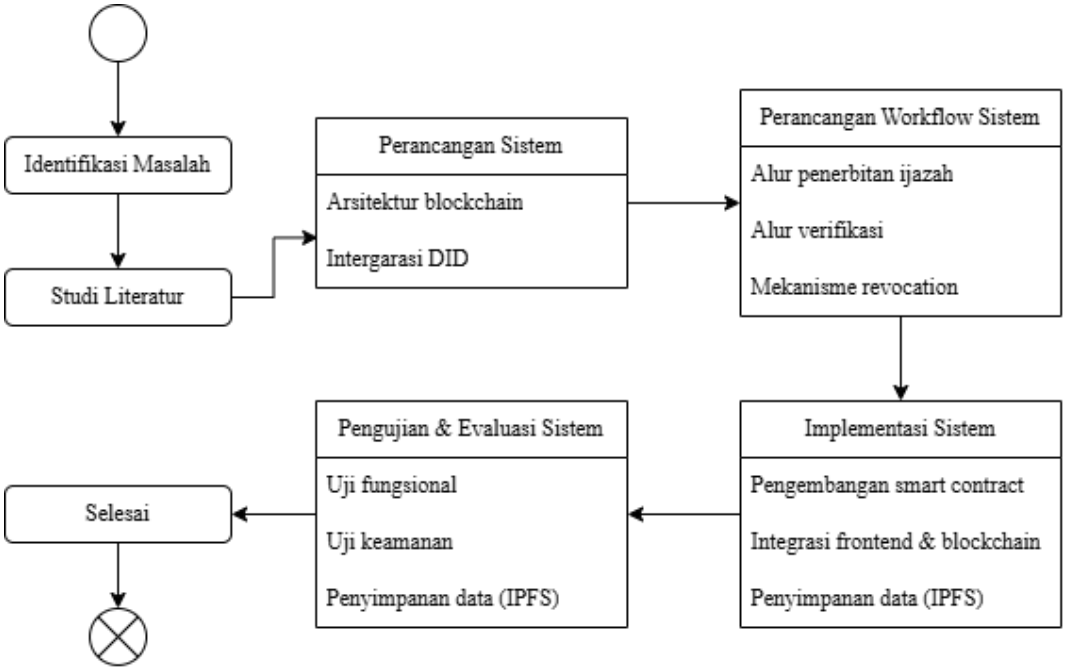
BAB III
METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem verifikasi ijazah digital terdistribusi berbasis *Blockchain* yang mengintegrasikan *smart contract* dan pendekatan *Decentralized Identifier* (DID) untuk menjamin integritas dokumen, keabsahan identitas penerbit, serta transparansi status kredensial. Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu: analisis permasalahan, perancangan arsitektur sistem, implementasi, dan pengujian. Gambar 3.1 menunjukkan alur pelaksanaan penelitian.



Gambar III.1 Diagram Alur Penelitian

3.1 Identifikasi dan Analisis Permasalahan

Tahap ini mencakup analisis menyeluruh terhadap berbagai permasalahan yang dihadapi oleh sistem verifikasi digital yang masih bersifat terpusat serta proses verifikasi ijazah konvensional. Permasalahan utama yang diidentifikasi meliputi

tingginya risiko pemalsuan ijazah, potensi manipulasi data akademik, serta keterbatasan transparansi yang menyulitkan pihak ketiga dalam melakukan verifikasi secara mandiri dan *real-time*. Sistem verifikasi konvensional juga belum menyediakan mekanisme untuk memverifikasi identitas penerbit secara kriptografis lintas institusi, serta tidak mendukung pembaruan status ijazah secara dinamis ketika terjadi pencabutan atau pembatalan. Kondisi tersebut menyebabkan pihak pemeriksa tidak selalu memperoleh kepastian mengenai keabsahan dan status terkini kredensial akademik.

Evaluasi juga dilakukan terhadap efisiensi infrastruktur teknologi yang tersedia, mengingat penerapan teknologi *Blockchain* dapat menimbulkan kendala pada kinerja dan skalabilitas sistem. Hasil analisis pada tahap ini menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan sistem verifikasi ijazah terdistribusi yang aman, transparan, dan andal.

3.2 Studi Literatur dan Perumusan Kebutuhan Sistem

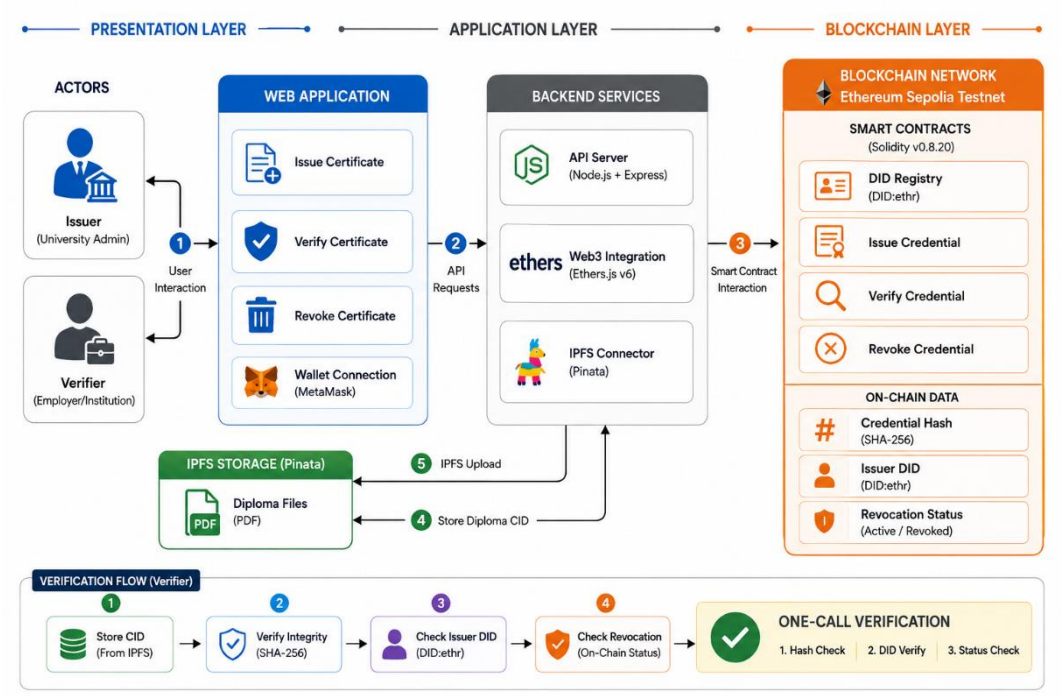
Tahap studi literatur dan perumusan kebutuhan sistem dilakukan sebagai dasar ilmiah dalam perancangan sistem verifikasi ijazah terdistribusi yang diusulkan. Studi literatur dilaksanakan pada tahap perumusan kebutuhan sistem dan digunakan sebagai landasan dalam menentukan metode, teknologi, serta mekanisme yang akan diterapkan pada pengembangan sistem. Literatur yang dikaji diperoleh dari berbagai sumber ilmiah yang terindeks dan relevan secara akademik, antara lain *Google Scholar*, *MDPI*, *Springer*, *ScienceDirect*, dan *ResearchGate*.

Fokus kajian literatur mencakup penelitian-penelitian terdahulu yang membahas verifikasi kredensial akademik digital, pemanfaatan teknologi *Blockchain*, penerapan *smart contract*, mekanisme konsensus *Blockchain*, serta

pendekatan identitas terdesentralisasi melalui *Decentralized Identifier* (DID). Kajian ini mengevaluasi metode dan teknologi yang relevan untuk penelitian ini, sekaligus mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan pendekatan yang telah dikembangkan dalam penelitian sebelumnya.

3.3 Perancangan Arsitektur Sistem *Blockchain* & DID

Perancangan arsitektur sistem dilakukan untuk mendefinisikan struktur serta keterkaitan antar komponen utama dalam sistem verifikasi ijazah terdistribusi yang diusulkan. Arsitektur ini dirancang untuk mengintegrasikan teknologi *Blockchain*, *smart contract*, dan *Decentralized Identifier* (DID) ke dalam satu kesatuan sistem yang mendukung proses penerbitan, verifikasi, dan pencabutan ijazah secara aman dan efisien. Perancangan arsitektur juga mempertimbangkan pemisahan antara penyimpanan data *on-chain* dan *off-chain* guna menjaga efisiensi penyimpanan tanpa mengurangi integritas dan keterlacakan data. Gambaran umum arsitektur sistem verifikasi ijazah berbasis *Blockchain* dan DID yang diusulkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



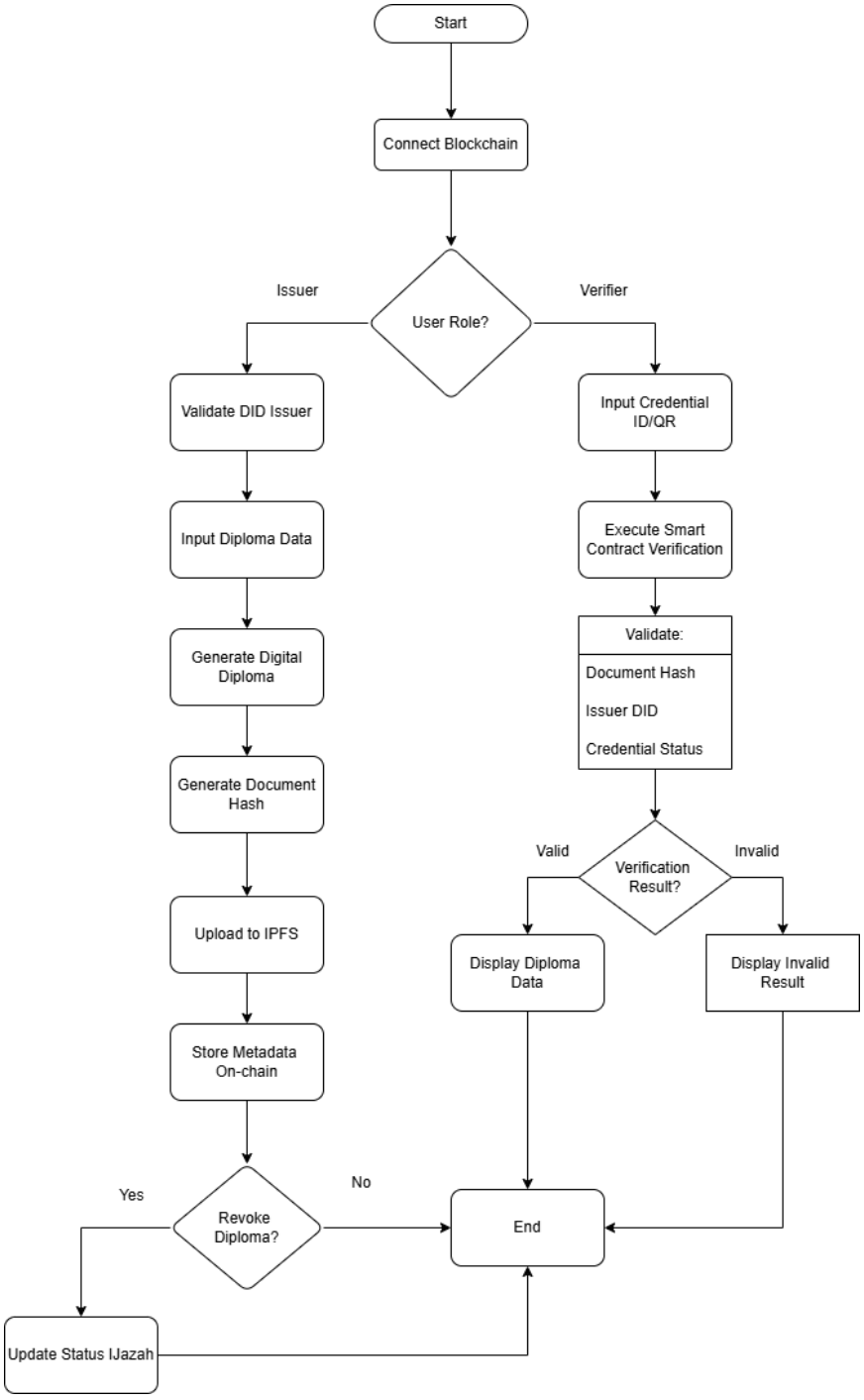
Gambar III.2 Arsitektur Sistem *Blockchain*

Arsitektur sistem verifikasi ijazah berbasis *Blockchain* yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 3.2, yang terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu aplikasi web sebagai antarmuka pengguna, layanan *backend*. sebagai penghubung antar komponen sistem, jaringan *Blockchain* sebagai *ledger* terdistribusi, *smart contract* sebagai pengelola logika bisnis, penyimpanan *off-chain* menggunakan *InterPlanetary File System* (IPFS), serta mekanisme identitas terdesentralisasi melalui *Decentralized Identifier* (DID). Institusi pendidikan berperan sebagai *issuer* yang memiliki DID terverifikasi dan berwenang untuk menerbitkan serta mencabut ijazah digital. Dokumen ijazah disimpan secara *off-chain* pada IPFS, sementara metadata ijazah yang mencakup *hash* dokumen, CID IPFS, identitas penerbit berbasis DID, dan status kredensial dicatat secara *on-chain* melalui *smart contract*.

Pihak verifier melakukan proses verifikasi melalui aplikasi web dengan memanfaatkan mekanisme *one-call verification*, di mana *smart contract* secara otomatis memeriksa integritas dokumen, keabsahan identitas penerbit, dan status kredensial dalam satu kali pemanggilan fungsi. Dengan arsitektur ini, sistem mampu menyediakan proses verifikasi ijazah yang transparan, terdesentralisasi, dan dapat diaudit oleh pihak ketiga tanpa bergantung pada verifikasi manual dari institusi penerbit.

3.4 *System Workflow* Verifikasi Ijazah

Tahap *system workflow* disusun untuk menjelaskan alur kerja sistem verifikasi ijazah terdistribusi yang diusulkan dalam penelitian ini. Alur kerja tersebut menggambarkan tahapan proses yang dilalui dalam sistem, mulai dari penerbitan ijazah digital oleh institusi pendidikan hingga proses verifikasi dan pencabutan kredensial. *System workflow* juga merepresentasikan interaksi antara aktor utama, yaitu institusi penerbit (*issuer*) dan pihak pemeriksa (*verifier*), dengan komponen sistem berbasis *Blockchain*, *smart contract*, dan *Decentralized Identifier* (DID). Diagram *system workflow* sistem verifikasi ijazah ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar III.3 *System Workflow*

Gambar 3.3 menggambarkan alur sistem verifikasi ijazah digital berbasis teknologi *Blockchain*. Proses dimulai dengan menghubungkan sistem ke jaringan *Blockchain* untuk memastikan seluruh aktivitas penerbitan dan verifikasi ijazah

dapat dilakukan secara terdistribusi dan aman. Sistem kemudian menentukan peran pengguna sebagai *issuer*, yaitu institusi penerbit ijazah, atau *verifier*, yaitu pihak ketiga yang melakukan proses verifikasi.

Pengguna yang berperan sebagai *issuer* menjalani tahapan pendaftaran dan validasi identitas penerbit menggunakan *Decentralized Identifier* (DID), pembuatan ijazah digital, proses *hashing* dokumen untuk menjaga integritas data, serta penyimpanan dokumen ijazah pada *InterPlanetary File System* (IPFS). Metadata ijazah yang meliputi *hash* dokumen, *Content Identifier* (CID) IPFS, identitas penerbit berbasis DID, dan status kredensial dicatat ke dalam *Blockchain* melalui *smart contract*. Sistem menyediakan mekanisme pencabutan (*revocation*) ijazah yang memungkinkan *issuer* memperbarui status ijazah apabila diperlukan. Proses penerbitan dinyatakan selesai setelah metadata ijazah berhasil dicatat atau setelah pembaruan status ijazah dilakukan.

Pengguna yang berperan sebagai *verifier* memulai proses dengan memasukkan data ijazah atau *credential ID* yang akan diverifikasi. Sistem kemudian mengajukan permintaan verifikasi dengan memanggil fungsi *one-call verification* pada *smart contract*. *Smart contract* secara otomatis memeriksa integritas dokumen, keabsahan identitas penerbit berdasarkan *Decentralized Identifier* (DID), serta status kredensial, apakah masih valid atau telah dicabut. Hasil pemeriksaan tersebut selanjutnya ditampilkan oleh sistem kepada pengguna. Proses verifikasi dinyatakan selesai setelah hasil verifikasi ditampilkan kepada *verifier*.

Flowchart ini menggambarkan sistem verifikasi ijazah digital yang terstruktur dan transparan, di mana seluruh proses penerbitan, verifikasi, dan pencabutan ijazah

dikendalikan oleh *smart contract* serta dicatat secara permanen pada *Blockchain* guna menjamin keamanan dan keandalan sistem.

3.5 Implementasi *Smart Contract dan Sistem Verifikasi*

Tahap implementasi dilakukan untuk menerapkan secara teknis rancangan sistem verifikasi ijazah digital yang telah disusun. Sistem dibangun pada jaringan *Blockchain* yang mendukung eksekusi *smart contract* serta pengujian dalam lingkungan terkontrol, sehingga memungkinkan simulasi proses penerbitan dan verifikasi ijazah secara terdistribusi. *Smart contract* dikembangkan menggunakan Remix IDE dengan bahasa pemrograman Solidity. Koneksi antara antarmuka pengguna dan jaringan *Blockchain* dilakukan melalui *wallet* MetaMask sebagai *node provider*. Implementasi sistem juga mencakup penyimpanan dokumen ijazah pada *InterPlanetary File System* (IPFS), sementara status kredensial dan metadata ijazah dicatat secara *on-chain* pada *Blockchain*.

Arsitektur sistem dirancang menggunakan pendekatan *full-stack*, dengan sisi *backend* dibangun menggunakan *Node*.js untuk mengelola logika aplikasi dan berkomunikasi dengan *smart contract*. Integrasi aplikasi dengan jaringan *Blockchain* dilakukan menggunakan pustaka Web3.js atau Ethers.js yang mendukung pemanggilan fungsi *smart contract*, mencakup proses penerbitan ijazah, verifikasi terpadu melalui mekanisme *one-call verification*, serta mekanisme pencabutan (*revocation*). Pendekatan identitas terdesentralisasi melalui *Decentralized Identifier* (DID) diterapkan untuk memverifikasi identitas penerbit ijazah, sehingga integritas dokumen dan keabsahan penerbit dapat dijamin secara kriptografis. Penerapan arsitektur ini memungkinkan sistem verifikasi ijazah

beroperasi secara efektif, aman, dan transparan dalam lingkungan pengujian yang terkontrol.

3.6 Pengujian & Evaluasi Sistem

Pengujian dan evaluasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem verifikasi ijazah digital berbasis *Blockchain* yang dikembangkan dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian. Seluruh pengujian dilaksanakan dalam lingkungan simulasi menggunakan jaringan *Blockchain* pengujian, sehingga setiap fungsi sistem dapat dievaluasi tanpa memengaruhi data pada jaringan produksi. Fokus utama pengujian meliputi keandalan proses penerbitan, verifikasi, dan pencabutan ijazah, serta evaluasi efisiensi dan keamanan sistem dalam mendukung proses verifikasi kredensial akademik.

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur utama sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Tahapan pengujian mencakup proses penerbitan ijazah oleh *issuer*, proses verifikasi ijazah oleh *verifier*, serta mekanisme pencabutan (*revocation*) ijazah melalui *smart contract*. Pengujian ini memastikan bahwa metadata ijazah dapat dicatat secara *on-chain*, dokumen ijazah dapat diverifikasi melalui nilai *hash*, identitas penerbit dapat divalidasi menggunakan pendekatan *Decentralized Identifier* (DID), serta mekanisme verifikasi satu pemanggilan (*one-call verification*) mampu memeriksa status kredensial secara akurat. Kesesuaian antara keluaran sistem dan spesifikasi yang telah dirancang menjadi indikator keberhasilan pengujian fungsional.

Pengujian kinerja difokuskan pada pengukuran waktu respons (*latency*) proses verifikasi ijazah sebagai indikator utama efisiensi sistem. Nilai *latency* diukur sejak permintaan verifikasi diajukan hingga hasil verifikasi ditampilkan kepada

pengguna. Evaluasi biaya operasional dilakukan melalui pengukuran *gas fee* yang dibutuhkan dalam pemanggilan fungsi *smart contract*. Pengukuran *throughput* dilakukan secara terbatas untuk memastikan bahwa sistem mampu menangani beberapa permintaan verifikasi secara bersamaan tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan.

Pengujian keamanan dilakukan untuk menilai ketahanan sistem terhadap potensi pemalsuan dan penyalahgunaan ijazah digital. Skenario pengujian mencakup simulasi perubahan dokumen ijazah, penggunaan identitas penerbit yang tidak sah, serta upaya verifikasi ijazah yang telah dicabut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa mekanisme *hashing*, pencatatan *on-chain*, dan validasi identitas penerbit berbasis *Decentralized Identifier* (DID) mampu mencegah verifikasi kredensial yang tidak sah. Pengujian keamanan juga memastikan terjaganya sifat *immutability* data pada *Blockchain*.

Hasil seluruh pengujian dianalisis pada tahap evaluasi sistem untuk mengidentifikasi tingkat keberhasilan implementasi serta potensi kendala yang masih terdapat dalam sistem, seperti peningkatan *latency* pada kondisi tertentu atau biaya transaksi yang relatif tinggi. Tahap evaluasi ini diikuti dengan penyempurnaan teknis, khususnya melalui optimasi *smart contract*, guna meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem. Tahap pengujian dan evaluasi secara keseluruhan memastikan bahwa sistem verifikasi ijazah digital yang dikembangkan telah memenuhi aspek keamanan, transparansi, dan efisiensi sesuai dengan tujuan penelitian.