

Pengembangan Sistem Pencatatan Ijazah Menggunakan Teknologi Blockchain

Muhammad Zunan Alfikri

*School of Electrical Engineering and Informatics
Bandung Institute of Technology
Bandung, Indonesia
zunanalfikri@gmail.com*

Rinaldi Munir

*School of Electrical Engineering and Informatics
Bandung Institute of Technology
Bandung, Indonesia
rinaldi@informatika.org*

Abstrak— Sistem kepemilikan ijazah yang digunakan di Indonesia saat ini masih berupa sistem manual yang berbentuk kertas. Sistem tersebut memiliki beberapa masalah seperti pemalsuan ijazah, ijazah hilang, ijazah rusak, ijazah masih ditulis secara manual, transparansi data, verifikasi ijazah dan beberapa kasus ijazah sebagai jaminan untuk meminjam uang. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibangun sistem pencatatan ijazah menggunakan teknologi blockchain. Pengembangan sistem yang baru bertujuan untuk mengurangi permasalahan yang muncul pada sistem manual sebelumnya. Penggunaan teknologi blockchain ditujukan untuk menjaga integritas data. Sistem yang dibangun memanfaatkan salah satu sifat utama dari teknologi blockchain yaitu anti-tamper yang menjaga integritas data dari pihak yang mencoba merusaknya. Sistem yang dibangun bersifat desentralisasi dengan melibatkan beberapa *peer* yang menjalankan jaringan blockchain. Teknologi yang digunakan untuk membangun jaringan blockchain adalah Hyperledger Fabric. Hyperledger Fabric digunakan karena bersifat *permissionless* dan memiliki smart contract yang mudah dikembangkan. Sistem terdiri dari komponen *frontend* sebagai antar muka, komponen *backend* sebagai penghubung *frontend* dengan jaringan blockchain, dan jaringan blockchain itu sendiri. Sistem yang dikembangkan memfasilitasi proses dasar berupa pembuatan ijazah melalui kebutuhan fungsionalnya. Sistem dapat memverifikasi ijazah menggunakan dua metode, yaitu nomor ijazah dan file PDF. Sistem yang dibangun telah diuji dengan berbagai kasus uji untuk memastikan kebutuhan fungsional dan non fungsional terpenuhi. Dari implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, didapati bahwa sistem sudah berhasil diuji fungsionalitas dan non fungsionalitasnya.

Kata kunci—*blockchain; sistem terdesentralisasi; integritas; transparansi;*

I. PENDAHULUAN

Ijazah merupakan surat tanda tamat belajar sehingga ijazah dapat diperoleh seseorang jika telah menyelesaikan proses pembelajaran pada jenjang pendidikan tertentu. Pada kehidupan sehari-hari ijazah digunakan untuk berbagai hal, diantaranya yaitu melamar pekerjaan, syarat untuk melanjutkan ke pendidikan yang selanjutnya, dan bukti intelektualitas seseorang. Karena beberapa hal tersebut, ijazah menjadi sangat penting keberadaannya.

Saat ini, ijazah di Indonesia berupa dokumen fisik dalam bentuk kertas. Seiring berjalannya waktu ijazah yang berbentuk

kertas rawan rusak dan hilang jika pemilik ijazah tidak hati-hati dalam menyimpannya. Jika ijazah hilang, pemilik harus mengurus ijazah yang hilang dan meminta institusi terkait untuk menerbitkannya kembali. Proses penerbitan ijazah bukan hal yang mudah, pemilik harus mengurus laporan kehilangan ke kepolisian sektor setempat dan mengantarkan surat tersebut ke institusi terkait untuk meminta penerbitan ijazah baru.

Penerbitan ijazah di Indonesia terbagi sesuai lembaga yang menaunginya. Untuk jenjang SD/SMP/SMA, penerbitan ijazah diatur oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, jenjang pendidikan tinggi diatur oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, dan jenjang MI/MTS/MA dan perguruan tinggi keagamaan diatur oleh Kementerian Agama. Penulisan ijazah pada jenjang SD/SMP/SMA masih dilakukan dengan tulis tangan secara manual. Hal tersebut tidak efektif mengingat jumlah peserta didik yang banyak. Selain itu, jika terdapat kesalahan penulisan, sekolah harus meminta blangko ijazah baru ke institusi terkait.

Perguruan tinggi telah memiliki sistem penomoran ijazah yang dapat digunakan untuk memverifikasi keaslian ijazah. Sistem tersebut bernama Penomoran Ijazah Nasional yang diatur dalam Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 59 Tahun 2018. Namun, pada jenjang SD/SMP/SMA, belum ada sistem yang dapat memverifikasi apakah suatu ijazah itu asli.

Ijazah yang berbentuk kertas dan belum ada sistem untuk memverifikasi ijazah membuat kasus pemalsuan ijazah sering terjadi. Banyak pejabat maupun masyarakat yang terjerat kasus terkait pemalsuan ijazah. Dikutip dari merdeka.com, bakal calon Bupati Kediri Supadi jadi tersangka kasus pemalsuan ijazah. Akibat perbuatannya tersebut, Supadi gagal menjadi calon Bupati Kediri. Pemalsuan ijazah diatur dalam Pasal 263 Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP) yang tergolong dalam pemalsuan surat.

Institut Teknologi Bandung (ITB) saat ini telah melakukan digitalisasi dengan menerbitkan ijazah digital (Adi Permana, 2020). Ijazah tersebut diterapkan pada lulusan ITB yang diwisuda pada Wisuda Kedua Tahun Akademik 2019/2020. ITB menggunakan Standar PADES (*PDF Advance Electronic Signature*) pada penerapan Ijazah dan Transkrip Digital, dimana ijazah digital diamankan secara kriptografi dengan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Penyelenggara Sertifikat

Elektronik yang sudah tersertifikasi oleh Kementerian KOMINFO menurut SK Nomor 790 tahun 2019. Ijazah tersebut dapat diverifikasi dengan menggunakan aplikasi pembacaan PDF pada bagian *digital signature*. Meski dengan ijazah digital, masih terdapat risiko bahwa file ijazah tersebut hilang karena disimpan oleh masing-masing mahasiswa.

Beberapa universitas di dunia telah menerapkan ijazah digital berbasis blockchain yaitu EduCTX. EduCTX adalah platform pencatatan transkrip nilai perguruan tinggi berbasis teknologi blockchain yang dikembangkan oleh University of Maribor (Turkanovic dkk, 2018)[1]. EduCTX mengikuti aturan *European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)* dalam implementasinya. Sistem tersebut berhasil di implementasikan di University of Maribor, Brno University of Technology, Bielefeld University of Applied Sciences, dan University of Sarajevo.

Untuk mengatasi permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya, diperlukan suatu sistem pencatatan ijazah secara digital menggunakan teknologi blockchain yang mampu menjamin integritas dari sistem pencatatan ijazah tersebut. Blockchain adalah *ledger* terdistribusi atau teknologi pencatatan yang menggunakan arsitektur *peer-to-peer*. Pada blockchain hanya dapat dilakukan dengan penambahan data dan tidak ada penghapusan data. Data pada blockchain hanya dapat ditambahkan dengan mekanisme konsensus. Dengan mekanisme ini, blockchain dianggap sangat sulit untuk diubah (Bashir, 2017)[2]. Hal tersebut dinilai sesuai dan penting dalam suatu sistem pencatatan ijazah sehingga dapat menjamin integritas data serta menghindari pemalsuan ijazah. Selain itu, ijazah yang bersifat digital dapat mengatasi permasalahan ijazah yang rusak dan tidak diperlukan lagi birokrasi untuk melakukan pengurusan terhadap ijazah yang rusak atau hilang. Ijazah digital juga mempercepat proses penulisan ijazah dibandingkan dengan sistem manual. Sistem yang dibuat juga memudahkan untuk verifikasi ijazah oleh pihak ketiga serta peserta didik dapat melihat semua ijazah yang telah dimilikinya pada satu tempat. Sistem ini akan menggantikan ijazah yang berbentuk fisik dan nantinya semua ijazah akan dimasukkan pada sistem ini. Dengan menggunakan sistem baru ini, diharapkan permasalahan yang muncul dapat dikurangi atau bahkan dihindari seluruhnya.

II. PENELITIAN DAN SISTEM TERKAIT

Pengembangan aplikasi pencatatan ijazah maupun sertifikat pada umumnya telah dilakukan oleh beberapa pihak. Dua diantaranya yaitu EduCTX dan Blockcerts. Namun, kedua sistem tersebut belum cukup untuk menyesuaikan kondisi yang ada di Indonesia. Berikut ini penjelasan lebih detail terkait blockcerts dan EduCTX.

A. Blockcerts

Blockcerts adalah proyek open source yang di kembangkan oleh MIT Media Lab dan Learning Machine. Namun, saat ini MIT Media Lab tidak terlibat aktif dalam pengembangan project tersebut. Blockcerts merupakan *open standard* untuk membuat, menerbitkan, melihat, dan memverifikasi sertifikat berbasis blockchain. Beberapa dokumen seperti ijazah akademik, sertifikat profesional, dan pencatatan kependudukan dapat dibuat menggunakan blockcerts. Blockcerts saat ini

menggunakan Bitcoin untuk teknologi blockchain yang digunakan. Bitcoin sendiri merupakan blockchain yang bersifat *permissionless* sehingga semua orang dapat berpartisipasi dalam jaringan tersebut[3].

Terdapat tiga entitas utama dalam cara kerja blockcerts yaitu *issuer* (pihak yang menerbitkan sertifikat), *recipient* (pihak yang menerima sertifikat), dan *verifier* (pihak yang ingin memverifikasi sertifikat). Berikut ini cara kerja dari blockcert.

1. *Issuer* mengundang *recipient* untuk menerima blockchain *credential*. Blockchain *credential* merupakan representasi dari dokumen yang ingin diberikan.
2. *Recipient* menerima undangan dan mengirim kembali ke *issuer* alamat blockchain *recipient* (*recipient* telah mendaftar ke sistem).
3. *Issuer* melakukan *hash* terhadap *credential* dan memasukkan *hash* tersebut ke jaringan blockchain.
4. *Issuer* mengirim *recipient* sebuah blockchain *credential*.
5. *Recipient* mengirim *credential* ke *verifier*.
6. *Verifier* cek *credential* tersebut melalui website blockcert untuk memverifikasi sertifikat.

Blockcert masih menggunakan *permissionless* blockchain yang mana *permissionless* blockchain tidak cocok untuk diterapkan pada kasus ini. Selain itu, pada blockcerts tidak terdapat fungsionalitas untuk mengunduh ijazah digital ke dalam pdf dimana di Indonesia bentuk asli ijazah masih diperlukan.

B. EduCTX

EduCTX adalah platform pencatatan transkrip nilai perguruan tinggi berbasis teknologi blockchain. EduCTX mengikuti aturan *European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)* dalam implementasinya. Platform ini dikembangkan oleh University of Maribor dan saat ini bersifat *open source*. Teknologi blockchain yang digunakan yaitu ARK blockchain yang termasuk *permissionless* blockchain. Blockchain tersebut menggunakan model konsensus *Proof Of Work*[1].

Jaringan blockchain EduCTX terdiri dari komputer-komputer yang terletak pada masing-masing perguruan tinggi. Ilustrasi jaringan blockchain EduCTX dapat dilihat pada Gambar II.11. Platform EduCTX mengelola, memproses, dan mengontrol token ECTX yang merupakan representasi transkrip nilai siswa. Token ECTX tersebut akan disebar ke seluruh jaringan blockchain EduCTX. Setiap siswa yang telah menyelesaikan kelas, siswa akan mendapatkan token ECTX yang akan di kirim oleh universitas terkait ke alamat blockchain siswa. Informasi pengiriman tersebut akan disimpan di jaringan blockchain dan informasi pengiriman tersebut terdiri atas : (1) informasi pengirim (pendidikan tinggi) dengan nama resmi, (2) informasi penerima (siswa) yang disimpan secara anonim, (3) token ECTX, dan (4) identifikasi kelas.

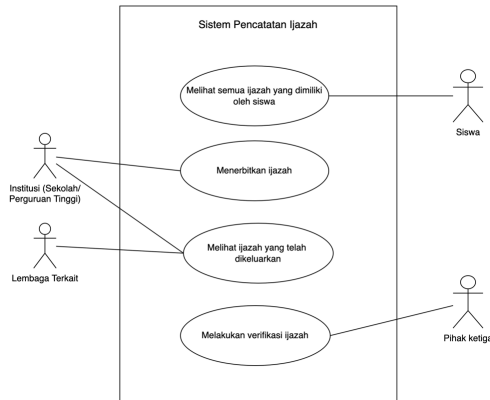
EduCTX memiliki empat fungsionalitas utama yaitu registrasi siswa, registrasi komputer perguruan tinggi ke jaringan blockchain, memasukkan transkrip nilai siswa, dan verifikasi nilai oleh pihak ketiga. Pihak ketiga dapat

memverifikasi transkrip siswa melalui website yang disediakan oleh EduCTX.

EduCTX telah diterapkan di beberapa perguruan tinggi di Eropa yang menggunakan sistem penilaian ECTS. Hal tersebut juga menjadi salah satu kekurangan EduCTX yang hanya mendukung penilaian ECTS. Selain itu, ijazah dalam EduCTX belum dapat diunduh dalam bentuk file.

III. DESIGN DAN IMPLEMENTASI

Gambar berikut merupakan *use case* utama antara sistem pencatatan ijazah dengan *stakeholder* terkait. Terdapat empat *use case* utama dan empat *stakeholder* yang berinteraksi dengan sistem. Lembaga terkait dalam *stakeholder* adalah dinas atau kementerian setempat.



Gambar. 1. Diagram *use case* sistem pencatatan ijazah.

Dari *use case* tersebut, dikembangkan beberapa kebutuhan fungsional dan kebutuhan fungsional yang akan dipenuhi dalam pengembangan sistem pencatatan ijazah. Kebutuhan fungsional dan non fungsional sistem dijabarkan pada tabel berikut.

Tabel I. Kebutuhan Fungsional

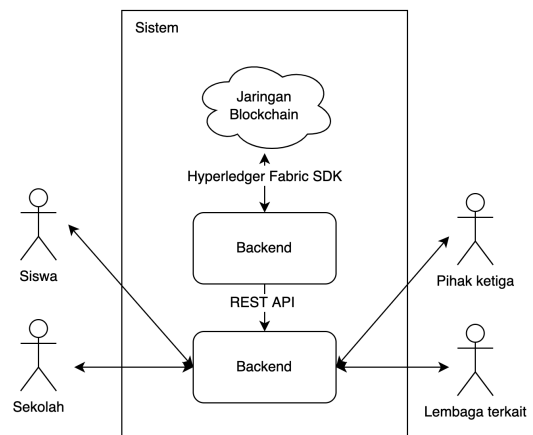
Kode	Kebutuhan
F01	Pengguna dapat melakukan <i>login</i> ke sistem menggunakan <i>username</i> dan <i>password</i> .
F02	Pengguna yang telah login dapat mengubah <i>password</i> .
F03	Siswa dapat melihat semua ijazah yang dimilikinya.
F04	Siswa dapat menghidupkan <i>link</i> dan mematikan <i>link</i> ijazah miliknya untuk dilihat pihak ketiga.
F05	Siswa dapat mengunduh ijazah dalam bentuk PDF.
F06	Pihak ketiga dapat melihat ijazah milik siswa dengan <i>link</i> yang aktif.
F07	Pihak ketiga dapat memverifikasi nomor ijazah dan file PDF menggunakan sistem.
F08	Institusi (Sekolah/Perguruan Tinggi) dapat menerbitkan ijazah.

F09	Institusi (Sekolah/Perguruan Tinggi) dapat melihat ijazah yang sudah pernah diterbitkan sebelumnya.
F10	Institusi (Sekolah/Perguruan Tinggi) dapat membuat akun siswa.
F11	Lembaga terkait dapat membuat akun institusi (sekolah/perguruan tinggi).
F12	Lembaga terkait dapat melihat ijazah yang diterbitkan.

Tabel 2. Kebutuhan non fungsional

Kode	Kebutuhan	Keterangan
NF01	<i>Integrity</i>	Sistem dapat menjaga data dari perubahan dengan cara yang tidak diinginkan.
NF02	<i>Traceability</i>	Sistem memiliki transparansi dan <i>traceability</i> terhadap data yang disimpan

Dalam sistem pencatatan ijazah berbasis blockchain, terdapat tiga komponen utama yaitu jaringan blockchain, *backend*, dan *frontend*. Jaringan blockchain yang digunakan yaitu Hyperledger Fabric. Jaringan blockchain ini berfungsi sebagai komponen untuk menyimpan ijazah. Komponen *backend* berfungsi sebagai perantara antara jaringan blockchain dan komponen *frontend*. Komponen *backend* berinteraksi dengan jaringan blockchain menggunakan Hyperledger Fabric SDK. Komponen *frontend* pada sistem ini berbasis website yang dapat dibuka dengan web browser. Komponen *frontend* berinteraksi dengan *backend* menggunakan REST API yang telah disediakan oleh *backend*. Pengguna akan berinteraksi langsung dengan komponen *frontend*. Interaksi antar komponen pada sistem pencatatan ijazah berbasis blockchain dapat dilihat pada gambar 2.

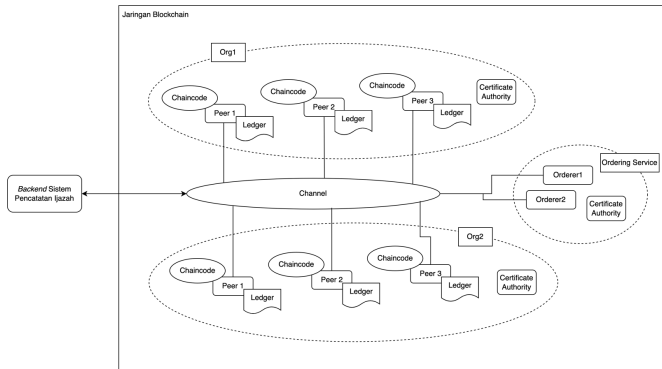


Gambar. 2. Interaksi antar komponen.

A. Blockchain

Komponen blockchain merupakan komponen yang paling penting pada sistem pencatatan ijazah ini. Teknologi blockchain yang digunakan yaitu Hyperledger Fabric. Hyperledger Fabric

dinilai cocok untuk sistem pencatatan ijazah karena bersifat *permissionless* dan memiliki *smart contract* yang mudah dikembangkan. Hyperledger Fabric bersifat *permissionless* sehingga lebih hemat sumber daya dan dapat menghasilkan *throughput* yang tinggi jika dibandingkan dengan *permissioned* blockchain. Hyperledger Fabric dapat menyimpan asset berupa struktur data yang di definisikan sendiri melalui *smart contract* yang bernama *chaincode*. *Chaincode* pada Hyperledger Fabric mudah dikembangkan karena penulisannya menggunakan bahasa yang familiar seperti go, java, javascript, dan python. Berikut ini arsitektur dari Hyperledger Fabric pada sistem pencatatan ijazah.



Gambar 3. Arsitektur jaringan blockchain sistem pencatatan ijazah.

Berikut ini komponen yang ada pada jaringan blockchain tersebut.

- Terdapat sebuah *channel* yang akan menjembatani komunikasi antara *backend* sistem pencatatan ijazah dengan jaringan blockchain.
- Terdapat dua organisasi dalam jaringan blockchain yang masing-masing memiliki tiga *peer*. Setiap organisasi dapat mewakili lembaga terkait yang berbeda seperti dinas pendidikan setempat atau kementerian.
- Terdapat beberapa *peer* di dalam sebuah jaringan. *Peer* ini dijalankan oleh pihak yang telah disepakati untuk menjalankan jaringan blockchain.
- Terdapat *certificate authority* pada setiap organisasi dan *orderer* yang berfungsi untuk menerbitkan sertifikat untuk menjamin identitas dari setiap *peer* di dalamnya.
- Terdapat beberapa *orderer* yang mengatur urutan transaksi dan mengemas transaksi ke dalam *block*.
- *Ledger* yang dipegang oleh tiap *peer* yang berisi data transaksi yang terjadi di dalam blockchain.
- *Chaincode* yang telah disepakati oleh setiap *peer* dalam jaringan. *Chaincode* adalah *smart contract* pada Hyperledger Fabric seperti yang sudah dijelaskan pada sebelumnya.

Pada jaringan blockchain telah ditulis beberapa operasi *chaincode* yang digunakan untuk melakukan perubahan data pada *ledger*. Operasi-operasi *chaincode* tersebut diantaranya adalah `InitLedger`, `IsAssetExist`, `CreateStudent`, `CreateInstitution`, `CheckUserCredential`, `GetUserRole`,

`GetUserProfile`, `UpdateUserPassword`, `ChangeStatusStudentIjazahLink`, `CreateIjazahPT`, `CreateIjazahLowerEducation`, `GetIjazahById`, `GetIjazahByUserCheckLink`, `GetIjazahByInstitution`, `GetAllIjazah`, `VerifyIjazahById`, `VerifyIjazahContent`, `AddLog`, dan `GetAllLog`.

B. Backend

Komponen *backend* diimplementasikan menggunakan `node.js` dan `express.js`. Komponen *backend* menyediakan berbagai REST API yang akan digunakan oleh komponen *frontend*. Setiap operasi *chaincode* pada blockchain terdapat sebuah *endpoint* REST API yang dapat dipanggil oleh *frontend*. Berikut ini *endpoint* REST API yang terdapat pada *backend*.

Tabel 3. Daftar *endpoint backend*.

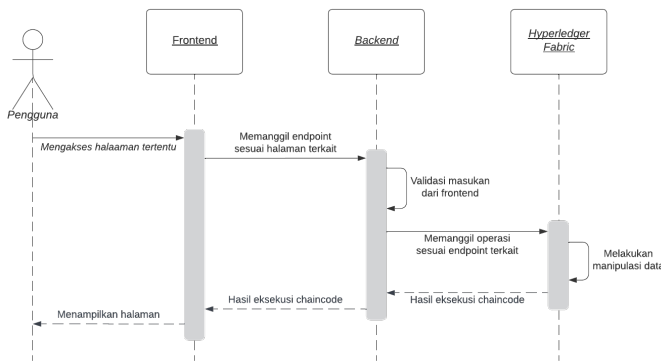
Method	Endpoint	Fungsionalitas
POST	/login	Mengecek kredensial yang diberikan pengguna. Jika kredensial benar, mengembalikan token JWT.
POST	/register-student	Membuat akun siswa dengan masukan file csv daftar data diri siswa.
POST	/register-institution	Membuat akun institusi dengan masukan file csv daftar data diri institusi.
GET	/profile	Mendapatkan detail profil dari pengguna.
POST	/change-password	Memperbaharui <i>password</i> pengguna.
POST	/ijazah/set-link	Memperbaharui status link dari ijazah siswa.
POST	/ijazah/create	Membuat ijazah dengan masukan file csv daftar ijazah.
GET	/ijazah/:nik	Mendapatkan daftar ijazah dari siswa dengan NIK tertentu.
POST	/ijazah/verify-by-id	Mengecek ijazah berdasarkan nomor ijazah.
GET	/ijazah/admin/all	Mendapatkan daftar ijazah dengan <i>role</i> lembaga terkait.
GET	/ijazah/institution/all	Mendapatkan daftar ijazah yang telah diterbitkan institusi tertentu.
GET	/ijazah/student/all	Mendapatkan daftar ijazah milik siswa tertentu.

GET	/pdf/create-ijazah	Mendapatkan file PDF ijazah dengan masukan detail ijazah.
POST	/pdf/verify	Mengecek ijazah berdasarkan file PDF ijazah.

C. Frontend

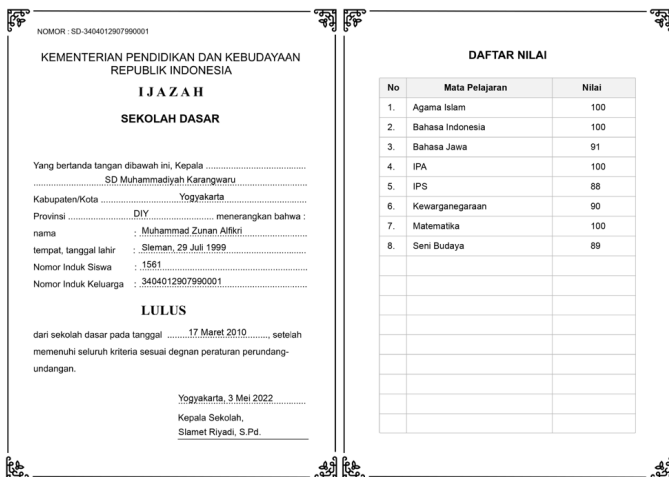
Komponen *frontend* merupakan komponen yang akan berinteraksi dengan pengguna. Komponen ini diimplementasikan dengan React.js dan *template* Argon Design dari CreativeTim. Komponen *frontend* dapat diakses oleh pengguna menggunakan web browser.

Pada komponen *frontend* terdapat delapan halaman yaitu halaman *login*, halaman profil, halaman buat akun institusi, halaman buat akun siswa, halaman terbitkan ijazah, halaman daftar ijazah siswa, halaman daftar ijazah lembaga terkait/institusi, dan halaman verifikasi ijazah. Berikut ini alur umum pemanggilan dari masing-masing halaman.



Gambar 3. Alur umum pemanggilan halaman.

Pada komponen *frontend*, pengguna juga dapat melihat ijazah yang telah diterbitkan. Isi dari ijazah tersebut mengacu pada peraturan yang berlaku di Indonesia pada saat penelitian ini dibuat. Berikut ini contoh ijazah untuk SD/SMP/SMA dan Perguruan Tinggi.



Gambar 4. Contoh ijazah SD/SMP/SMA.



Gambar 5. Contoh ijazah Perguruan Tinggi.

IV. PENGUJIAN SISTEM

Sistem pencatatan ijazah di uji dengan tiga tipe pengujian yaitu pengujian fungsional, pengujian non fungsional, dan pengujian pemalsuan ijazah. Berikut ini penjelasan dari masing-masing pengujian.

1. Pengujian Fungsional

Pengujian dilakukan pada kebutuhan fungsional sistem. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem yang diimplementasikan memenuhi kebutuhan fungsional sistem yang ditentukan. Dengan terpenuhinya kebutuhan tersebut, sistem yang diimplementasikan akan memenuhi proses bisnis dari sistem manual sebelumnya. Berdasarkan pengujian fungsional yang dilakukan sesuai dengan kebutuhan fungsional sistem, diperoleh hasil bahwa sistem yang diimplementasikan telah memenuhi persyaratan fungsional tersebut dan berjalan dengan baik. Setiap poin persyaratan fungsional telah diuji terhadap harapan persyaratan tersebut.

2. Pengujian Non fungsional

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memastikan sistem yang diimplementasi telah memenuhi kebutuhan non fungsional terkait integritas data serta transparansi dan *traceability*. Pengujian integritas data dilakukan dengan cara melakukan eksekusi *chaincode* dengan satu *peer*. Eksekusi dengan satu *peer* seharusnya tidak akan mengubah *ledger* dalam blockchain karena tidak memenuhi *endorment policy*. Dari pengujian yang dilakukan, *ledger* tidak berubah sehingga integritas data terjamin.

Pengujian transparansi dan *traceability* dilakukan dengan melakukan eksekusi operasi melihat daftar log dan meninjau kebutuhan fungsional melihat daftar ijazah oleh institusi dan lembaga terkait. Eksekusi operasi melihat daftar log berhasil dilakukan dan menghasilkan semua log dari sistem.

3. Pengujian Pemalsuan Ijazah

Pengujian dilakukan dengan tujuan memastikan sistem mampu mengantisipasi pemalsuan ijazah. Kriteria pengujian yang diterapkan pada pengujian pemalsuan ijazah didasarkan pada kemampuan sistem untuk mendeteksi bahwa suatu ijazah dalam bentuk file PDF telah dipalsukan. Pendeteksian ini dilakukan pada saat verifikasi ijazah menggunakan file PDF. Sistem dinyatakan lolos uji jika sistem dapat mendeteksi ijazah yang telah diubah tidak dapat terverifikasi. Pengujian dilakukan dengan mengunduh file PDF ijazah siswa kemudian melakukan perubahan pada ijazah tersebut. Setelah dilakukan pengujian, sistem dapat mendeteksi perubahan ijazah dan menampilkan pesan ijazah gagal terverifikasi.

V. KESIMPULAN

Hyperledger Fabric cocok digunakan untuk implementasi sistem pencatatan ijazah di Indonesia. Teknologi ini dinilai cocok karena Hyperledger Fabric merupakan *permissioned* blockchain. Hal tersebut mengharuskan setiap peserta dalam jaringan sudah dikenali dan mendapat izin akses. *Permissioned* blockchain juga menggunakan lebih sedikit sumber daya untuk mencapai konsensus jika dibandingkan dengan *permissionless* blockchain. Selain itu Hyperledger Fabric didesain memiliki *smart contract* yang dapat ditulis dengan bahasa tingkat tinggi seperti python, go, java, dan javascript sehingga memudahkan pengembangan. Arsitektur sistem terdiri dari tiga komponen yaitu *frontend*, *backend*, dan jaringan blockchain. Jaringan

blockchain terdiri dari dua organisasi yang masing-masing berisi tiga *peer* dan satu *ordering service* yang berisi dua *peer*. Sistem dapat melakukan verifikasi ijazah menggunakan dua metode, yaitu menggunakan nomor ijazah dan file PDF. Sistem mengembalikan pesan ijazah terverifikasi jika ijazah valid serta mengembalikan pesan ijazah gagal diverifikasi jika nomor ijazah tidak ditemukan atau file PDF ijazah sudah diubah.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T. selaku pembimbing skripsi untuk tugas akhir penulis di Institut Teknologi Bandung (ITB) yang telah memberikan banyak bantuan, ilmu, dan bimbingan yang membantu penulis untuk menyajikan makalah ini dengan baik dan benar. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman penulis yang telah membantu memotivasi dan memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan makalah ini dengan penuh semangat.

REFERENCES

- [1] Bashir, I. (2017). Mastering blockchain. Packt Publishing Ltd.
- [2] Turkanović, M., Hölbl, M., Košič, K., Heričko, M., & Kamišalić, A. (2018). EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform. *IEEE access*, 6, 5112-5127.
- [3] Blockcerts Introduction. (2021). Diakses dari <https://www.blockcerts.org/guide/>