

MODEL BLOCKCHAIN UNTUK PEMBAYARAN LINTAS BATAS NEGARA BAGI UMKM

Bambang P. D. Putranto¹⁾, Rikie Kartadie^{*2)}, Femi Dwi Astuti³⁾

1. Magister Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Teknologi Digital Indonesia, Indonesia
2. Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Teknologi Digital Indonesia, Indonesia
3. Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Teknologi Digital Indonesia, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Digitalisasi; Pembayaran Lintas Batas Negara; UMKM; ArchiMate; Disciplined Agile Delivery; Blockchain; Stellar

Keywords: Digitalization; Cross Border Payment; MSME; ArchiMate; Disciplined Agile Delivery; Blockchain; Stellar

Article history:

Received 17 August 2018

Revised 15 February 2019

Accepted 4 April 2019

Available online 4 April 2019

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i4.6736>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

rikie@utdi.ac.id

ABSTRAK

UMKM (Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah) memainkan peran krusial dalam perekonomian Indonesia, dengan sekitar 64,2 juta unit usaha yang menyerap 97% tenaga kerja. Di tengah dampak pandemi global, pemerintah meluncurkan Pemulihan Ekonomi Nasional, dengan UMKM sebagai fokus utama. Digitalisasi menjadi penting untuk meningkatkan ekspor dan memudahkan pembayaran lintas batas yang aman dan cepat. Hal ini juga menjadi bagian dari agenda Presidensi G20 Indonesia, yang menekankan pengembangan pembayaran lintas negara. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode pencarian solusi (solution-seeking) untuk menghasilkan berbagai artefak desain, termasuk arsitektur menggunakan bahasa pemodelan ArchiMate, algoritma, model, dan peranti lunak untuk pembayaran lintas batas. Kami mengadopsi Blockchain Layer 1 Stellar, yang menawarkan protokol terbuka dan terdesentralisasi untuk transaksi mata uang digital dan fiat dengan biaya rendah. Hasil akhir dari penelitian ini adalah model peranti lunak yang memungkinkan pembayaran lintas negara menggunakan Blockchain Stellar, dengan pengembangan yang mengikuti metodologi Disciplined Agile Delivery (DAD). Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada upaya digitalisasi UMKM dalam menghadapi tantangan ekonomi dan meningkatkan konektivitas global melalui pembayaran lintas batas yang lebih efisien.

ABSTRACT

MSMEs (Micro, Small and Medium Enterprises) play a crucial role in Indonesia's economy, with around 64.2 million business units that absorb 97% of the workforce. Amid the impact of the global pandemic, the government launched the National Economic Recovery, with MSMEs as the main focus. Digitalization is important to boost exports and facilitate secure and fast cross-border payments. This is also part of Indonesia's G20 Presidency agenda, which emphasizes the development of cross-border payments. This research uses a solution-seeking method approach to produce various design artifacts, including architectures using the ArchiMate modeling language, algorithms, models, and software for cross-border payments. We adopted Stellar's Layer 1 Blockchain, which offers an open and decentralized protocol for low-cost digital and fiat currency transactions. The end result of this research is a software model that enables cross-border payments using the Stellar Blockchain, with development following the Disciplined Agile Delivery (DAD) methodology. Thus, this research contributes to the digitalization efforts of MSMEs in the face of economic challenges and enhances global connectivity through more efficient cross-border payments.

I. PENDAHULUAN

UMKM merupakan salah satu pilar perekonomian nasional Indonesia. UMKM saat ini masih banyak yang berorientasi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan belum berorientasi ekspor. Data *ASEAN Investment Report 2023* [1] menunjukkan bahwa Indonesia menempati posisi pertama untuk jumlah UMKM terbanyak dengan jumlah melebihi 90% mengalahkan negara-negara ASEAN lainnya yang mempunyai UMKM maksimal sekitar 80%.

Meskipun demikian, kontribusi UMKM terhadap ekspor nasional hanya 15,7%, di bawah negara-negara ASEAN lainnya: Singapura 41%, Thailand 29%, dan Myanmar 24%.

Meskipun banyak masalah yang mungkin melatarbelakangi rendahnya kemampuan UMKM untuk sampai pada tataran ekspor, pemerintah menyediakan berbagai macam program dan keringanan-keringanan bagi UMKM yang akan melakukan ekspor. Beberapa kebijakan pemerintah antara lain terwujud dalam kemudahan impor tujuan ekspor industri kecil dan menengah (KITE IKM) yang diatur dalam PMK Nomor 110/PMK.04/2019, memfasilitasi standarisasi internasional bagi UKM, sekolah ekspor, pelatihan UKM ekspor, pembiayaan ekspor, sistem informasi ekspor, dan pameran berskala internasional, serta kerja sama peningkatan ekspor lainnya[2].

Pada sisi lain, pembayaran lintas negara juga menjadi hambatan bagi UMKM untuk menjangkau pasar ekspor. Presidensi G20 Indonesia tahun 2022 menekankan pada pentingnya pembayaran lintas negara (*cross-border payment*) sebagai salah satu agenda prioritas [3]. Hal tersebut menyebabkan perhatian pada pembayaran lintas negara menjadi semakin meningkat. Pembayaran lintas negara yang lebih pasti, mudah, aman, dan cepat akan menjadi daya tarik bagi UMKM untuk memperluas usaha di bidang ekspor.

Kondisi perekonomian yang memburuk sebagai dampak pandemi global membuat pemerintah menggulirkan Pemulihan Ekonomi Nasional. UMKM sebagai lembaga usaha yang strategis dalam program tersebut menjadi prioritas. Dukungan ini menyebabkan kenaikan ekspor UMKM dari 14,37% di tahun 2020 menjadi 15,69% di tahun 2021.

Blockchain dan cryptocurrency menawarkan solusi potensial untuk mengatasi tantangan pembayaran lintas negara, terutama dalam aspek biaya yang lebih rendah dan proses yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem perbankan tradisional yang sering memerlukan perantara pihak ketiga. Blockchain seperti Stellar memungkinkan transaksi lintas negara dengan mata uang digital dan fiat secara desentralisasi, yang dapat meningkatkan efisiensi dan transparansi. Namun, kelebihan dari teknologi ini adalah kecepatan dan biaya yang lebih rendah, sementara kekurangannya termasuk ketidakstabilan nilai cryptocurrency, risiko peretasan, serta regulasi yang masih terbatas di banyak negara. Bukti dari penerapan blockchain pada sektor keuangan menunjukkan bahwa meskipun efisien, adopsinya masih menghadapi tantangan dari sisi stabilitas dan penerimaan pengguna.

Meski meningkat, dengan tetap memfasilitasi berbagai program yang telah dijalankan pemerintah, digitalisasi menjadi hal penting dalam mendorong kenaikan ekspor terutama kemudahan, keamanan, dan kecepatan pembayaran transaksi lintas batas negara yang inklusif. Pentingnya pembayaran lintas negara tersebut juga disepakati pada Presidensi G20 Indonesia yang mengangkat pengembangan pembayaran lintas negara (*cross-border payment*) sebagai salah satu agenda prioritas. Sampai saat ini, pembayaran lintas negara ini masih menjadi masalah terutama dari sisi ketersediaan infrastruktur dan peranti lunak yang mendukung pembayaran lintas negara tersebut.

Pembayaran lintas batas negara menjadi salah satu prioritas kunci untuk meningkatkan jumlah UMKM yang melakukan ekspor. Hal ini benar-benar disadari dan menjadi perhatian khusus pada 43rd ASEAN Summit [4]. Kepastian pembayaran serta proses pembayaran yang aman, mudah, dan murah menjadi satu hal yang diinginkan oleh banyak UMKM. Pembayaran lintas batas negara telah menjadi perhatian sejak hubungan perdagangan antar negara muncul. Instrumen pembayaran yang digunakan meliputi koin dan *bill of exchange* sampai akhirnya muncul *digital wallets*, RTGS (*Real Time Gross Settlement*), CDBC (*Central Bank Digital Currency*), dan *Distributed Ledger Technology* [5, 6]. Gambaran berbagai metode yang ada sampai saat ini dirangkum dalam penelitian oleh Bindseil et.al [7].

Pengiriman uang antar negara saat ini masih menggunakan perantara (perbankan dan pihak ketiga) sehingga waktu yang diperlukan relatif lama, biaya tinggi, dan kemungkinan adanya negara yang tidak bisa dituju. Sebagai contoh, menggunakan MoneyGram tidak semua jumlah bisa dikirimkan ke Amerika dari Indonesia. Biaya pengiriman MoneyGram ke negara selain UK, Malaysia, dan Singapura untuk pengiriman Rp 22.500.001 - Rp 30.000.000 adalah Rp 1.000.000. Jumlah ini cukup signifikan dan bisa mengurangi minat untuk melakukan ekspor.

Di sisi lain, berkembangnya teknologi sistem terdesentralisasi, khususnya blockchain (dimulai dari Bitcoin), mengakibatkan munculnya perhatian terhadap kemungkinan penggunaan blockchain [8], khususnya *cryptocurrency* untuk pembayaran lintas negara [9,10, 11, 12, 13]. Solusi yang lebih ketat diusulkan oleh Islam et.al [14] dengan menggunakan *consortium blockchain* karena sifat *cryptocurrency* yang sangat tidak stabil. Meskipun demikian, usulan Islam et. al tersebut masih memerlukan pihak ketiga (konsorsium perbankan).

Kelemahan penggunaan *cryptocurrency* karena tidak adanya aset nyata yang menyatu pada nilainya menyebabkan munculnya CDBC (*Central Bank Digital Currency*) yang merupakan *cryptocurrency* yang mempunyai nilai intrinsik berupa mata uang *flat* suatu negara tertentu. CDBC ini kemudian menjadi merupakan salah satu infrastruktur untuk pembayaran lintas negara [15, 16, 17] meskipun masih memerlukan perbankan sebagai perantara dengan resiko biaya yang tetap tinggi dan waktu finalisasi yang cukup lama.

Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Xian et al [19] yang menunjukkan penerapan Stellar Blockchain untuk pembayaran lintas negara. Namun, penelitian ini berkontribusi lebih lanjut dengan mengembangkan model yang dioptimalkan untuk UMKM. Kami juga mengintegrasikan penggunaan stablecoin dan teknologi berbasis fiat untuk mengatasi volatilitas cryptocurrency, memberikan kontribusi yang lebih spesifik pada konteks UMKM di Indonesia yang menghadapi tantangan pembayaran lintas batas dalam skala mikro dan menengah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi penerapan blockchain dalam pembayaran lintas negara bagi UMKM, dengan fokus pada pengurangan biaya transaksi, peningkatan kecepatan pembayaran, dan peningkatan aksesibilitas pasar global. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur dampak efisiensi dan keamanan transaksi terhadap peningkatan jumlah transaksi ekspor yang dilakukan oleh UMKM. Hasil yang diharapkan adalah peningkatan volume transaksi ekspor melalui platform pembayaran yang lebih aman, cepat, dan terjangkau.

Untuk memecahkan masalah-masalah tersebut di atas, Coutinho et. al. mengusulkan penggunaan *framework* berbasis blockchain L1X untuk pengiriman uang. L1X tidak mengkhususkan pada pengiriman uang dan masih menggunakan *cryptocurrency* sehingga persyaratan stabilitas tidak terpenuhi [18]. Secara khusus, Xian et. al. membahas tentang penggunaan blockchain Stellar secara umum untuk keperluan pembayaran lintas negara [19]. Stellar adalah blockchain yang memang khusus digunakan untuk keperluan pengiriman uang dan memungkinkan penggunaan mata uang *flat* dalam proses tersebut. Paper ini merupakan implementasi lebih lanjut dari Xian [19].

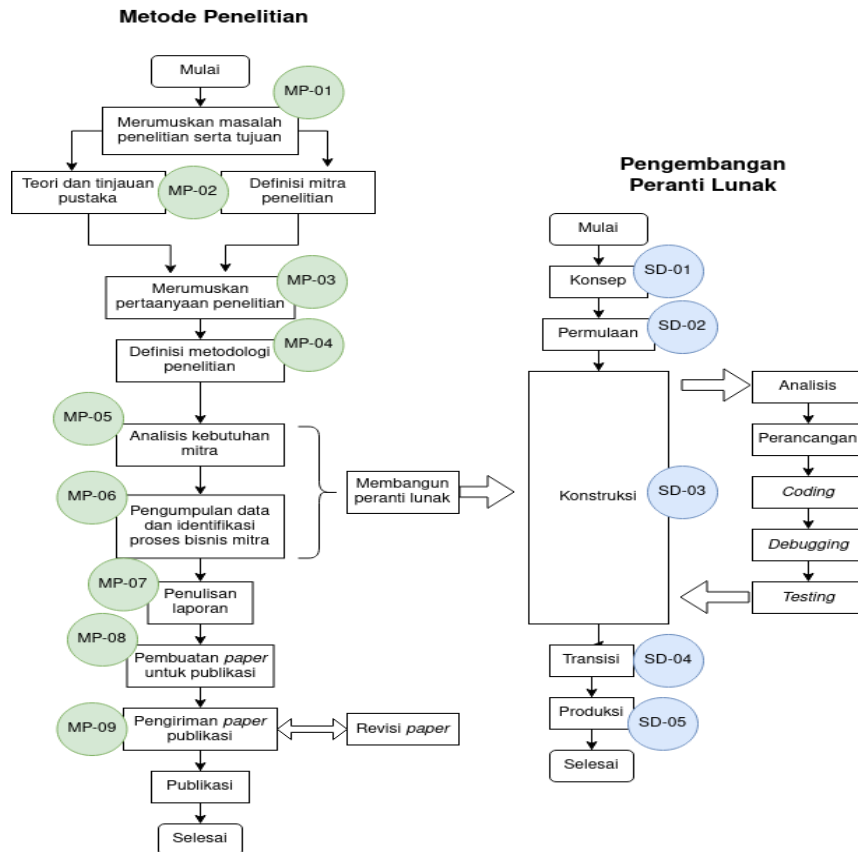
II. METODE PENELITIAN

Stol dan Fitzgerald mengkategorikan metodologi penelitian pada rekayasa perangkat lunak menjadi dua, yaitu *knowledge-seeking* / pencarian pengetahuan dan *solution-seeking* / pencarian solusi [20]. Studi untuk pencarian pengetahuan bertujuan untuk mempelajari rekayasa perangkat lunak dengan melakukan pengamatan di beberapa jenis lingkungan - termasuk teknologi, organisasi, dan orang-orang di lingkungan alami, buatan, maupun simulasi (*virtual*).

Studi untuk pencarian solusi bertujuan untuk merancang, membuat, atau mengembangkan solusi terkait dengan tantangan rekayasa perangkat lunak tertentu. Hasil dari studi ini (meliputi algoritma, model, dan peranti) dikenal dengan istilah artefak desain. Artefak tersebut mengandung pengetahuan tentang masalah rekayasa perangkat lunak tertentu.

Paper ini menggunakan kategori pencarian solusi dengan artefak desain berupa arsitektur, algoritma, model, serta peranti lunak yang digunakan untuk pembayaran lintas negara. Secara khusus, akan digunakan bahasa pemodelan *ArchiMate* untuk mendeskripsikan arsitektur peranti lunak pembayaran lintas negara. Paper ini juga akan menghasilkan peranti lunak sesuai dengan arsitektur yang telah dideskripsikan tersebut. Keterkaitan antara metodologi penelitian dengan metodologi pengembangan peranti lunak bisa dilihat pada Gambar 1.

Kedua luaran tersebut bisa dilihat pada Gambar 1 dan merupakan hasil dari dua kegiatan utama yaitu penelitian yang memfokuskan pada pengembangan model peranti lunak untuk pembayaran lintas negara. Kegiatan penelitian digambarkan dengan kode “MP-angka kegiatan” dan kegiatan pengembangan peranti lunak digambarkan dengan kode “SD-angka kegiatan” (SD adalah software development).



Gambar. 1. Metode penelitian dan pengembangan perangkat lunak

A. Teknologi Blockchain

Konsep Blockchain dalam konteks transaksi keuangan pertama kali dibuat oleh Satoshi Nakamoto [22]. Meskipun demikian, cikal bakal dari blockchain sudah muncul sejak tahun 1982 oleh David Chaum [24] dan 1991 oleh Haber dan Stometta [21]. Chaum menuliskan tentang penggunaan kriptografi untuk “*untraceable payments*”. Haber dan Stometta menggunakan digital timestamp dalam bentuk kriptografi untuk memastikan keaslian dokumen digital. Nakamoto melangkah lebih ke arah keuangan dengan teknologi *peer-to-peer* untuk membangun “buku besar” yang mencatat data dalam blok yang saling terhubung menggunakan kriptografi dan bersifat *immutable* / tidak bisa diubah. Konsep dari Nakamoto ini kemudian menghasilkan *cryptocurrency* – *Bitcoin*.

Tapscott dan Tapscott meneliti tentang kekuatan dari *blockchain* dan menjelaskan bahwa sifat desentralisasi dari *blockchain* mengurangi ketergantungan pada pihak ketiga, sementara imutabilitas memastikan bahwa data tidak dapat diubah setelah dicatat. Implikasi dari kedua hal tersebut adalah meningkatnya integritas sistem. [23]

Sebagai suatu sistem terdesentralisasi, *blockchain* memerlukan kesepakatan antar *node* dalam sistem terhadap berbagai proses perubahan data. Kondisi ini menyebabkan munculnya mekanisme konsensus pada *blockchain*. Berbagai metode konsensus telah dikembangkan, termasuk *Proof of Work* (PoW) [22], setelah itu ada banyak metode untuk keperluan konsensus ini.

Blockchain memungkinkan adanya pemrosesan otomatis berdasarkan kondisi yang telah ditentukan (misal, jika terjadi pembayaran, maka akan dilakukan aksi tertentu). Dalam konteks *blockchain*, hal ini bisa dikatakan sebagai suatu “kontrak untuk melakukan sesuatu” yang akan memastikan suatu aksi akan dilakukan saat terjadi peristiwa tertentu. Hal ini dimungkinkan karena adanya *smart contracts* yang diperkenalkan oleh Szabo [25]. *Smart contracts* adalah program yang berjalan di *blockchain* dan secara otomatis mengeksekusi kontrak berdasarkan kondisi yang telah ditentukan. Hal ini memungkinkan otomatisasi proses dan mengurangi adanya perantara dalam sistem. Beberapa contoh *smart contracts* adalah *Soroban* dari *Stellar*¹, *Solidity* pada *Ethereum*², *Move* pada *Sui*³ dan *Aptos*⁴, dan lain-lain.

¹ <https://stellar.org/soroban>

² <https://soliditylang.org/>

³ <https://github.com/move-language/move-sui>

⁴ <https://github.com/move-language/move-on-aptos>

B. Blockchain untuk Pembayaran

Blockchain telah menjadi teknologi yang cukup umum untuk sistem berbasis Internet yang transparan, meminimalisir adanya pihak ketiga, serta menghendaki adanya imutabilitas. Hal ini meliputi berbagai aplikasi, antara lain DeFi (*Decentralized Finance*), NFT (*Non-Fungible Token*), *Supply Chain*, dan lain-lain.

Salah satu kemungkinan penggunaan yang mayor dari teknologi *blockchain* adalah pembayaran karena *blockchain* memungkinkan adanya mata uang yang dikelola oleh sistem Internet - bukan perbankan. Mata uang tersebut (sering dikenal dengan istilah mata uang kripto / *cryptocurrency*). Mata uang ini memungkinkan untuk digunakan dalam transaksi. Beberapa *blockchain* yang digunakan untuk pembayaran ini antara lain adalah *Ripple*⁵ (dengan mata uang kripto XRP) dan *Stellar* (dengan mata uang kripto Lumen / XLM)⁶.

Meskipun mata uang kripto diterima untuk digunakan dalam transaksi, tidak semua transaksi bisa dilakukan karena mata uang kripto ini tidak mempunyai nilai intrinsik seperti halnya mata uang yang dikelola oleh sistem perbankan. Hal ini menyebabkan munculnya *stablecoin* yaitu nilai mata uang kripto yang ditautkan dengan mata uang biasa / *flat*. *Stellar* dikenal sebagai *blockchain* yang memungkinkan ditautkan dengan mata uang biasa dan bisa menggunakan berbagai mata uang yang tertaut tersebut untuk transaksi pembayaran. Contoh dari mata uang kripto yang masuk dalam kategori *stablecoin* antara lain adalah USDC dan EURC yang keduanya didukung oleh *Stellar*.

C. ArchiMate Sebagai Bahasa Pemodelan untuk Arsitektur Peranti Lunak

ArchiMate adalah bahasa pemodelan yang terutama digunakan untuk arsitektur peranti lunak level *enterprise*. *ArchiMate* pertama kali muncul pada tahun 2004 sebagai salah satu standar dari *The Open Group*. Saat ini, *ArchiMate* telah mencapai versi 3.21. *ArchiMate* terutama digunakan untuk menggambarkan, menganalisis, dan memvisualisasikan hubungan antara berbagai elemen dalam arsitektur peranti lunak *enterprise*.

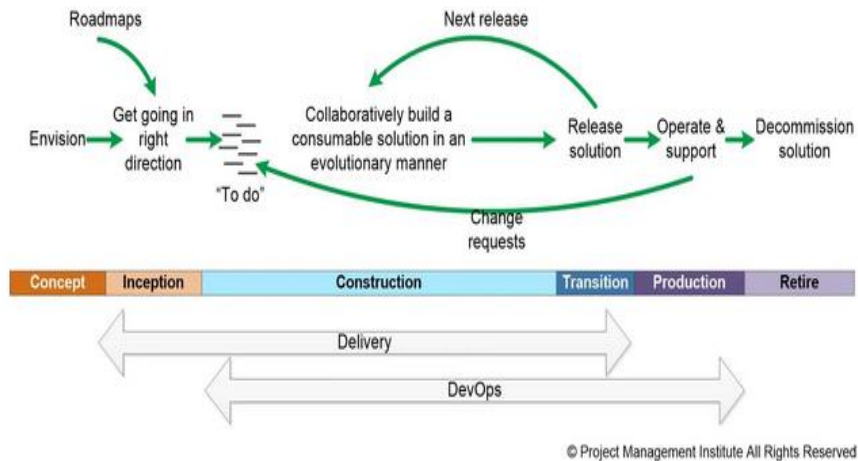
ArchiMate memiliki struktur berlapis yang mencakup tiga level utama: level bisnis, level aplikasi, dan level teknologi. Pada setiap level tersebut, terdapat elemen-elemen yang lebih rinci (aktor, proses, aplikasi, dan infrastruktur). Pemisahan menjadi level dan berbagai elemen ini memudahkan pemahaman dan komunikasi antar para pemangku kepentingan [26]. Berbagai fitur *ArchiMate* antara lain adalah termasuk dukungan untuk analisis dampak dan perubahan serta notasi visual yang konsisten dan bisa menggambarkan berbagai perspektif (misalnya, perspektif bisnis, informasi, dan teknologi). Dalam konteks arsitektur peranti lunak yang biasanya merupakan suatu evolusi, berbagai fitur *ArchiMate* tersebut akan menjadi sangat berguna karena memungkinkan organisasi untuk merencanakan dan mengelola perubahan arsitektur yang kompleks dengan lebih efektif.

D. Metodologi Pengembangan Peranti Lunak

Proses untuk membangun peranti lunak biasanya merupakan proses yang kompleks. Kompleksitas ini kemudian didekati dengan menggunakan suatu metodologi. Secara umum, masalah pembangunan peranti lunak ini bisa didekati dengan proses pemecahan atau penyelesaian masalah melalui tahap-tahap yang telah ditentukan. Metodologi pengembangan peranti lunak menggambarkan proses serta artefak hasil dari proses. Paper ini menggunakan metodologi *Disciplined Agile Delivery* [3] untuk keperluan tersebut. Dengan pendekatan tersebut, langkah-langkah penyelesaian masalah dilakukan dalam 5 tahap seperti terlihat pada Gambar 2.

⁵ <https://www.ripple.com>

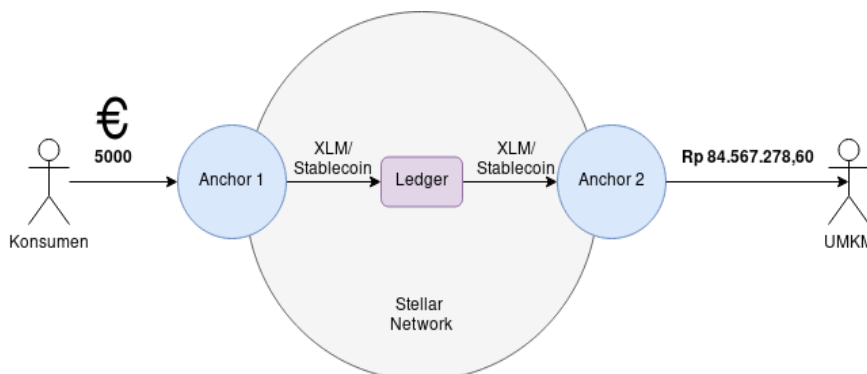
⁶ <https://www.stellar.org>



Gambar 2. Metodologi *Disciplined Agile Delivery* sebagai pendekatan pemecahan masalah.

E. Arsitektur Peranti Lunak Pembayaran Lintas Negara

Secara konseptual, transaksi pembayaran berawal dari adanya pihak yang akan membayar (dalam hal ini adalah konsumen) ke UMKM. Konsumen akan membayar transaksi ke UMKM sejumlah tertentu. Gambar 3 menunjukkan alur transfer tersebut.



Gambar 3. Alur transfer uang pada *blockchain Stellar*.

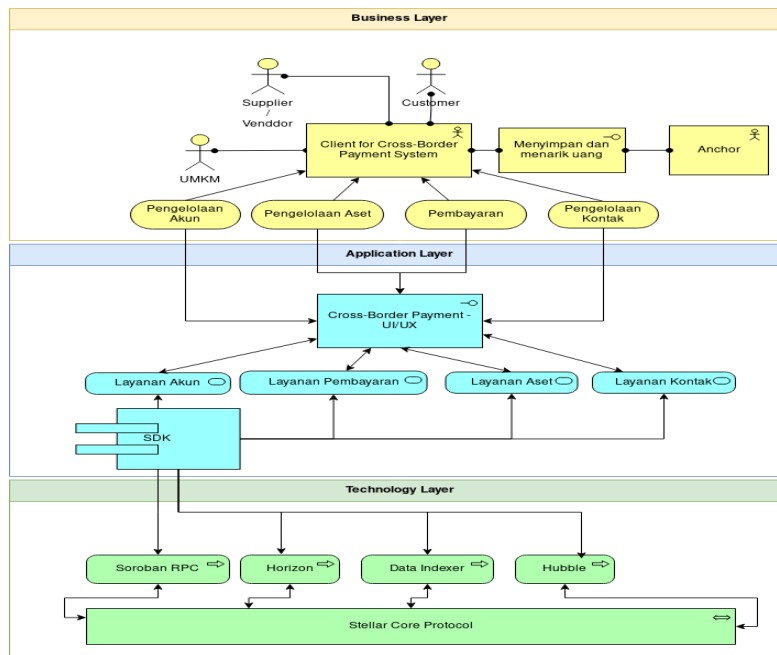
Dalam kasus ini, konsumen tidak perlu melakukan konversi ke valas (Rp) dan tidak perlu berurusan dengan banyak pihak tapi langsung ke *Anchor*. *Anchor* adalah institusi keuangan resmi yang mengimplementasikan *blockchain Stellar* ke dalam sistem pembayaran. *Anchor* ini diperlukan karena transaksi akan menggunakan uang flat dan harus ada pemeriksaan identitas ke pihak-pihak yang terlibat.

Konsumen akan membayar sejumlah kesepakatan dengan UMKM ke *Anchor 1*. *Anchor 1* kemudian memproses ke dalam *blockchain Stellar* dengan mengkonversi menjadi XLM / *Stablecoin*. Setelah itu, *Anchor 2* akan memproses ke UMKM sejumlah XLM / *Stablecoin* yang telah dikirimkan tersebut ke UMKM dalam hitungan detik.

Untuk mengimplementasikan sistem pembayaran lintas negara seperti itu, dibangun sistem dengan menggunakan *blockchain Stellar*. Arsitektur dibangun menggunakan bahasa pemodelan *Archimate*. *Archimate* memungkinkan melihat sistem peranti lunak dari berbagai view / sudut pandang sekaligus keterkaitan dari berbagai view tersebut. Ada 3 view dari peranti lunak:

1. Lapisan bisnis (*business layer*): sistem peranti lunak dari view pemakai (*end users*).
2. Lapisan aplikasi (*application layer*): sistem peranti lunak yang akan dibangun. Lapisan ini mendeskripsikan fitur utama serta komponen dari aplikasi yang dibangun.
3. Lapisan teknologi (*technology layer*): view dari sisi teknologi yang mendasari pembangunan sistem peranti lunak tersebut. Lapisan ini terutama digunakan untuk mendeskripsikan infrastruktur teknologi dari sistem peranti lunak yang dibangun.

Arsitektur peranti lunak yang dibangun digambarkan menggunakan *ArchiMate* dan bisa dilihat pada Gambar 4. Spesifikasi yang digunakan adalah *ArchiMate 3.2*.



Gambar 4. Arsitektur peranti lunak untuk pembayaran lintas negara.

1) Lapisan Bisnis

Lapisan ini menjelaskan berbagai aktor dan apa saja yang dilakukan oleh berbagai aktor tersebut. Sistem ini mengidentifikasi 4 aktor dan 1 aktor aplikasi:

1. UMKM
2. Pemasok / supplier / vendor
3. Konsumen
4. Sistem pembayaran lintas negara (aktor aplikasi).

UMKM, pemasok, dan konsumen akan menggunakan aplikasi ini dan masing-masing mempunyai *public key* sebagai identitas di *blockchain Stellar*. Pengelolaan *public key* ini juga menjadi tanggung jawab dari aktor aplikasi. Aktor aplikasi ini nantinya akan berinteraksi dengan anchor dalam konteks penyimpanan serta pengeluaran uang. Sebagai pemakai sistem, berbagai aktor tersebut mempunyai aksi yang akan diwujudkan dalam sistem peranti lunak yang dibangun yaitu:

1. mengelola akun,
2. mengelola aset,
3. membayar / menerima pembayaran
4. mengelola kontak (identitas *public key* dari *blockchain Stellar*).

Berbagai aksi tersebut akan dipetakan ke dalam fitur-fitur dari peranti lunak yang dibangun.

2) Lapisan Aplikasi

Lapisan aplikasi memetakan aksi dari para aktor di lapisan bisnis ke dalam fitur aplikasi. Pemakai aplikasi akan berhubungan dengan sisi *frontend* dari aplikasi. Sisi *frontend* berfungsi sebagai UI-UX. Aplikasi ini akan mendefinisikan berbagai layanan / services yang dikerjakan oleh sisi backend. Pada sisi ini, komponen utama dari aplikasi dibangun menggunakan SDK (*Software Development Kit*) yang dibangun oleh tim *blockchain Stellar*.

3) Lapisan Teknologi

Lapisan ini mendefinisikan berbagai komponen dari *blockchain Stellar* yang merupakan infrastruktur dari berjalannya peranti lunak yang dibangun. Secara umum, komponen teknologi ini terdiri atas 2 bagian utama: 1) Komponen untuk mengakses komponen inti dan menyediakan antarmuka ke SDK, komponen ini terdiri atas **Soroban** - *smart contracts* dari *blockchain Stellar*; **Horizon** - menyediakan HTTP API terhadap data di *blockchain Stellar*; **Data Indexer** - menyediakan antarmuka untuk *query* berbagai layanan data yang terdapat pada *blockchain Stellar* dan **Hubble** - sekumpulan dataset historis yang menyediakan data historis lengkap dari *blockchain Stellar*. 2) Komponen inti: *core protocol* dari *blockchain Stellar*. Komponen ini diimplementasikan dalam suatu *state machine* yang menyimpan salinan lokal dari "buku besar / *ledger*" yang terhubung menggunakan kriptografi dan

memproses transaksi terhadap data tersebut dalam bentuk *Stellar Consensus Protocol*.

F. Implementasi Peranti Lunak

Peranti lunak yang dibangun mengimplementasikan sisi antarmuka pemakai / *frontend* yang mengakses berbagai layanan yang dibuat pada sisi *backend*. Sisi *frontend* dibangun menggunakan Svelte dengan Tailwin CSS dan daisyUI. Direktori *lib* digunakan untuk menyimpan pustaka *reusable* yang akan digunakan oleh komponen lain dari peranti lunak yang dibangun. Setiap fitur akan diimplementasikan dalam suatu *routes* dan di dalam *routes* tersebut terdapat komponen untuk *frontend* menggunakan Svelte, Tailwind CSS, dan daisyUI maupun komponen *backend*.

Sisi *backend* dibangun menggunakan *Stellar JavaScript SDK*. Sisi ini akan mengakses *Stellar Core Protocol* menggunakan *Horizon API* dan *Soroban API*. Hasil pemrosesan ini nanti akan dikirimkan ke komponen Svelte dan dipresentasikan menggunakan Tailwind CSS dan daisyUI. Algoritma 1 adalah salah satu algoritma serta implementasi dari peranti lunak yang dibangun yaitu proses pembayaran.

Algoritma 1: Pembayaran menggunakan blockchain Stellar
Definisi awal komponen pembayaran Periksa apakah akun / <i>public key</i> yang dituju ada Konfirmasi pembayaran Bayar ke akun / <i>public key</i> yang dituju

G. Pengujian

Untuk melakukan pengujian hasil, domain pengembangan peranti lunak menggunakan *acceptance test*. Pengujian peranti lunak tidak dibahas secara khusus pada DAD tetapi tim pengembang bisa menggunakan berbagai metode maupun teknik yang diintegrasikan ke dalam metodologi DAD. Test-Driven Development (TDD) merupakan salah satu metode yang bisa digunakan dalam integrasi pengujian peranti lunak ke dalam siklus pengembangan [27]. North mengembangkan TDD menjadi Behaviour-Driven Development(BDD). Paper ini menggunakan prinsip *acceptance test* berdasarkan pada metodologi BDD.

Secara umum, BDD melibatkan pembuatan spesifikasi untuk perilaku sistem yang diinginkan terkait berbagai fitur peranti lunak yang dikembangkan. Berikut adalah kerangka umum dari spesifikasi perilaku:

<p>Title Judul dari perilaku fitur sistem.</p> <p>Narrative Uraian pendek tentang fitur sistem tersebut dengan struktur:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. As a: peran yang akan menggunakan fitur; 2. I want: fitur yang diinginkan; 3. so that: manfaat fitur. <p>Acceptance criteria Skenario pengujian dalam bentuk:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Given: konteks awal dari pengujian; 2. When: <i>event</i> yang memicu adanya skenario; 3. Then: hasil yang diharapkan.
--

Berbagai spesifikasi perilaku terkait fitur sistem serta hasil pengujian akan diuraikan. Fitur yang diuji adalah fitur inti terkait dengan pembayaran lintas negara.

<p>Title: Pembuatan akun Stellar (<i>signup</i>)</p> <p>As a calon pengguna sistem, I want mendaftar sebagai pengguna sistem yang terhubung ke blockchain Stellar so that saya bisa melakukan berbagai transaksi pembayaran serta hal-hal lain yang terkait (aset dan kontak).</p> <p>Scenario: mendaftar (<i>signup</i>) ke sistem sekaligus ke blockchain Stellar. Given <i>public key</i> and kode pin,</p>

when klik pada tombol *signup*,
then public key yang menjadi id saya tercatat pada sistem serta blockchain Stellar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan aplikasi berfungsi dengan baik dalam pengelolaan akun dan transaksi di *blockchain Stellar*. Fokus pengujian mencakup proses *signup*, *login*, menampilkan *dashboard*, pengiriman pembayaran, serta pengelolaan aset dan kontak.

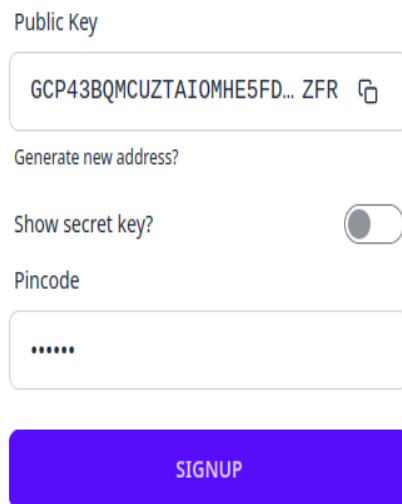
Pengujian dilakukan dengan melibatkan 30 pengguna yang dipilih secara acak dari berbagai segmen yang mewakili potensi pengguna aplikasi ini. Para pengguna dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan kategori UMKM, meliputi sektor ritel, manufaktur, dan layanan. Setiap kelompok terdiri dari 10 peserta, yang mewakili skala usaha kecil, mikro, dan menengah. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi bagaimana setiap segmen pengguna memanfaatkan aplikasi pembayaran lintas negara berbasis blockchain, terutama dalam hal kemudahan penggunaan, keamanan, kecepatan transaksi, dan keandalan sistem.

Pengguna diberikan akses untuk menguji fitur-fitur utama, seperti registrasi akun (*signup*), pengelolaan aset (menambahkan dan menghapus *stablecoin*), pengelolaan kontak, serta proses pembayaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengguna dari sektor ritel lebih sering menggunakan aplikasi untuk transaksi kecil dan cepat, sementara pengguna dari sektor manufaktur lebih tertarik pada fitur *stablecoin* untuk transaksi dengan volume yang lebih besar. Para pengguna dalam segmen layanan memanfaatkan sistem untuk pembayaran lintas negara yang lebih rutin, menggunakan fitur pengelolaan kontak untuk menyimpan data mitra bisnis internasional mereka.

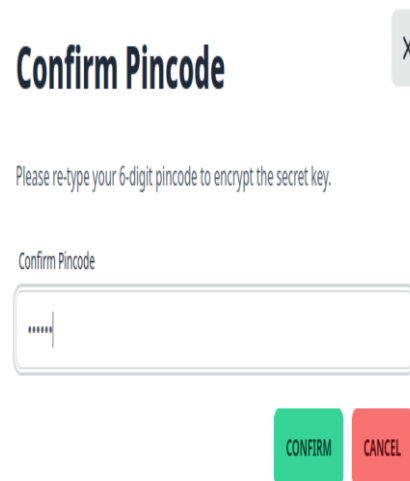
Dengan partisipasi dari berbagai segmen pengguna, hasil pengujian ini memberikan gambaran yang representatif terhadap potensi adopsi dan tantangan yang mungkin dihadapi pengguna dari berbagai sektor saat menggunakan aplikasi ini.

A. Signup

Saat menampilkan halaman *signup*, aplikasi menghasilkan *public key* serta *private key* secara otomatis yang dapat dilihat pada Gambar 5. Pemakai mengisikan sendiri *Pincode* dan kemudian klik pada *Signup*.



Gambar 5. *Public Key* dan *Pincode* pada *Signup*.



Gambar 6. *Konfirmasi Pincode*.

Aplikasi melakukan konfirmasi terlebih dahulu dan kemudian mendaftarkan *public* dan *private key* tersebut ke *blockchain Stellar*. Aplikasi berhasil melakukan pendaftaran dan kemudian menampilkan *dashboard*.

Title: Masuk ke sistem (*login*)
As a pengguna yang telah terdaftar di sistem,
I want masuk ke sistem,

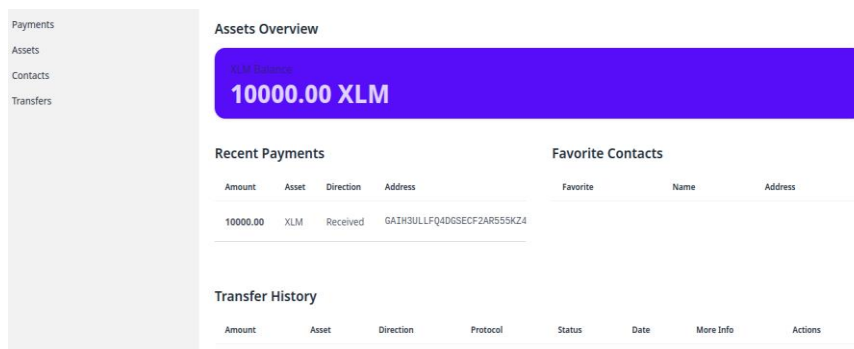
so that saya bisa melakukan berbagai transaksi pada blockchain Stellar.

Scenario 1: login ke sistem.
Given public key
and kode PIN,
when saya klik pada tombol *Login*,
then sistem akan melakukan otentikasi dan jika berhasil akan masuk ke sistem dengan tampilan awal berupa *dashboard*.

Hasil Pengujian, dengan menggunakan *public key* serta *Pincode* yang telah dibuat, aplikasi kemudian diuji untuk melakukan login dan telah berhasil melakukan login dan dapat menuju ke *dashboard*.

B. Dashboard

Aplikasi berhasil digunakan untuk proses login dan hasil login tersebut kemudian akan menuju ke dashboard. Seperti terlihat pada Gambar 7, dashboard akan menampilkan Asset Overview berupa XML Balance yang dimiliki oleh konsumen.



Gambar 7. Alur transfer uang pada blockchain Stellar.

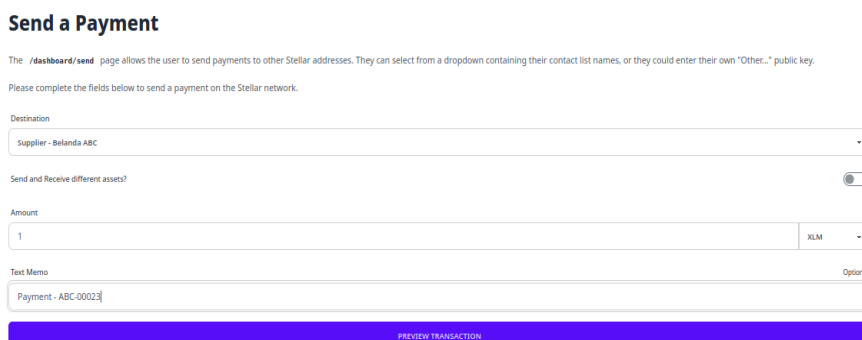
Title: Menampilkan *dashboard*

As a pengguna yang telah terdaftar pada sistem,
I want menampilkan rangkuman akun blockchain Stellar saya,
so that saya bisa melihat rangkuman profil serta transaksi yang telah saya lakukan.

Scenario: Menampilkan *dashboard* dari menu.
Given saya telah login ke sistem
when saya memilih menu *Home* / ikon *home*,
then *dashboard* yang berisi rangkuman profil serta transaksi yang telah saya lakukan menggunakan akun blockchain Stellar saya.

C. Mengirimkan Pembayaran

Terdapat 2 skenario yang ada dalam pembayaran. Skenario pertama adalah mengirimkan mata uang kripto Stellar (Lumen – XLM) seperti terlihat pada Gambar 8 dan hasil dari preview pembayaran menghasilkan data yang sesuai seperti dapat dilihat pada Gambar 9a dan 9b.



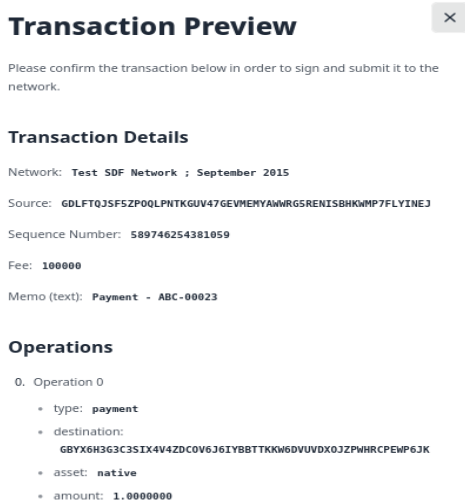
Gambar 8. Pengiriman mata uang kripto Stellar.

Title: Mengelola aset

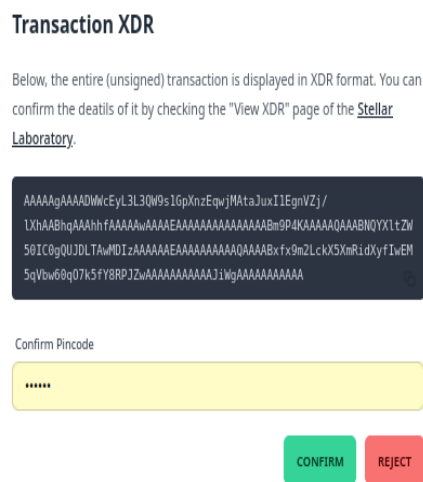
As a pengguna sistem,
I want to mengelola kontak,
so that saya bisa menambahkan dan menghapus aset yang bisa saya gunakan dalam pembayaran (XLM maupun *stablecoin*).

Scenario 1: menambahkan aset.
Given ada banyak aset (kripto maupun *stablecoin*) di blockchain Stellar
when saya memilih salah satu aset tersebut
then aset tersebut tersimpan dan bisa saya gunakan untuk transaksi.

Scenario 2: menghapus aset.
Given daftar aset yang saya miliki
when saya mengklik pada tombol hapus,
then aset tersebut terhapus dan tidak bisa saya gunakan lagi dalam transaksi pembayaran.

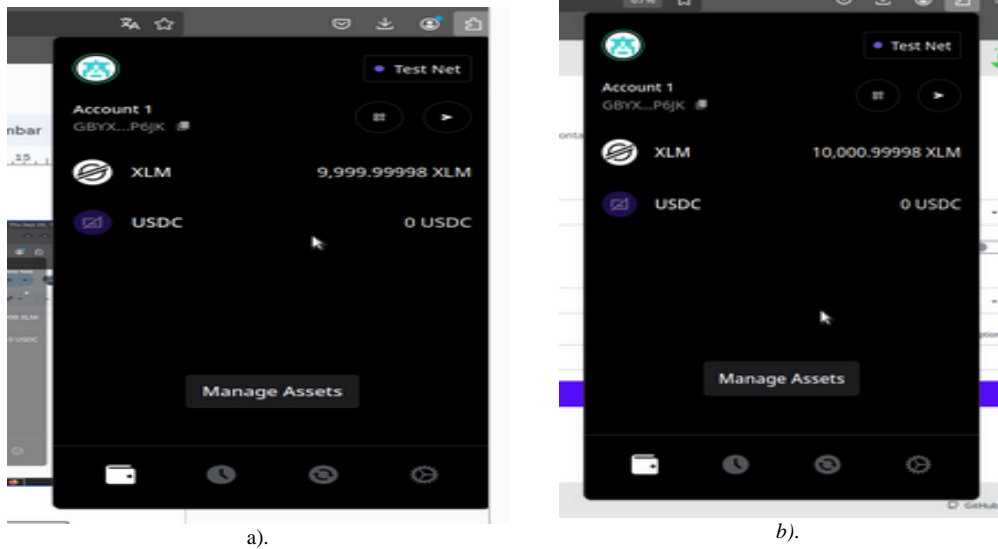


Gambar 9a. *Pereview pebayaran.*



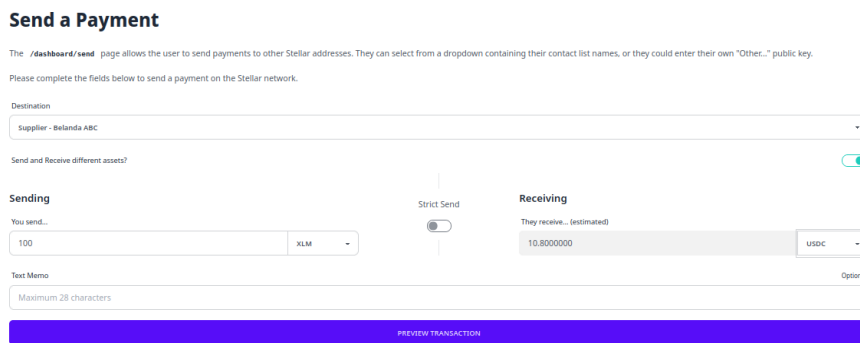
Gambar 9b. *Konfirmasi pembayaran.*

Jika klik pada **CONFIRM** maka mata uang akan terkirim dan akan menambah saldo dari penerima seperti pada wallet Freighter. Jumlah semula 9,999.99998 XLM menjadi 10,000.99998 XLM, Speteri terlihat pada Gambar 10a dan 10b.

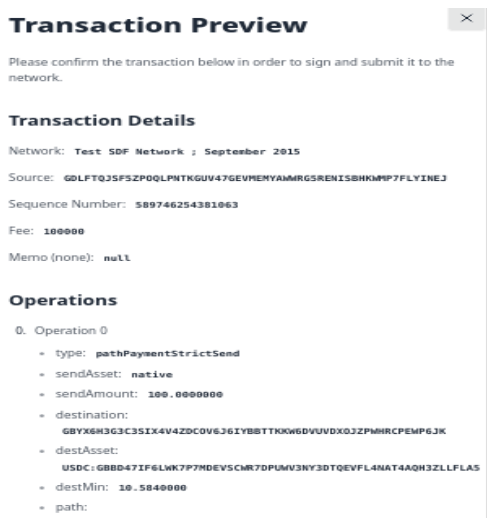


Gambar 10. *Wallet Freghter*

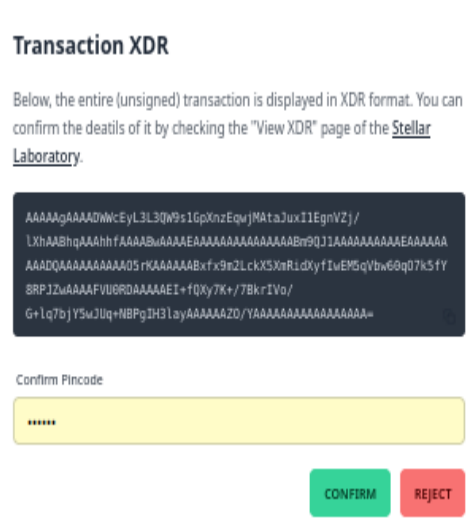
Scenario kedua adalah dengan pembayaran menggunakan *stable coin USDC*, dimana sistem telah berhasil mengumpulkan input dan menampilkan pada dialog konfirmasi (dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12a,b).



Gambar 11. *Pengiriman menggunakan stable coin USDC.*



Gambar 12a. *Pereview pembayaran USDC.*



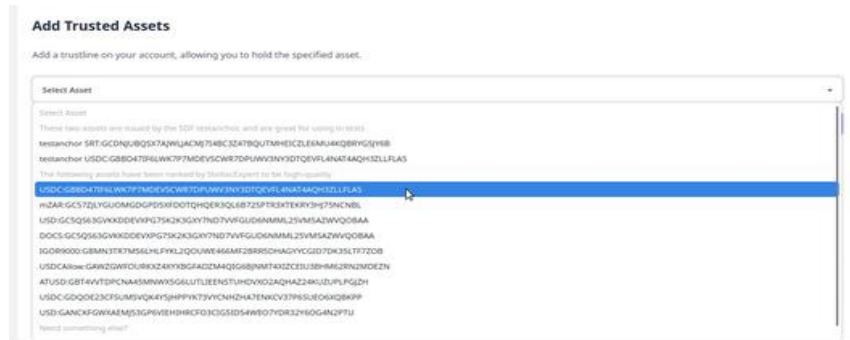
Gambar 12b. *Konfirmasi pembayaran USDC.*

Setelah klik pada **CONFIRM** sistem berhasil mengirimkan ke saldo USDC pada akun public key yang dituju.

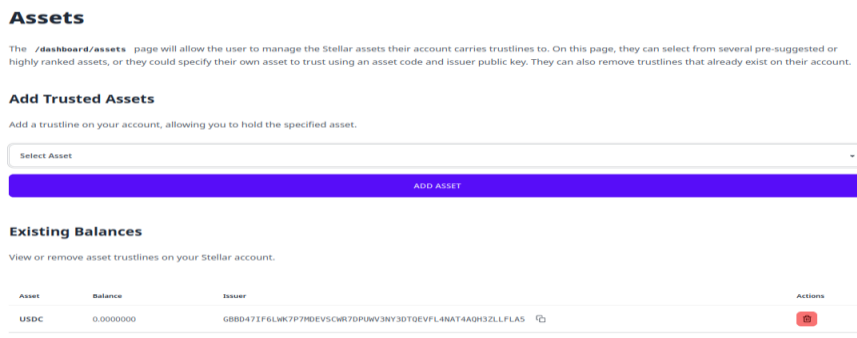
Sistem berhasil menampilkan aset yang tersedia dan bisa ditambahkan untuk transaksi. Dalam konteks ini, sistem berhasil menambahkan stable coin USDC.

D. Mengelola Aset

Pengelolaan aset dalam aplikasi ini menunjukkan kemampuan pengguna untuk dengan mudah menambahkan dan menghapus aset yang tersedia di *blockchain Stellar*. Pengguna dapat memilih aset kripto atau *stablecoin* yang diinginkan, dan sistem berhasil menambahkan aset tersebut sehingga siap digunakan dalam transaksi. Sebaliknya, saat pengguna memutuskan untuk menghapus aset tertentu, sistem juga dengan lancar menghapus aset tersebut dari daftar, sehingga aset tersebut tidak lagi tersedia untuk transaksi. Hasil pengujian ini mengonfirmasi bahwa fitur pengelolaan aset bekerja dengan efektif, memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam mengatur aset mereka sesuai kebutuhan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14 berikut.



Gambar 13. Menambahkan aset.



Gambar 14. Menghapus aset.

Sistem juga berhasil menghapus aset yang bisa dikelola dengan meng-klik pada ikon tempat sampah berwarna merah.

E. Pengelolaan Kontak

Fitur pengelolaan kontak dalam aplikasi memungkinkan pengguna untuk menambahkan dan menghapus kontak dengan mudah. Saat pengguna memasukkan nama dan *public key* dari pengguna lain, kontak tersebut berhasil disimpan dalam daftar, memudahkan pengguna dalam melakukan transaksi di masa mendatang. Sebaliknya, jika pengguna memilih untuk menghapus kontak, sistem berhasil menghapusnya dari daftar, sehingga kontak tersebut tidak lagi tersedia. Pengujian ini menunjukkan bahwa fitur pengelolaan kontak berfungsi dengan baik, mendukung kebutuhan pengguna dalam mengelola interaksi mereka di *blockchain Stellar*.

Title: Mengelola kontak

As a pengguna sistem,
I want to mengelola kontak,
so that saya bisa menambahkan dan menghapus kontak user lain yang sering berhubungan dengan saya dalam konteks pembayaran.

Scenario 1: menambahkan kontak.
Given ada satu pengguna yang mempunyai alamat publik di blockchain Stellar

when saya memasukkan nama alamat publik dari pengguna tersebut,
then nama dan alamat publik pengguna tersebut akan tersimpan dalam kontak.


Scenario 2: menghapus kontak.
Given daftar pengguna yang ada dalam kontak
when saya mengklik pada tombol hapus,
then nama kontak tersebut terhapus.

Pada Gambar 15, terlihat sistem menambahkan kontak dengan nama “Supplier – Belanda ABC” setelah tombol ikon tambah kontak di-klik, maka kontak langsung dapat ditemukan, begitu pula pada Gambar 16, ketika ikon tempat sampah di-klik maka kontak tersebut hilang dari sistem.

Contacts





The `/dashboard/contacts` page will allow the user to collect and manage a list of contact entries that stores the contact's name and Stellar address. The contact can also be flagged/unflagged as a "favorite" contact to be displayed on the main `/dashboard` page.

All contacts

Favorite	Name	Address	Action
<input type="checkbox"/>	Supplier - Belanda ABC	GBYX6H3G3C3SIX4V4ZDCOV6J6IYBTTKKW6DVUVDXO	

Gambar 15. Menambahkan Kontak.

All contacts

Favorite	Name	Address	Action
<input type="checkbox"/>	Supplier - Belanda ABC	GBYX6H3G3C3SIX4V4ZDCOV6J6IYBTTKKW6DVUVDXOJZPWHRCPEWP6JK	
<input type="checkbox"/>	 Supplier - Belanda ABC	GBYX6H3G3C3SIX4V4ZDCOV6J6IYBTTKKW6DVUVDXOJZPWHRCPEWP6JK	
Favorite	Name	Address	Action
<input type="checkbox"/>	Name	Address	

Gambar 16. Menghapus Kontak.

Untuk memahami keunggulan aplikasi ini, kami membandingkan kinerjanya dengan beberapa sistem pembayaran lintas negara yang sudah ada, seperti SWIFT, PayPal, dan MoneyGram.

1. Kecepatan Transaksi:

Aplikasi berbasis blockchain Stellar yang kami kembangkan menunjukkan waktu transaksi rata-rata 3-5 detik, jauh lebih cepat dibandingkan dengan sistem SWIFT, yang membutuhkan waktu 1-3 hari kerja untuk penyelesaian transfer lintas negara. PayPal dan MoneyGram juga memerlukan waktu beberapa jam hingga satu hari penuh, tergantung pada negara tujuan.

2. Biaya Transaksi:

Biaya transaksi menggunakan blockchain Stellar sangat rendah, hanya 0,00001 XLM per transaksi (sekitar \$0.0001), yang jauh lebih murah dibandingkan biaya yang dikenakan oleh PayPal (sekitar 2.9% + \$0.30 per transaksi), serta biaya MoneyGram yang dapat mencapai \$10-\$15 untuk pengiriman uang dalam jumlah besar. SWIFT juga memerlukan biaya yang bervariasi tergantung pada bank dan nilai transaksi, yang biasanya mencapai \$20-\$40 per transaksi.

3. Keamanan:

Dari segi keamanan, aplikasi berbasis blockchain Stellar memanfaatkan teknologi desentralisasi dan kriptografi yang memastikan bahwa data transaksi tidak dapat diubah setelah dicatat di jaringan. Ini

memberikan keamanan lebih tinggi dibandingkan PayPal dan MoneyGram, yang menggunakan sistem terpusat dan lebih rentan terhadap serangan peretas atau kebocoran data. SWIFT juga menggunakan standar keamanan tinggi, tetapi kerentanannya lebih banyak berasal dari pihak bank yang terlibat dalam transfer.

4. **Fitur Lainnya:**

Aplikasi kami juga menyediakan fitur pengelolaan stablecoin, yang memberikan stabilitas nilai lebih baik dibandingkan dengan mata uang kripto murni seperti Bitcoin. Fitur ini tidak tersedia di PayPal atau MoneyGram, yang hanya mendukung mata uang fiat. Sementara SWIFT juga mendukung beberapa mata uang, sistem kami unggul dalam kemudahan konversi dan penggunaan mata uang kripto yang tertaut dengan fiat (seperti USDC di Stellar).

Berdasarkan hasil pengujian, beberapa area diidentifikasi untuk peningkatan lebih lanjut:

1. **Antarmuka Pengguna yang Lebih Intuitif:** Pengguna dari segmen UMKM yang kurang familiar dengan teknologi blockchain mengindikasikan perlunya penyederhanaan antarmuka pengguna. **Rekomendasi:** Mengintegrasikan panduan visual atau asisten virtual yang dapat memandu pengguna melalui proses transaksi.
2. **Opsi Konversi Mata Uang yang Lebih Fleksibel:** Meskipun aplikasi sudah mendukung stablecoin dan mata uang fiat, beberapa pengguna menyarankan penambahan fitur **konversi mata uang otomatis** berdasarkan nilai tukar real-time yang dapat membantu mereka mengelola risiko fluktuasi nilai tukar.
3. **Peningkatan Keamanan Login:** Meskipun keamanan berbasis blockchain sudah tinggi, pengujian menunjukkan bahwa pengguna merasa lebih aman dengan penambahan **otentikasi dua faktor (2FA)** untuk meningkatkan perlindungan akun pengguna terhadap akses tidak sah.
4. **Optimalisasi Kecepatan untuk Transaksi Volume Besar:** Pada transaksi dengan volume besar, beberapa pengguna mengalami sedikit keterlambatan dalam konfirmasi transaksi. **Rekomendasi:** Optimalkan performa untuk transaksi besar dengan penambahan kapasitas pemrosesan transaksi secara paralel.
5. **Laporan Keuangan yang Lebih Komprehensif:** Pengguna dari segmen UMKM skala menengah menunjukkan kebutuhan untuk fitur **laporan keuangan otomatis** yang mencatat transaksi lintas negara secara terperinci, sehingga memudahkan mereka dalam pelaporan pajak dan pengelolaan keuangan internasional.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang membahas penggunaan *blockchain* dalam konteks pembayaran lintas negara. Misalnya, penelitian oleh Xian et al. [19] menunjukkan bahwa *blockchain Stellar* dapat mengurangi waktu transaksi dan biaya secara signifikan dalam transaksi lintas negara. Hasil pengujian kami menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan dengan menggunakan blockchain Stellar juga mampu mempercepat transaksi lintas negara, dengan waktu rata-rata transaksi sebesar 3-5 detik, sementara biaya transaksi sangat rendah (hanya 0,00001 XLM per transaksi). Ini menguatkan temuan Xian et al. bahwa Stellar adalah salah satu solusi yang efektif untuk pembayaran lintas negara.

Selain itu, studi oleh Coutinho et al. [18] mengusulkan framework berbasis blockchain L1X untuk pengiriman uang, tetapi framework ini masih menggunakan cryptocurrency yang volatil, sehingga stabilitas nilai menjadi masalah utama. Sebagai perbandingan, penelitian kami menggunakan stablecoin (seperti USDC), yang memberikan stabilitas nilai lebih baik, sehingga lebih cocok digunakan oleh UMKM yang membutuhkan nilai tukar yang lebih stabil dalam transaksi internasional.

Penelitian ini juga berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh Islam et al. [14] yang menyarankan penggunaan consortium blockchain dengan pihak ketiga untuk menangani transaksi. Dalam penelitian ini, kami menggunakan pendekatan blockchain publik, yang lebih desentralisasi dan menghilangkan kebutuhan akan perantara pihak ketiga. Dengan ini, aplikasi kami berhasil mengurangi ketergantungan pada pihak ketiga, yang dapat meminimalisir biaya transaksi dan meningkatkan kecepatan.

Penelitian ini memberikan kontribusi yang berbeda dengan memperluas penelitian sebelumnya melalui penggunaan stablecoin dan arsitektur desentralisasi yang lebih cocok untuk transaksi lintas negara yang melibatkan UMKM. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa stablecoin dapat digunakan untuk mengurangi risiko volatilitas nilai mata uang kripto, sementara desentralisasi blockchain Stellar memungkinkan pengurangan biaya dan peningkatan efisiensi tanpa perlu intervensi pihak ketiga.

IV. KESIMPULAN

Sistem pembayaran lintas negara merupakan salah satu faktor penentu perkembangan UMKM di Indonesia. Dengan menggunakan sistem tersebut, UMKM bisa memperluas pasar. Tidak hanya pasar dalam negeri, pasar luar negeri yang mensyaratkan adanya pembayaran lintas negara yang mudah, cepat, dan minim perantara akan sangat membantu. Untuk keperluan tersebut, paper ini telah menghasilkan arsitektur peranti lunak sistem pembayaran lintas negara menggunakan ArchiMate dan kemudian mengimplementasikan arsitektur tersebut menggunakan blockchain Stellar. Peranti lunak dibangun menggunakan *Svelte*, *Tailwind CSS*, serta *daisyUI* untuk sisi *frontend* dan *JavaScript Stellar SDK* pada sisi *backend*. *ArchiMate* memungkinkan menyatukan sisi bisnis (pemakai biasa), aplikasi, serta teknologi/infrastruktur. Menggunakan arsitektur dengan bahasa pemodelan *ArchiMate* memungkinkan ketiga lapisan tersebut bisa disatukan sehingga proses pengembangan peranti lunak bisa lebih terarah. Peranti lunak yang dihasilkan diuji menggunakan pendekatan BDD (*Behaviour-Driven Development*). Hasil pengujian menunjukkan peranti lunak yang dihasilkan sesuai dengan aksi yang dilakukan pada lapisan bisnis.

Pengembangan lebih lanjut dari sistem ini dapat dilakukan dengan mengintegrasikan sisi e-commerce secara langsung, sehingga UMKM dapat memanfaatkan pembayaran lintas negara dalam konteks transaksi online yang lebih luas. Selain itu, menambahkan elemen semantik pada aplikasi akan meningkatkan kemudahan interoperabilitas dengan sistem lain, memungkinkan pertukaran data yang lebih lancar dan efisien. Pengembangan lebih lanjut juga dapat mencakup interoperabilitas dengan mata uang kripto lainnya, memungkinkan sistem untuk mendukung berbagai jenis mata uang digital dan memperluas fleksibilitas pengguna dalam melakukan transaksi lintas negara. Pengembangan ini diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi UMKM dan mendukung pertumbuhan ekonomi yang lebih inklusif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan artikel ilmiah ini. Ucapan terima kasih khusus saya sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan melalui kontrak penelitian dengan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (DIKTI) No. 107/E5/PG.02.00.PL/2024 -- 0609.22/LL5-INT/AL.04/2024, yang telah memungkinkan terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASEAN Secretariat. ASEAN Investment Report 2023 - International investment trends: Key issues and policy options. Jakarta. 2023 December.
- [2] *PMK No. 110/PMK.04/2019*. (n.d.). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/128129/pmk-no-110pmk042019>
- [3] Ambler S, Lines M. Introduction to disciplined agile delivery. Project Management Institute. 2020 July.
- [4] Chairman's Statement of the 43rd ASEAN Summit, 2023 September, 34 p.
- [5] O'Mahony D. A brief history of cross-border payments. *Journal of Payments Strategy & Systems*. 2022 Oct 1;16(3):304-17.
- [6] Bech ML, Hancock J. Innovations in payments. *BIS Quarterly Review*, March. 2020 Mar 1.
- [7] Bindseil, Ulrich and Pantelopoulou, George, Towards the Holy Grail of Cross-Border Payments. ECB Working Paper No. 2022/2693 Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4178863> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4178863>, 2022 August 1.
- [8] Shyam Mohan JS, Sreeman VH, Chakradhar VV, Kota HS, Challa NP, Subramanyam MU, Swaroop SS. Overview of Blockchain Technology: Applications and Use Cases. In *International Conference on Communication, Computing and Electronics Systems: Proceedings of ICCCES 2020 2021* (pp. 393-405). Springer Singapore.
- [9] Liao Q, Shao M. Discussion on payment application in cross-border e-commerce platform from the perspective of blockchain. In *E3S Web of Conferences 2021* (Vol. 235, p. 03020). EDP Sciences.
- [10] Deng Q. Application analysis on blockchain technology in cross-border payment. In *5th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2020)* 2020 Mar 11 (pp. 287-295). Atlantis Press.
- [11] Li XH. Blockchain-based cross-border E-business payment model. In *2021 2nd International Conference on E-Commerce and Internet Technology (ECIT) 2021 Mar 5* (pp. 67-73). IEEE.
- [12] Safiullin M, Yelshin L, Sharifullin M. Prospects for using blockchain in the system of international supply chains and cross-border payments. *Revista Gestão & Tecnologia*. 2023;23(4):360-76.

- [13] Naderi N. Utilizing Blockchain Technology in International Remittances for Poverty Reduction and Inclusive Growth. *Poverty Reduction for Inclusive Sustainable Growth in Developing Asia*. 2021:149-63.
- [14] Islam MM, Islam MK, Shahjalal M, Chowdhury MZ, Jang YM. A low-cost cross-border payment system based on auditable cryptocurrency with consortium blockchain: Joint digital currency. *IEEE Transactions on Services Computing*. 2022 Sep 16.
- [15] Auer R, Haene P, Holden H. Multi-CBDC arrangements and the future of cross-border payments. *BIS papers*. 2021.
- [16] Auer R, Boar C, Cornelli G, Frost J, Holden H, Wehrli A. CBDCs beyond borders: results from a survey of central banks. *BIS papers*. 2021.
- [17] Zhang T, Huang Z. Blockchain and central bank digital currency. *ICT Express*. 2022 June 1;8(2):264-70.
- [18] Coutinho K, Khairwal N, Wongthongtham P. Towards a Truly Decentralized Blockchain Framework for Remittance. *Journal of Risk and Financial Management*. 2023 Apr 12;16(4):240.
- [19] Xian Zhuo, Felix Irresberger, Denefa Bostandzic. Blockchain for Cross-border Payments and Financial Inclusion: The Case of Stellar Network. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4550837> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4550837>, 2023 November 25.
- [20] Stol, Klaas-Jan, and Brian Fitzgerald. "Guidelines for conducting software engineering research." *Contemporary Empirical Methods in Software Engineering*. Cham: Springer International Publishing, 2020. 27-62.
- [21] Haber, Stuart, and W. Scott Stornetta. *How to time-stamp a digital document*. Springer Berlin Heidelberg, 1991.
- [22] Nakamoto, Satoshi, and A. Bitcoin. "A peer-to-peer electronic cash system." *Bitcoin*. -URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> 4.2 (2008): 15.
- [23] Tapscott, Don, and Alex Tapscott. "How Blockchain Will Change Organizations." *MIT Sloan Management Review* 58.2 (2017): 10.
- [24] Chaum, David. "Blind signatures for untraceable payments." *Advances in Cryptology: Proceedings of Crypto 82*. Boston, MA: Springer US, 1983.
- [25] Szabo, Nick. "Formalizing and securing relationships on public networks." *First monday* (1997).
- [26] Lankhorst, Marc. *Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis*. Springer, 2017.
- [27] Beck, Kent. *Test-driven development: by example*. Addison-Wesley Professional, 2003.