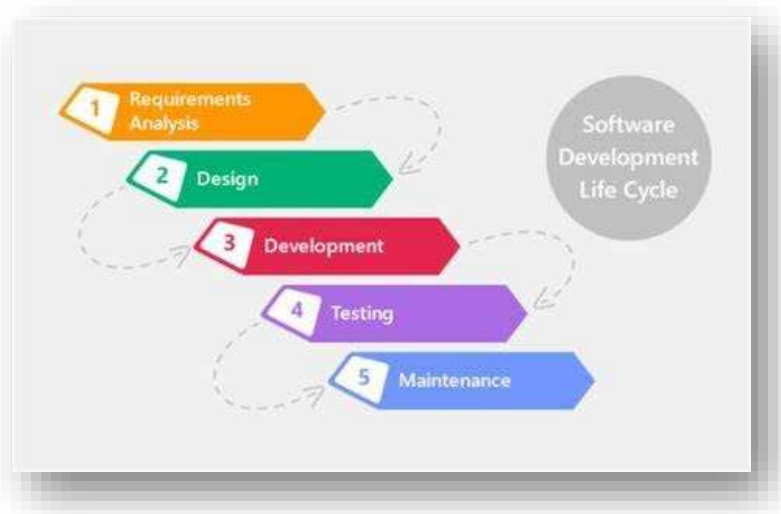


Figure 2. Waterfall

2.1.6. Requirement Analysis

Requirement Analysis dalam metode Waterfall adalah proses memahami dan mendokumentasikan kebutuhan pengguna serta spesifikasi sistem yang akan dikembangkan. Tahap ini mencakup identifikasi, analisis, validasi, dan dokumentasi kebutuhan untuk memastikan bahwa sistem memenuhi harapan pengguna [13].

2.1.7. Design

Dalam membangun sebuah sistem dibutuhkan proses untuk desain, yakni persiapan untuk rancang bangun implementasi sistem, menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk, karena dengan mendesain sistem terlebih dahulu akan mendapatkan hasil perencanaan website yang jelas dan tepat [14].

2.1.8. Development

Adapun pengkodean pada perancangan sistem informasi pembayaran SPP dan pembayaran pendaftaran peserta didik baru sekolah dasar dalam bentuk website dengan framework Laravel sebagai logika, MySQL sebagai database, xampp sebagai webserver, bootstrap sebagai front end, Midtrans sebagai wadah payment gateway, visual studio code sebagai wadah pemrogramannya dalam perancangan sistem Informasi Pembayaran SPP Dan Pembayaran Pendaftaran Peserta Didik Baru Sekolah Dasar Dalam Bentuk Website Menggunakan Framework Laravel di lembaga Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah [15].

2.1.9. Testing

Testing dilakukan untuk menguji sistem, seperti fungsi atau metode secara terpisah. Peran ini membantu menemukan dan memperbaiki pemasalahan lebih awal dalam proses perancangan. Testing menguji bagaimana fitur-fitur yang berbeda dari sistem berinteraksi satu sama lain, memastikan bahwa ketika komponen-komponen digabungkan, mereka berfungsi dengan baik sebagai satu kesatuan [16].

2.1.10. Maintance

Maintenance dalam metode waterfall adalah tahap di mana sistem yang sudah diuji pemeliharaan siap digunakan kepada lembaga sekolah. Proses ini dimulai dengan deployment, yaitu mengkonfigurasi lingkungan produksi agar sistem dapat diakses oleh pemangku sekolah. Setelah sistem di deploy, pemangku sekolah diundang untuk mengakses dan menggunakan sistem tersebut [17].

2.1.11. Pengujian Internal

Pengujian internal adalah proses pengujian yang berfokus pada evaluasi komponen internal sistem, termasuk logika program, struktur kode, dan integrasi antar modul [18].

2.1.12. Pengujian Eksternal

Pengujian eksternal adalah proses pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan fungsi sistem dari perspektif pengguna akhir, tanpa memeriksa struktur internal atau kode program [19].

3. HASIL DAN PEMABAHASAN

Menurut marinu waruwu tahun 2024 hasil penelitian berkaitan dengan produk yang akan dihasilkan dan melakukan kajian atau penelitian untuk mengembangkan hasil penelitian yang berkaitan dengan produk yang akan dihasilkan [20].

3.1. Observasi

Observasi dilakukan pada tanggal 20 Januari – 20 Februari 2025, dimana mengamati proses kerja staff lembaga Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah serta meminta data yang valid.

Tabel I. Observasi

No.	Nama Data	Keterangan
1.	Sampel Data Siswa	Valid
2.	Sampel Data Guru Dan Staff	Valid
3.	Sampel Data Kelas	Valid
4.	Sampel Data Kepala Sekolah	Valid

3.2. Wawancara

Wawancara dilakukan pada tanggal 20 Januari – 20 Februari 2025, yang mana mewawancarai beberapa orang yang didalamnya meliputi:

Kepala Sekolah, orang tua wali murid dan beberapa guru Sd Terpadu An Nadwah. Kesimpulan yang dihasilkan setelah melakukan wawancara adalah:

- Orang tua wali murid mendaftar siswa kepada pihak sekolah
- Pembayaran SPP dan Pembayaran Peserta Didik Baru
- Laporan Kepala Sekolah
- Serta guru atau bendahara mencatat data yang masuk kepada sekolah

3.2.1. Analisis Desain Lama

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti di Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah (SDT AN NADWAH), dapat disimpulkan bahwa dalam pelaksanaan keuangan pembayaran SPP dan pembayaran peserta didik baru, metode yang digunakan masih bersifat tradisional. Staf atau guru melakukan pencatatan seluruh pendapatan, termasuk SPP dan penerimaan siswa baru, secara manual menggunakan kertas yang kemudian dilaporkan kepada kepala sekolah.

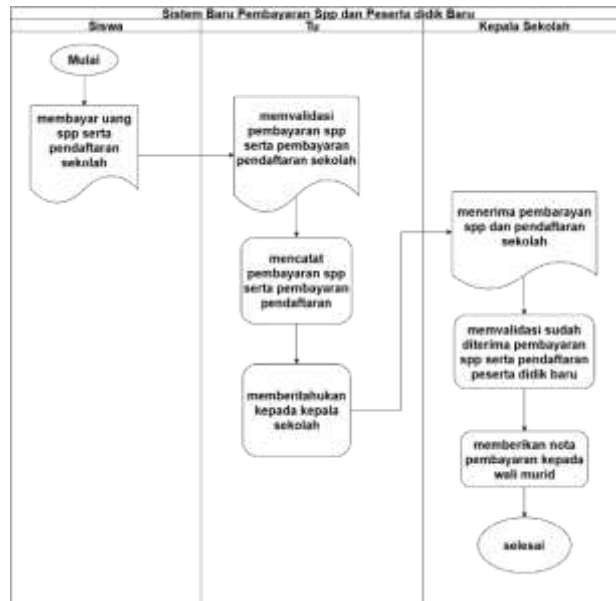


Figure 3. Analisis Sistem Lama

3.2.2. Analisis Sistem Baru

Flowchart dokumen sistem yang akan dibuat merupakan alur proses keseluruhan yang bertujuan untuk menggambarkan alur sistem pembayaran peserta didik baru dan pembayaran SPP yang akan dibuat.

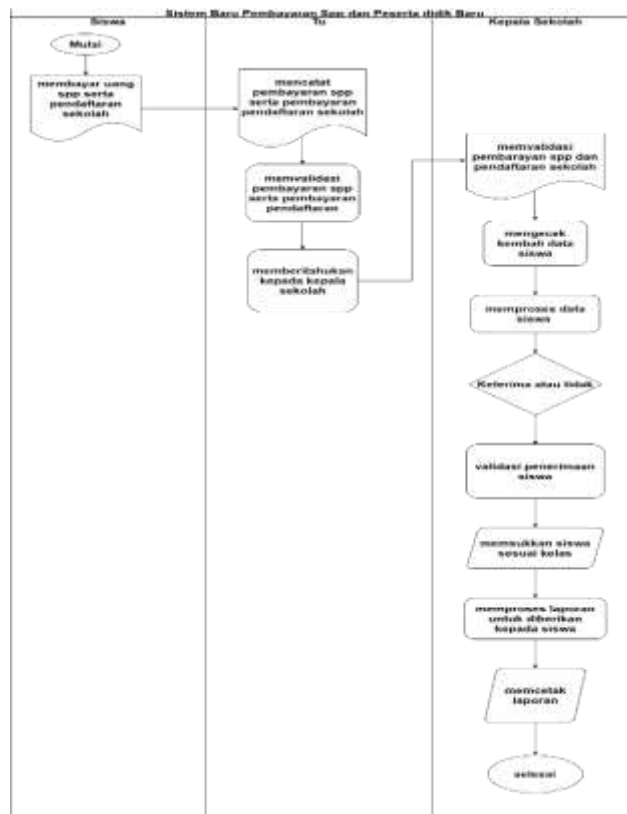


Figure 4. Analisis Sistem Baru

3.2.3. Context Diagram

Context Diagram bertujuan untuk mengartikan, membangun dan memvisualisasikan model system.

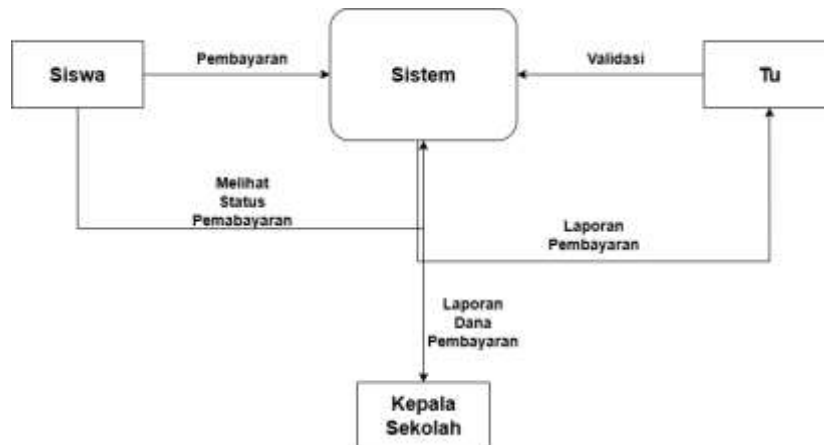


Figure 5. Context Diagram

3.2.4. DFD Level 1

DFD merupakan pengembangan dari context diagram. DFD menjabarkan proses dari context diagram menjadi sub proses yang kemudian digunakan untuk memaparkan semua proses secara rinci. Dari penjabaran ini akan terbentuk beberapa level.

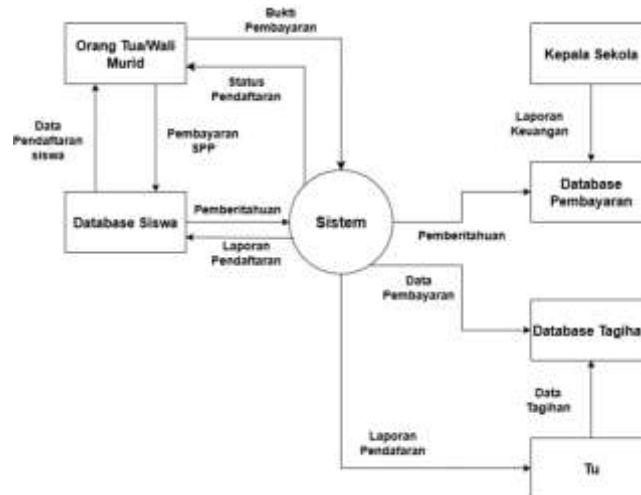


Figure 6. DFD Level 1

3.2.5. DFD Level 2

Sub Proses dari Data Flow Diagram yang kedua menggambarkan secara detail alur dari DFD level 2 serta tersimpan pada sistem informasi ini.

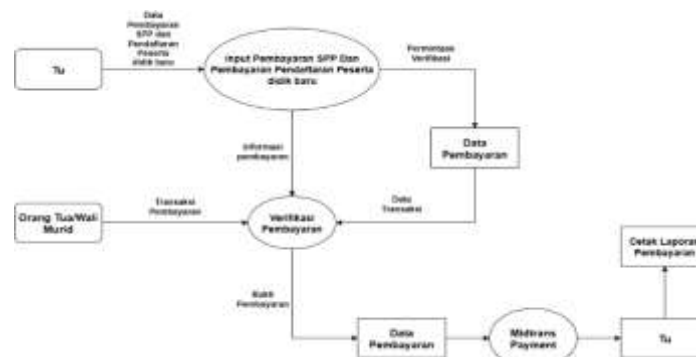


Figure 7. DFD Level 2

3.2.6. DFD Level 3 Untuk Transaksi

Sub Proses dari Data Flow Diagram yang ketiga menggambarkan secara detail alur dari transaksi.

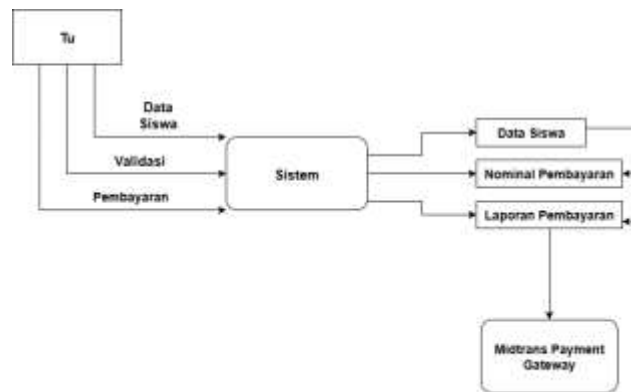


Figure 8. DFD Level 3

3.2.7. Entity Relational Diagram (ERD)

ERD menggambarkan bagaimana data disimpan, saling berhubungan, serta bagaimana aliran data antar entitas dalam sistem. Komponen utama dalam ERD terdiri dari entitas, yaitu objek nyata atau konsep yang memiliki data dan disimpan dalam bentuk tabel; atribut, yaitu ciri atau karakteristik dari entitas yang disimpan sebagai kolom dalam tabel, serta relasi, yaitu hubungan logis antara dua atau lebih entitas.

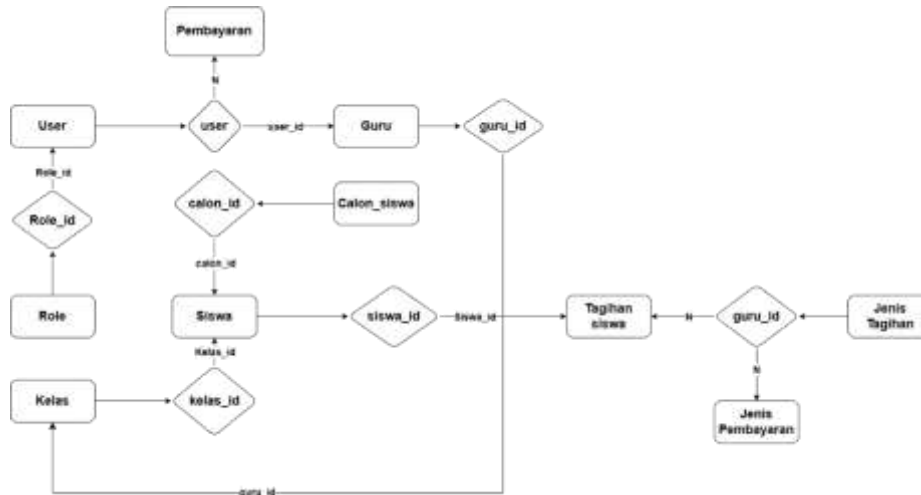


Figure 9. ERD

3.2.8. Normalisasi Data

Normalisasi dilakukan untuk menghindari redudansi data dan memastikan integritas data dalam basis data pada system.

Tabel II. Noermalisasi Data

Nama Siswa	No HP Ortu	Tagihan (Bulan - Nominal)
Andi	081234567890, 082134567891	Januari-100.000; Februari-100.000

3.2.9. Tampilan Login

Tampilan login akan muncul saat awal membuka website. User tidak akan bisa menggunakan website tanpa login.

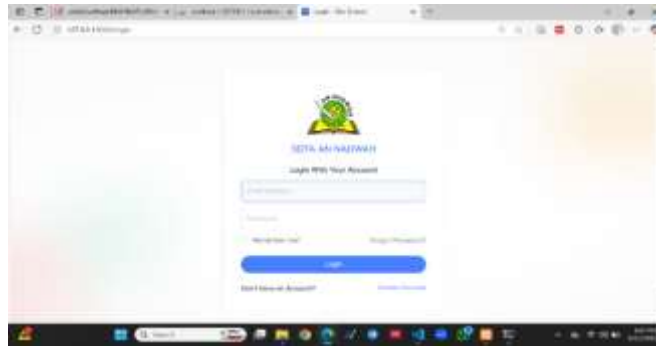


Figure 10. Tampilan Login

3.2.10. Tampilan Pembayaran

Tampilan pembayaran SPP dan Pendaftaran Peserta Didik Baru merupakan antarmuka yang digunakan user untuk membayar biaya dari Sekolah Dasar Terpadu An Nadwah.

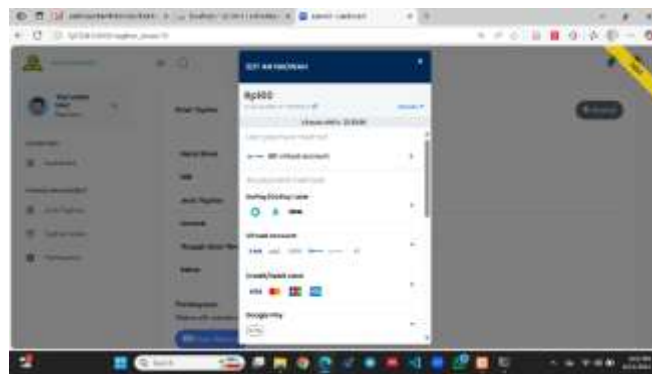


Figure 11. Tampilan Pembayaran

3.2.11. Pengujian Internal Blackbox

Pengujian internal dilakukan oleh Neng Nadya, S.Pd, M.Pd selaku kepala sekolah Sdt An Nadwah. Berikut tabel pengujian internal yang dilakukan:

Tabel III. Pengujian Internal

No.	Nama Module	Fungsi	Hasil yang diharapkan	Hasil	
				Ya	Tidak
1.	Login	Menampilkan form login	Dapat menampilkan form login	√	
2.	Menu Utama	Berisi menu master, transaksi, pendaftaran, pembayaran spp, laporan	Dapat melihat menu-menu utama yang ada dihalaman utama	√	
3.	Pengolahan data master (Staff administrasi, dan orang tua wali murid)	Mengisi semua inputan dan mengklik tombol simpan.	Menyimpan kedalam database seluruh data master yang sudah diinput.	√	

4.	Form pengeluaran	Mendata pengeluaran pembayaran SPP dan pendaftaran yang dilakukan di Sdt An Nadwah	Dapat melakukan atau menginput biaya pendaftaran maupun pembayaran SPP	√	
5.	Form pemasukan	Mendata pemasukan pembayaran SPP dan pendaftaran yang dilakukan di Sdt An Nadwah	Bisa menginput biaya pendaftaran maupun pembayaran SPP	√	
6.	Laporan	laporan yang ingin dicetak	Mencetak Laporan pembayaran	√	

3.2.12. Pengujian Eksternal Blackbox

Pengujian external dilakukan langsung oleh guru atau staff, kepala sekolah, dan siswa dengan jumlah total 20 orang yang terdiri dari 5 guru dan 10 sampel siswa. Berikut pertanyaan yang diajukan untuk menguji kelayakan website tersebut dan hasil kuisionernya:

Tabel IV. Pengujian Eksternal

No	Pertanyaan	Jawaban			
		SB	B	C	K
1.	Apakah dengan adanya sistem pembayaran keuangan sekolah ini dapat memudahkan pihak lembaga?	5	8	0	0
2.	Apakah sistem ini sudah menjawab Permasalahan dalam mengakses informasi mengenai keuangan sekolah?	14	4	0	0
3.	Apakah sistem ini sudah berjalan dengan baik tanpa ada kendala?	6	6	1	0
4.	Apakah sistem ini bisa membantu dalam pelaporan keuangan sekolah?	8	5	0	0
5.	Apakah sistem ini menarik?	5	8	1	0

3.2.13. Pembahasan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem informasi pembayaran berbasis web yang dirancang dengan framework Laravel mampu mengakomodasi kebutuhan pembayaran sekolah dasar dalam melakukan pencatatan dan pelaporan pembayaran SPP serta pembayaran pendaftaran peserta didik baru. Sistem yang dikembangkan menyediakan fitur-fitur inti seperti manajemen data siswa, pencatatan transaksi pembayaran, pembuatan laporan, serta autentikasi pengguna berdasarkan peran (siswa, tata usaha, dan kepala sekolah).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini berhasil merancang dan menguji sistem informasi pembayaran SPP dan pendaftaran peserta didik baru berbasis web menggunakan framework Laravel. Sistem ini terbukti sangat membantu pihak sekolah, terutama dalam pencatatan dan pelaporan pembayaran yang sebelumnya dilakukan secara manual. Hasil angket yang diberikan kepada guru, wali murid, murid dan kepala sekolah menunjukkan tingkat kepuasan sangat baik, dengan nilai persentase 83%. Ini menandakan sistem benar-benar menjawab kebutuhan sekolah dalam hal akses informasi, transparansi pembayaran, dan kinerja administrasi pembayaran SPP serta pendaftaran peserta didik baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada pihak Yayasan Pondok Pesantren Nadwatul Muta'allimin, yang telah memberikan kesempatan serta data dan informasi yang sangat membantu dalam proses perancangan sistem. Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada pihak sekolah SD Terpadu An Nadwah, atas kerja sama dan dukungan yang diberikan selama proses pengumpulan data di lapangan.

Penghargaan dan apresiasi juga disampaikan kepada Universitas Nurul Jadid, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Tak lupa, penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah memberikan masukan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan karya ilmiah ini.

REFERENSI

- [1] O. D. Kiranasari, L. Hakim, and I. N. Ratri, "Rancang Bangun Sistem Informasi Pembayaran SPP Berbasis Web di SMP Darul Ilmi Banyuwangi," *J. TECNOSCIENZA*, vol. 9, no. 1, pp. 17–28, 2024.
- [2] L. Stianingsih and T. Al Farisi, "Penggunaan Komputer dalam Pendidikan: Mengubah Paradigma Pembelajaran," *J. Educ. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 3122–3127, 2024.
- [3] S. Nurkholifah, E. Karina, D. Rengganis, and Y. Yunita, "Sistem Informasi Akuntansi Pembayaran Spp Pada Sdit Al-Rasyid Islamic School," *Profitabilitas*, vol. 3, no. 1, pp. 9–15, 2023.
- [4] R. F. Mashyuri, F. Amalia, and A. Arwan, "Pengembangan Sistem Informasi Administrasi Keuangan Sekolah (Studi Kasus: MTS Yanuris 1 Linggapura)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 12, pp. 10906–10915, 2019.
- [5] P. Anjelita, "Rancang Bangun Sistem Informasi E-Learning Pada Smk Negeri 3 Batam," 2019, *Prodi Sistem Informasi*.
- [6] S. F. Arief and Y. Sugiarti, "Literature Review: Analisis Metode Perancangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web," *J. Ilm. Ilmu Komput. Fak. Ilmu Komput. Univ. Al Asyariah Mandar*, vol. 8, no. 2, pp. 87–93, 2022.
- [7] S. A. Maulana, S. H. Batubara, Y. P. P. Pasaribu, H. Syahputra, and F. Ramadhani, "DETEKSI BURUNG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) DENGAN MODEL ARSITEKTUR MOBILENETV2," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 4, pp. 6108–6114, 2024.
- [8] A. Nur and F. Y. Utami, "Proses dan langkah penelitian antropologi: Sebuah literature review," *Ad-Dariyah J. Dialekt. Sos. Dan Budaya*, vol. 3, no. 1, pp. 44–68, 2022.
- [9] I. H. Moudi, "Perancangan Sistem Informasi Pembayaran SPP Menggunakan Framework Laravel," *J. Inf. dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 75–80, 2021.
- [10] I. Ariffin and I. Saputra, "KAJIAN HISTORIS BATU BATIKAM DALAM CERITA RANDAI INDO JOLITO," *J. Kaji. Seni*, vol. 10, no. 1, pp. 64–79, 2023.
- [11] M. Iqbal, A. J. Pohan, and S. Nasution, *Pergumulan sistem pesantren: transformasi menuju identitas baru*. SURYADI NASUTION, 2021.
- [12] R. I. Borman, A. T. Priandika, and A. R. Edison, "Implementasi metode pengembangan sistem Extreme Programming (XP) pada aplikasi investasi peternakan," *JUSTIN (Jurnal Sist. Dan Teknol. Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 272–277, 2020.
- [13] A. P. Sembodo, "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENDAFTARAN SANTRI BARU MENGGUNAKAN FRAMEWORK LARAVEL: STUDI KASUS DI ISLAMIC CENTER AL-HAZZA," 2024, *Sekolah Tinggi Teknologi Terpadu Nurul Fikri*.
- [14] T. Pricillia, "Perbandingan metode pengembangan perangkat lunak (waterfall, prototype, RAD)," *J. Bangkit Indones.*, vol. 10, no. 1, pp. 6–12, 2021.
- [15] A. Febriandirza, "Perancangan Aplikasi Absensi Online Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Kotlin," *Pseudocode*, vol. 7, no. 2, pp. 123–133, 2020.
- [16] R. Nuari, "Sistem Informasi Pendaftaran Siswa Baru Menggunakan Extreme Programming," *J. Data Sci. Inf. Syst.*, vol. 1, no. 4, pp. 166–174, 2023.
- [17] A. Mulyanto and W. Setiawan, "Penerapan Metode Web Engineering Menggunakan Laravel 5 Dalam Pengembangan Penjualan Toko Online Hijapedia Berbasis Website Di Cikarang Bekasi," *J. Inform.*

- SIMANTIK*, vol. 5, no. 2, pp. 69–74, 2020.
- [18] A. Jauhari, D. R. Anamisa, and F. A. Mufarroha, *Rekayasa perangkat lunak*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2022.
- [19] A. S. Lubis and M. P. A. Ginting, “Pengujian Aplikasi Berbasis Web Data Ska Menggunakan Metode Black Box Testing,” *Cosm. J. Tek.*, pp. 41–48, 2024.
- [20] M. Waruwu, “Metode penelitian dan pengembangan (R&D): konsep, jenis, tahapan dan kelebihan,” *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 9, no. 2, pp. 1220–1230, 2024.