

The Implementation of Proof-of-Work Technology in the Security of Job Training by the Surakarta City Manpower Office

Affriza Brilyan Relo Pambudi Agus Putra^{1*}, Dasril Aldo², Yusuf Fadlila Rachman³

¹ Program Studi Bisnis Digital, Universitas Telkom Purwokerto, Kabupaten Banyumas, 53147, Indonesia

² Program Studi Informatika, Universitas Telkom Purwokerto, Kabupaten Banyumas, 53147, Indonesia

³ Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Kabupaten Madiun, 63153, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 6 Februari 2025
Revisi : 17 Februari 2025
Publikasi : 20 Maret 2025

Kata Kunci:

Blockchain
Proof-of-Work
Keamanan data
Pelatihan kerja
Metode Prototyping

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan inovasi Proof-of-Work (PoW) sebagai komponen keamanan dalam sistem pelatihan kerja yang dikelola oleh Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta. Dalam perkembangan teknologi yang pesat, keamanan informasi menjadi aspek yang sangat penting, terutama dalam pelaksanaan kegiatan pelatihan yang melibatkan data sensitif dari peserta dan instruktur. Penelitian ini menggunakan pendekatan pembuatan prototipe untuk merancang, mengimplementasikan dan menguji sistem berbasis teknologi blockchain PoW guna memastikan keamanan informasi dalam pelatihan kerja. Pendekatan pembuatan prototipe dipilih karena memungkinkan proses pengembangan yang cepat langsung diterapkan untuk sempurnakan sistem. Sistem ini dirancang sedemikian rupa sehingga setiap data yang dimasukkan ke dalam rekam jejak pelatihan diamankan melalui proses *mining*, yang memastikan integritas dan keamanannya. Hasil dari teknologi PoW mampu memverifikasi transaksi dan data baru yang dimasukkan sehingga hanya informasi yang valid dan terenkripsi yang dapat diterima dan disimpan. Kesimpulan, penerapan sistem keamanan berbasis PoW pada platform pelatihan kerja ini terbukti berhasil meningkatkan perlindungan data dan mencegah manipulasi oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Dengan demikian, teknologi PoW tidak hanya memberikan tingkat keamanan informasi yang lebih tinggi, tetapi juga meningkatkan kepercayaan peserta dan penyelenggara pelatihan kerja di Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta.

ABSTRACT

This study aims to implement Proof-of-Work (PoW) innovation as a security component in the job training system managed by the Surakarta City Manpower Office. In the rapid development of technology, information security is a very important aspect, especially in the implementation of training activities involving sensitive data from participants and instructors. This study uses a prototyping approach to design, implement and test a PoW blockchain technology-based system to ensure information security in job training. The prototyping approach was chosen because it allows a rapid development process that is immediately applied to perfect the system. This system is designed in such a way that every data entered into the training track record is secured through a mining process, which ensures its integrity and security. The results of PoW technology are able to verify new transactions and data entered so that only valid and encrypted information can be received and stored. In conclusion, the implementation of a PoW-based security system on this job training platform has proven to be successful in increasing data protection and preventing manipulation by irresponsible parties. Thus, PoW technology not only provides a higher level of information security, but also increases the trust of participants and job training organizers at the Surakarta City Manpower Office.



***Penulis Koresponden**Email: affrizabrilyan@telkomuniversity.ac.id

A. B. R. P. A. Putra, D. Aldo, dan Y. Fadlila, "Penerapan Teknologi Proof-of-Work dalam Keamanan Pelatihan Kerja Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 5, no. 1, pp. 70-78, Maret 2025. doi:10.30811/jaise.v5i1.6403

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan inovasi berbasis data telah memberikan dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan, termasuk pengelolaan dan administrasi informasi dalam organisasi publik. Di era digitalisasi, keamanan informasi menjadi salah satu perhatian utama, terutama bagi instansi pemerintahan yang menangani data sensitif. Sebagai salah satu instansi pemerintahan daerah, Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta yang bertanggung jawab besar dalam melindungi informasi data pribadi yang bersifat *privasi* terkait data pelatihan kerja, data DUDI dan data mentor pelatihan.

Inovasi Proof-of-Work (PoW), yang awalnya populer dalam ekosistem *cryptocurrency* seperti Bitcoin, kini mulai dilirik sebagai solusi potensial untuk meningkatkan keamanan informasi di berbagai sektor, termasuk pemerintahan [1]. Mekanisme PoW berfungsi sebagai sistem verifikasi yang memerlukan penyelesaian tantangan komputasi kompleks, sehingga membuat akses oleh pihak tidak berwenang menjadi lebih sulit [2]. Hal ini memungkinkan proses pertukaran data yang aman dan terverifikasi.

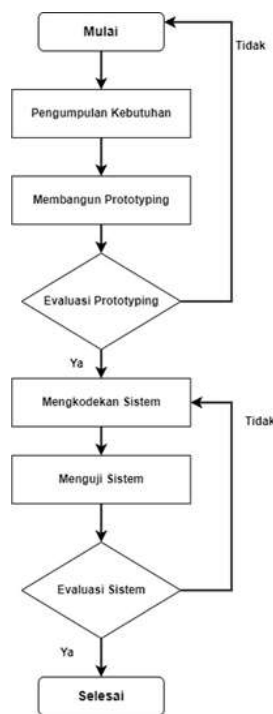
Blockchain, teknologi yang mendasari mekanisme PoW, melibatkan jaringan terdistribusi yang terdiri atas *node* atau *peers*. Terdapat dua jenis implementasi blockchain, yakni *open* blockchain dan *private* blockchain. *Private* blockchain, khususnya memiliki keunggulan dalam pengelolaan informasi karena sifatnya yang lebih terkendali [3]. Teknologi blockchain telah diterapkan dalam berbagai bidang, dalam konteks transformasi digital, blockchain memainkan peran penting dalam memperkuat keamanan informasi yang tersimpan di setiap *node* dalam jaringan. Jika salah satu *node* mengalami gangguan atau serangan, data tetap aman karena tersalin di *node-node* lain dalam jaringan tersebut [4]. Teknologi ini menjadi pijakan utama dalam kerangka penelitian yang sedang dikembangkan untuk meningkatkan keamanan informasi di lingkungan pemerintahan.

Penelitian sebelumnya menyoroti berbagai konsep. Artikel berjudul *Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management* [5], membahas *blockchain* berbasis *framework* Ethereum, yang merupakan model jaringan publik. Penelitian lain dilakukan oleh Kumar pada tahun 2019 dengan judul *Proof-of-Work Consensus Approach in Blockchain Technology for Cloud and Fog Computing Using Maximixation-Factorization Static* (Kumar *et al.*, 2019) yang memanfaatkan metode statistik konsensus PoW. Penelitian ini berbeda karena tidak menggunakan platform *Hyperledger*, mengingat *blockchain* yang dipakai bukan jenis *permission blockchain*. Sistem yang dikembangkan menggunakan *private blockchain* untuk memastikan keamanan data peserta pelatihan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode Proof-of-Work dalam *blockchain* ke dalam sistem data pelatihan kerja yang dapat menjaga integritas data. Sistem ini menggunakan algoritma konsensus PoW agar data tersimpan dengan aman melalui jenis *private blockchain*, penyimpanan data akan disimpan dengan menggunakan *Filed-Based Data Management System*, sistem *blockchain* yang dibangun diharapkan dapat bermanfaat bagi data peserta pelatihan.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Prototyping. Prototyping merupakan salah satu merupakan salah satu pendekatan dalam *Software Development Life Cycle* (SDLC) yang banyak diterapkan dalam pengembangan perangkat lunak [4]. Model ini direpresentasikan melalui diagram prototipe yang menggambarkan tahapan-tahapan proyek secara sistematis. Pendekatan pembuatan prototipe merupakan salah satu metode yang digunakan dalam umpan balik dalam menyempurnakan sistem yang sedang dikembangkan [3]. Melalui interaksi antara pengembang dan pengguna, pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang lebih sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam metodologi pembuatan prototipe berdasarkan penelitian yang dilakukan



Gambar 1. *Flowchart* Tahapan Penelitian

2.1 Pengumpulan Kebutuhan

Pengumpulan kebutuhan dalam penelitian ini untuk meningkatkan keamanan pada sistem pelatihan kerja di Dinas Tenaga Kerja Surakarta untuk mengidentifikasi berbagai aspek yang harus dipenuhi agar sistem yang diterapkan dengan model Proof-of-Work untuk dikembangkan secara efektif. Proses identifikasi ini melibatkan berbagai metode, seperti melakukan wawancara, observasi dan tinjauan dokumen, untuk mengumpulkan data dari pemangku kepentingan utama, termasuk data pelatih dan peserta pelatihan. Pengumpulan kebutuhan ini bertujuan untuk merumuskan kebutuhan fungsional, seperti tingkat keamanan yang diperlukan. Hasil analisis kebutuhan ini menjadi landasan untuk merancang dan mengembangkan sistem yang mampu mengatasi tantangan keamanan data dan transaksi dalam lingkungan pelatihan di Kota Surakarta serta memenuhi kebutuhan seluruh pemangku kepentingan.

2.2 Membangun Prototyping

Pengembangan prototipe penerapan teknologi Proof-of-Work (PoW) untuk pengamanan pelatihan kerja di Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta, dilakukan untuk menguji konsep dan memastikan bahwa sistem yang dirancang telah memenuhi kebutuhan yang telah teridentifikasi. Prototipe ini dirancang sebagai model awal yang memperkenalkan fitur utama, seperti mekanisme autentikasi berbasis PoW, enkripsi data dan pencatatan transaksi yang aman. Pengembangan prototipe memungkinkan iterasi yang cepat berdasarkan masukan dari pengguna dan pemangku kepentingan, sehingga sistem akhir dapat disesuaikan untuk memenuhi persyaratan fungsional dan operasional yang telah ditentukan. Selain itu, prototipe ini berfungsi sebagai validasi awal untuk memberikan manfaat teknologi PoW dalam meningkatkan keamanan dan transparansi selama proses pelatihan kerja, pemanfaat prototipe juga memberikan dasar yang kuat sebelum dilakukan pengembangan dan implementasi sistem secara penuh.

2.3 Evaluasi Prototyping

Evaluasi prototipe penerapan teknologi Proof-of-Work (PoW) untuk keamanan pelatihan kerja di Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta merupakan langkah krusial dalam menilai efektivitas dan kesesuaian sistem sebelum diimplementasikan secara penuh. Proses evaluasi ini mencakup pengujian komprehensif terhadap prototipe guna memastikan bahwa seluruh fitur yang dikembangkan, termasuk autentikasi dan keamanan data berbasis PoW, berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Pengujian melibatkan pengguna akhir, seperti staff dinas dan peserta pelatihan, untuk menilai aspek kemudahan penggunaan dan kinerja sistem. Umpan balik yang diperoleh dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi area yang memerlukan penyempurnaan, baik dari sisi fungsionalitas maupun keamanan.

Selain itu, evaluasi ini juga mempertimbangkan aspek teknis, seperti keandalan, skalabilitas dan kemampuan integrasi dengan sistem yang ada untuk memastikan prototipe dapat memenuhi kebutuhan serta tantangan dalam lingkungan pelatihan kerja. Hasil dari evaluasi ini akan menjadi acuan untuk interaksi atau pengembangan lebih lanjut sebelum masuk ke tahap implementasi akhir.

2.4 Menkodekan Sistem

Proses pengkodean sistem dalam implementasi teknologi Proof-of-Work (PoW) untuk meningkatkan keamanan pelatihan kerja di Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta merupakan tahap esensial dimana rancangan konseptual dan prototipe yang telah dievaluasi diubah menjadi perangkat lunak yang dapat berfungsi secara optimal. Pada fase ini, pengembangan mulai merealisasikan kode program berdasarkan spesifikasi teknis yang dirancang sebelumnya, dengan prioritas pada pengintegrasian fitur, seperti autentikasi pengguna menggunakan PoW, mekanis enkripsi data, serta pencatatan transaksi yang aman. Tahapan ini membutuhkan perhatian mendetail, mencakup pemilihan algoritma yang sesuai, optimisasi sistem. Selain itu, pengujian unit dilakukan secara rutin selama proses pengkodean untuk memastikan setiap elemen dalam sistem secara keseluruhan. Pengembangan berlangsung secara iteratif, memungkinkan adanya perbaikan dan penyempurnaan berkelanjutan berdasarkan masukan dari evaluasi prototipe sebelumnya.

2.5 Menguji Sistem

Pengujian sistem penerapan teknologi Proof-of-Work (PoW) untuk meningkatkan keamanan dalam pelatihan kerja di Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta merupakan langkah krusial untuk memastikan bahwa sistem telah dikembangkan sesuai dengan spesifikasi teknis dan mampu beroperasi dalam kondisi nyata. Proses pengujian melibatkan berbagai jenis evaluasi, seperti pengujian fungsionalitas untuk memastikan setiap beroperasi sesuai dengan tujuan, pengujian keamanan guna mengukur ketahanan sistem terhadap ancaman atau serangan potensial, serta pengujian kinerja untuk menilai kemampuan sistem dalam menangani beban kerja tanpa mengalami penurunan performa.

Selain itu, pengujian ini dilakukan dalam konteks operasional yang melibatkan pengguna akhir, termasuk staff Dinas Tenaga Kerja dan peserta pelatihan, guna memastikan sistem mendukung kebutuhan pelatihan secara optimal. Masukan yang diperoleh dari tahap pengujian ini sangat berguna untuk mengidentifikasi permasalahan, seperti bug yang perlu diperbaiki sebelum sistem diterapkan secara resmi. Melalui pengujian yang komprehensif, teknologi PoW yang diterapkan diharapkan mampu meningkatkan tingkat mendukung pencapaian tujuan strategis Dinas Tenaga Kerja Kota Surakarta dalam meningkatkan kualitas dan keamanan program pelatihan.

2.6 Evaluasi Sistem

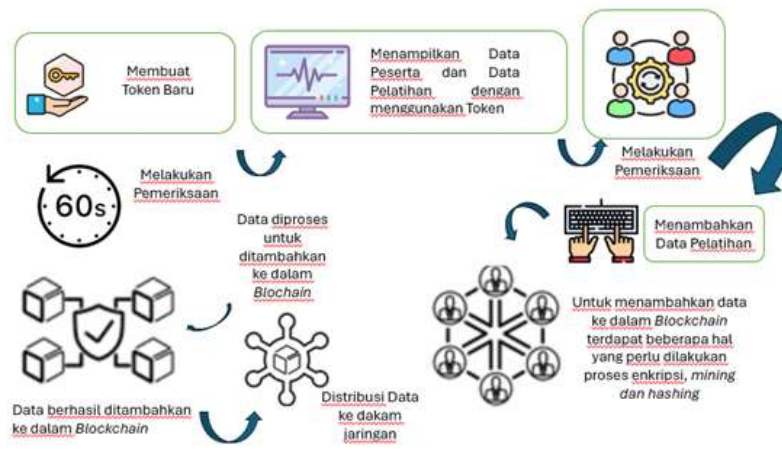
Evaluasi ini melibatkan analisis mendalam mengenai kinerja sistem PoW dalam lingkungan operasional Pelatihan Kerja di Kota Surakarta, termasuk efektivitasnya dalam meningkatkan keamanan data menjaga integritas transaksi selama pelaksanaan pelatihan selama pelaksanaan pelatihan. Tahap evaluasi ini mencakup pengumpulan umpan balik dari berbagai pemangku kepentingan, seperti staf Dinas Tenaga Kerja dan peserta, untuk memahami pengalaman pengguna serta mengidentifikasi masalah atau kekurangan yang memerlukan perbaikan. Hasil evaluasi akan menjadi landasan penting dalam menentukan apakah sistem perlu disempurnakan lebih lanjut atau sudah layak untuk diterapkan secara luas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini, dilakukan pembahasan mengenai analisis dan implementasi sistem yang telah dirancang ke dalam proses pengkodean. Selain itu, disajikan pula hasil pengujian yang dilaksanakan selama tahap pengembangan sistem.

3.1 Perancangan Arsitektur

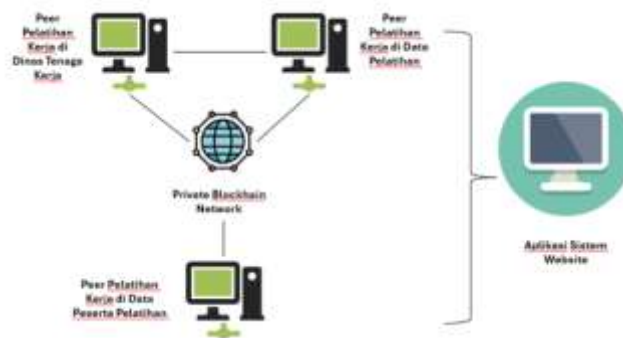
Gambar 2 menjelaskan proses integrasi data pelatihan ke dalam sistem blockchain. Proses dimulai dengan pembuatan token baru, yang digunakan untuk menampilkan data peserta dan data pelatihan. Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan dan validasi sebelum data pelatihab ditambahkan. Setelah data diproses, didistribusikan ke dalam jaringan dan mengalami serangkaian tahapan, termasuk enkripsi, mini dan hashing, sebelum akhirnya ditambahkan secara permanen ke dalam blockchain. Dengan mekanisme ini, data pelatihan menjadi lebih aman, transparan dan tersentralisasi.



Gambar 2. Alur Sistem

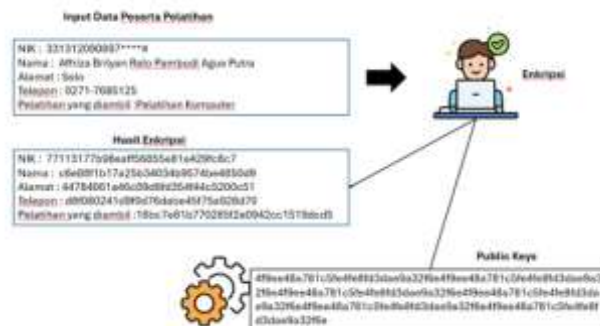
3.2 Blockchain

Gambar 3 menjelaskan alur distribusi data dalam sistem blockchain privat untuk pengolahan data pelatihan kerja. Data dari berbagai peer dalam jaringan, termasuk Dinas Tenaga Kerja, data pelatihan dan data peserta pelatihan, terhubung melalui private blockchain network. Mekanis ini memungkinkan setiap peer untuk menyimpan, memverifikasi dan memperbarui data secara aman dan terdesentralisasi. Seluruh data yang diproses dalam blockchain kemudian dapat diakses melalui aplikasi sistem website, memastikan transparansi dan efisiensi dalam pengelolaan informasi pelatihan kerja.



Gambar 3. Alur Distribusi Blockchain

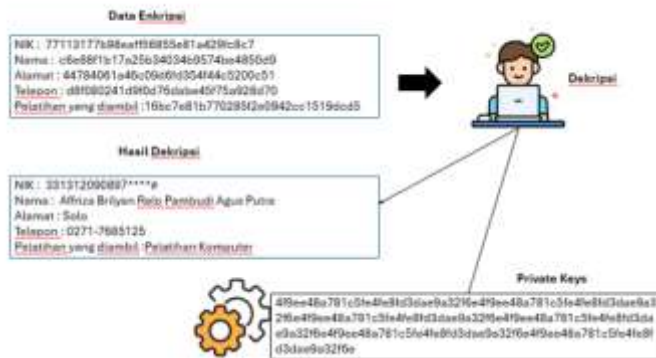
3.3 Kriptografi



Gambar 4. Alur Enkripsi

Gambar 4 menggambarkan alur enkripsi data peserta pelatihan dalam sistem berbasis blockchain. Data pribadi peserta, termasuk NIK, nama, alamat, nomor telepon dan jenis pelatihan yang diambil, dienkripsi untuk menjaga kerahasiaan dan keamanan informasi. Proses enkripsi mengubah data asli menjadi bentuk terenkripsi yang tidak dapat dibaca tanpa kunci deskripsi yang sesuai. Hasil enkripsi tersebut kemudian

dikaitkan dengan *public keys* yang digunakan untuk otentikasi dan validasi dalam jaringan *blockchain*. Dengan mekanisme ini, data peserta pelatihan menjadi lebih aman, terlindungi dari manipulasi, serta dapat diverifikasi tanpa mengungkapkan informasi sensitif.

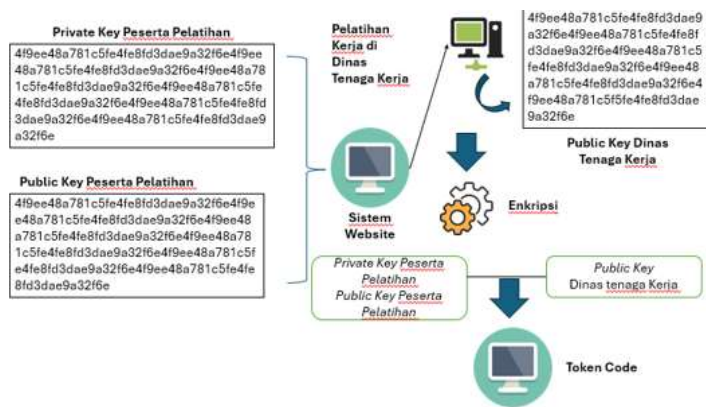


Gambar 5. Alur Deskripsi

Selanjutnya, proses dekripsi yang ditunjukkan pada Gambar 5, merupakan kebalikan dari proses enkripsi. Dekripsi berfungsi untuk mengubah data yang telah dienkripsi dalam bentuk *chiphertext* kembali ke format aslinya atau *plaintext*. Berbeda dengan enkripsi yang menggunakan *public key*, proses dekripsi memerlukan *private key* untuk memastikan bahwa hanya pihak yang berwenang dapat mengakses informasi tersebut.

3.4 Pembuatan Token

Gambar 6 merupakan token yang diperlukan untuk mengakses data pelatihan kerja dalam sistem website harus dibuat terlebih dahulu melalui sistem tersebut. Dalam sistem, data peserta pelatihan akan disimpan dan dienkripsi menggunakan publik *key* dari layanan pelatihan yang dikelola akan dikemas dalam bentuk token yang dapat digunakan oleh staf Dinas Tenaga Kerja untuk mengakses informasi yang diperlukan.



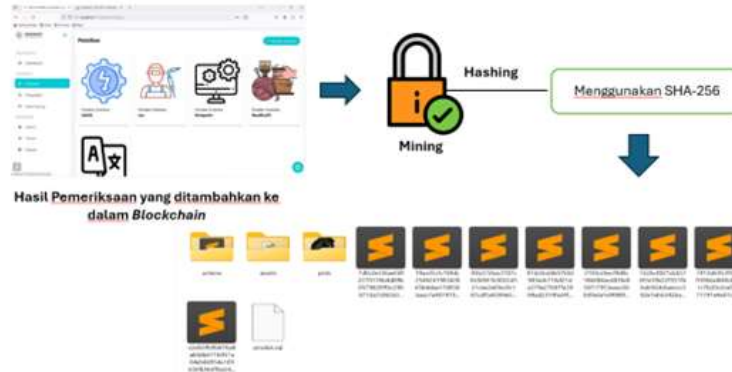
Gambar 6. Alur Pembuatan Token



Gambar 7. Alur Pendaftaran Pelatihan

Gambar 7 menjelaskan setelah token berhasil dibuat, pengguna dapat menggunakan token tersebut untuk melakukan pendaftaran dalam sistem website. Token yang telah dihasilkan akan dimasukkan ke dalam sistem sebagai kode akses untuk mengidentifikasi peserta pelatihan. Dalam tahap ini, sistem akan melakukan proses dekripsi dengan menggunakan *private key* peserta guna memastikan keaslian data yang telah dienkripsi sebelumnya. Dengan mekanisme ini, data pelatihan yang tersimpan tetap aman dan hanya dapat diakses oleh pihak yang berwenang

3.5 Pembuatan Token

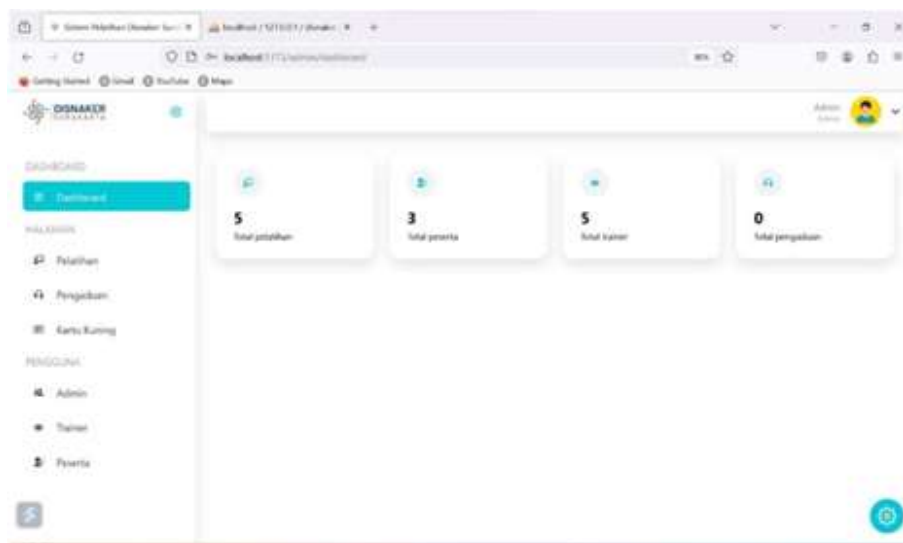


Gambar 8. Alur *Mining*

Pada Gambar 8 menjelaskan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan dalam sistem akan ditambahkan ke dalam teknologi blockchain untuk memastikan keamanan dan integritas data. Proses ini dimulai dengan penerapan algoritma *hashing* menggunakan standar enkripsi SHA-256. Setelah proses *hashing* selesai, data tersebut melalui tahapan *mining*, yang bertujuan untuk validasi dan penambahan informasi ke dalam blockchain. Proses ini menjamin bahwa setiap perubahan atau manipulasi pada data akan terdeteksi karena setiap blok dalam blockchain terhubung secara kriptografis. Dengan demikian, teknologi blockchain memberikan tingkat keamanan yang tinggi dalam penyimpanan hasil pemeriksaan menjadikannya transparan, tidak dapat diubah dan dapat diverifikasi oleh pihak berwenang.

3.6 Pembuatan Token

Ketika suatu data pelatihan kerja baru ditambahkan oleh staf dinas tenaga kerja kota surakarta, langkah berikutnya adalah staf dinas tenaga kerja perlu melakukan proses *mining* unruk membuat nilai *hash* yang baru. Setelah proses *mining* selesai akan membentuk *block* baru dalam jaringan *blockchain*, pada gambar 9 tampilan bagian *mining*. Pada gambar 10 proses *hashing* yang akan menyesuaikan dengan kemampuan komputasi dari perangkat yang digunakan.



Gambar 9. Tampilan sebelum melakukan *mining*



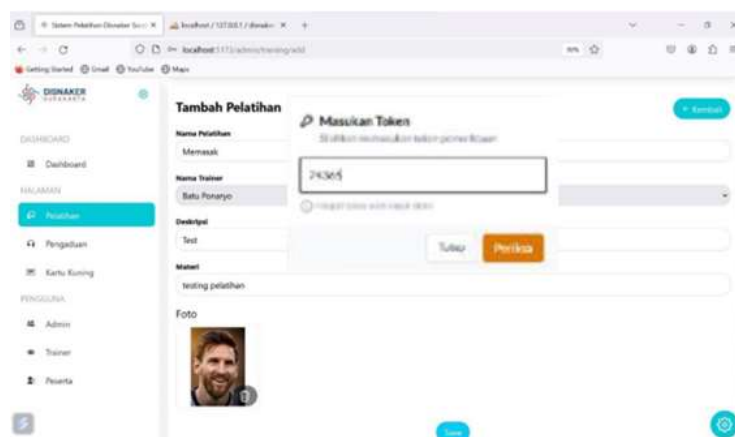
Gambar 10. Proses Hashing

3.7 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan implementasi yang telah dibuat. Hasil membantu menentukan apakah sistem berfungsi sesuai kebutuhan pengguna. Proses ini memerlukan beberapa kriteria, seperti *browser*, akun pengguna, dan data peserta pelatihan.

Tabel 1. Pengujian Sistem Web

Kegiatan Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual
Memasukan <i>token</i> benar	Pengguna berhasil memasukkan token dan sistem	sesuai
Memasukan <i>token</i> salah	Memasukkan token dan sistem	Menampilkan pesan <i>error</i>
Memasukan <i>token</i> saat pemeriksaan	Menampilkan data pasien	Karena token tidak dapat diproses.



Gambar 11. Pengujian memasukan token

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem *web* yang didapatkan, dalam proses pembuatan token dapat diproses, setelah peserta pelatihan yang telah melakukan pendaftaran pelatihan. Penginputan pelatihan dapat diakses dan ditambahkan dengan menggunakan token yang dibuat peserta pelatihan, setelah penambahan data dapat dilakukan dengan mengisi *form* secara lengkap. Setelah data rekam medis yang baru ditambahkan maka akan diminta untuk dilakukan proses *mining* untuk menambahkan data tersebut ke dalam blok yang baru serta ditambahkan ke dalam jaringan *blockchain*. Ketika peserta pelatihan melakukan verifikasi selanjutnya ditempat berbeda maka, riwayat pelatihan pekerja sebelumnya dapat dilihat pada pemeriksaan selanjutnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem pelatihan kerja berbasis web telah berhasil dikembangkan dan dapat digunakan oleh pengguna. Penerapan metode *Proof-of-Work* (PoW) atau *mining* dalam sistem ini memungkinkan verifikasi dan penambahan hasil pelatihan kerja secara aman. Dengan pembaruan data peserta pelatihan yang dilakukan secara otomatis, potensi kesalahan dalam sistem dapat diminimalkan. Selain itu, sistem telah memenuhi spesifikasi persyaratan yang ditetapkan dan dapat diimplementasikan dengan baik. Keamanan penyimpanan data peserta pelatihan juga terjamin melalui pengguna teknologi *blockchain*, dimana data telah dienkripsi di dalam *server*, sehingga mengurangi risiko akses oleh pihak yang tidak berwenang dan meningkatkan perlindungan serta integritas informasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini. Pertama, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkah dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan ketekunan selama proses penelitian ini. Selanjutnya, saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman sesama dosen yang telah memberikan arahan, saran, serta bimbingan selama proses penelitian ini berlangsung. Dukungan dan pengetahuan yang diberikan sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Terakhir, saya juga berterima kasih kepada teman-teman serta seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Bantuan dan dukungan yang diberikan sangat berarti dalam proses penyelesaian penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa yang akan datang.

REFERENSI

- [1] Suryawijaya, T.W.E (2023).Memperkuat Keamanan Data melalui Teknologi Blockchain: Mengeksplorasi Implementasi Sukses dalam Transformasi Digital di Indonesia.
- [2] Annisya & Haryatmi, E. (2021). Implementasi Teknologi Blockchain Proof of Work Pada Penelusuran Supply Chain Produk Komputer
- [3] Affriza Brilyan Brilyan Relo Pambudi Agus Putra, Shelvie Nidya Neyman, & Hendra Rahmawan. (2023). Pengembangan sistem manajemen pelatihan kerja di Kota Surakarta. Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer/Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 10(4), 865–872..
- [4] Azaria, A., Ekblaw, A., Viera, T., & Lippman, A. (2016). *Proof-of-Work consensus approach in Blockchain Technology for Cloud and Fig Computing using Maximixation-Factorization Statistic*. IEEE Computer Society, 1-8.
- [5] Binner, K., & Spence, I. (2004). Use Case Modeling. Boston: Pearson Education.
- [6] Firmansyah, Y., & Udi. (2018). Penerapan metode SDLC Waterfall dalam pembuatan sistem informasi akademik berbasis Web Studi Kasus Pondok Pesantren Al-Habi Sholeh Kabupaten Kubu Raya,Kalimantan Barat. Jurnal Teknologi & Manajemen Informatika, 4(1), 184-191.
- [7] Georghiades, Y., Flolid, S., & Vishwanathm S. (2019).HashCore: Proof-of-work Functions for General Purpose Processors. IEEE 39th International Sistem Informasi, Teknologi Informatika dan Komputer, 9(1), 22-31.
- [8] Martono, R. V. (2020). Supply Chain 4.0 Berbasis Blockchain dan Platform. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [9] Noor, M. I. (2020). Implementasi Blockchain di Dunia Kearsipan: Peluang, Tantangan, Solusi, atau Masalah Baru? Jurnal Ilmu Perpustakaan, Informasi dan Kearsipan, 8(1), 86 .
- [10] Sembiring, H., Manik, F. Y., & Tengkuzaidah. (2019). Penerapan Algoritma Secure Hash Algorithm (SHA) Keamanan pada Citra. MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem), 4(1), 33-36.
- [11] Sugiharto, A., & Musa, M. Y. (2020). Blockchain & Cryptocurrency Dalam Perspektif Hukum di Indonesia dan Dunia. Jakarta: Perkumpulan Kajian Hukum Terdesentralisasi.
- [12] Vazirani, A. A., O'Donoghue, O., Brindley, D., & Meinert, E. (2020). Blockchain vehicles for Efficient Medical Record Management. *Nature Partner Journal*, 3(1), 1-5.
- [13] Wijaya, D. A. (2016). *Mengenal Bitcoin dan Cryptocurrency*. Medan: Puspantara.