

FRAMEWORK LOGBOOK MONITORING ASET PERALATAN OPERASIONAL BERBASIS BLOCKCHAIN UNTUK OPTIMALISASI MANAJEMEN ASET

Nardi✉, Mochamad Rifki Rismawan

Instrumentasi-MKG, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Tangerang, Indonesia,

Email: nardi@stmkg.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.46880/jmika.Vol9No2.pp356-362>

ABSTRACT

All equipment installed at BMKG Technical Implementation Units must be monitored in accordance with BMKG Head Regulation No. 7 of 2014. BMKG provides a web-based monitoring system called WebSIKI and a tunneling system to the BMKG Central network via VPN. However, these systems have been abandoned, and the current monitoring system at the South Tangerang Climatology Station UPT uses WhatsApp messages, email, and Google Spreadsheets to exchange data between agencies. The purpose of this research is to design a blockchain system to be implemented in the operational equipment monitoring system. The blockchain system will record monitoring data blocks and connect each previous monitoring data block that is related. The blockchain system is designed with the Hyperledger Fabric framework, the backend system is designed with Node.js using Hyperledger Fabric SDK for Node.js, and the frontend system is designed with React.js. This system was tested using the white box testing method to test the structural chaincode and black box testing to test the functionality of the system. The results of the structural and functional implementation and testing of the system show that the blockchain system is functioning properly and that the blockchain system can improve the security and integrity of equipment monitoring data.

Keywords: Device Monitoring, Blockchain, Hyperledger Fabric, Node JS, React JS.

ABSTRAK

Setiap peralatan terpasang di Unit Pelaksana Teknis BMKG wajib dipantau sesuai dengan Peraturan Kepala BMKG Nomor 7 Tahun 2014. BMKG menyediakan sistem pemantauan berbasis web yaitu WebSIKI dan sistem tunnelling ke jaringan BMKG Pusat dengan VPN. Akan tetapi sistem tersebut telah ditinggalkan dan sistem pemantauan yang berlaku saat ini pada UPT Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan menggunakan pesan Whatsapp, Email dan Google Spreadsheet untuk bertukar data antar instansi. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem blockchain untuk diimplementasikan ke sistem pemantauan alat operasional. Sistem blockchain akan merekam blok data monitoring, dan menyambungkan setiap blok data monitoring sebelumnya yang berkaitan. Sistem blockchain dirancang dengan framework Hyperledger Fabric, sistem backend dirancang dengan Node.js menggunakan Hyperledger Fabric SDK for Node.js, dan sistem frontend dirancang dengan React.js. Pengujian sistem ini menggunakan metode white box testing untuk menguji struktural chaincode dan black box testing untuk menguji fungsional sistem. Hasil implementasi dan pengujian sistem secara struktural dan fungsional diperoleh bahwa sistem blockchain telah berfungsi dengan baik dan sistem blockchain dapat meningkatkan keamanan dan integritas data pemantauan alat.

Kata Kunci: Monitoring Alat, Blockchain, Hyperledger Fabric, Node JS, React JS.

PENDAHULUAN

Peralatan pengamatan adalah alat atau sistem yang dioperasikan dan/atau peralatan cadangan untuk melakukan pengamatan unsur meteorologi, klimatologi, dan geofisika (Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 7 Tahun 2014 tentang Standar Teknis dan Operasional Pemeliharaan Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2014). Peralatan pengamatan diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu

peralatan sederhana mekanik (konvensional), peralatan sederhana elektronik (otomatis), dan peralatan teknologi canggih (modern).

Berdasarkan standar teknis dan operasional pemeliharaan peralatan pengamatan meteorologi, klimatologi, dan geofisika, setiap pemilik stasiun pengamatan wajib melakukan *monitoring* peralatan yang terpasang di stasiun pengamatan (Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 7 Tahun 2014 tentang Standar Teknis dan

Operasional Pemeliharaan Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2014). Secara umum, UPT BMKG menggunakan sistem *monitoring* dan pelaporan kondisi alat dengan menggunakan surel, WhatsApp, dan *Google Documents*. Proses *monitoring* dan pelaporan kondisi alat dengan metode tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti rentan terjadinya kehilangan data karena manajemen pengarsipan, seperti data lampau yang lebih dari 2 tahun. Sistem *blockchain* merupakan sistem basis data terdistribusi yang dapat diimplementasikan menjadi sistem pemantauan alat operasional untuk mendukung kinerja pengamatan.

KAJIAN LITERATUR

Blockchain adalah suatu buku besar (*ledger*) untuk menyimpan transaksi data antar *node* dalam bentuk blok data yang saling terhubung satu sama lain (Gupta, 2020). Rantai blok (*blockchain*) menyimpan perubahan yang terjadi pada setiap data (Zheng et al., 2018). *Genesis block* merupakan induk blok data pada *blockchain* (Christidis & Member, 2016). Setiap blok data pada *blockchain* akan merujuk *block hash* dari blok sebelumnya untuk membuat rangkaian antar blok, kecuali induk blok (Setiawan et al., 2020). Fungsi *hash* adalah fungsi pemampatan *string* masukan dengan nilai sembarang menjadi keluaran nilai *string* unik dengan nilai tetap dan lebih kecil dari ukuran *string* masukan (Munir, 2019). Verifikasi integritas data dalam *blockchain* bertujuan untuk memvalidasi data yang diduplikasikan ke setiap *peer* (Aleshi et al., 2019). Proses transaksi data dalam *blockchain* diprogram menggunakan *smart contract* yang memprogram fungsi untuk melakukan perubahan pada data. Setiap transaksi data pada sistem *blockchain* tidak dapat dihapus sepenuhnya dari *state data*. *Hyperledger Fabric* merupakan salah satu *framework* pengembangan *distributed ledger* yang menggunakan sistem *permissioned ledger*. *Permissioned ledger* seperti *Hyperledger Fabric* dan *R3 Corda* membatasi partisipan yang dapat mengakses dan bergabung ke dalam jaringan *blockchain* (Valenta & Sandner, 2017).

Penelitian oleh Seker dan Babiceanu (2019) telah berhasil merancang sistem pencatatan pemeliharaan pesawat berbasis *blockchain* untuk meningkatkan pelacakan catatan pemeliharaan pesawat terbang yang disyaratkan oleh FAA dan meningkatkan keamanan sistem pencatatan dengan menerapkan *digital signature* untuk memverifikasi petugas yang menambahkan data (Aleshi et al., 2019). Implementasi *blockchain* pada sistem pencatatan tersebut meningkatkan keterterlurusan data

memberikan fitur tanda tangan digital, dan dapat menyimpan lebih banyak informasi perawatan dan suku cadang pesawat terbang. Penelitian lain oleh Antwi, dkk. (2021) telah berhasil mengimplementasikan *blockchain* untuk meningkatkan keterterlurusan keamanan, pemenuhan regulasi, kompatibilitas, fleksibilitas, dan skalabilitas *Electronic Health Records (EHR)* atau rekam medis elektronik (Antwi et al., 2021).

Metodologi pada penelitian ini menggunakan metode *prototyping*. Metode *Prototyping* adalah metode pengembangan perangkat lunak dengan proses pengulangan (iterasi) yang melibatkan pengguna terhadap kebutuhan fungsi sistem yang akan digunakan (Pressman & Maxim, 2015). Proses perancangan sistem ini akan melalui lima tahapan yaitu *communcation*, *quick plan*, *modelling quick design*, *construction of prototype*, dan *deployment delivery and feedback*. Metode pengujian sistem pada penelitian ini menggunakan metode *white-box testing* dan *black-box testing*. *White-box testing* adalah metode pengujian pada tingkat struktural kode program, dan *black-box testing* adalah metode pengujian dengan penekanan pada pemenuhan fungsional perangkat lunak (Pressman & Maxim, 2015).

METODE PENELITIAN

Communication

Pada tahap ini peneliti melakukan analisis terhadap kebutuhan *stakeholder* untuk merancang sistem yang sesuai dengan proses kerja yang saat ini terjadi di lingkungan BMKG. Parameter manajemen *monitoring* kondisi alat yang diperoleh antara lain aturan, alur kerja *monitoring* format dokumen, struktur data, dan aktor yang terlibat dalam pengawasan alat. Parameter ini diperoleh melalui wawancara dengan Bapak Kusairi, S.Si. dan Bapak Tonny Wijaya, S.Kom. selaku *stakeholder* dari UPT Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan.

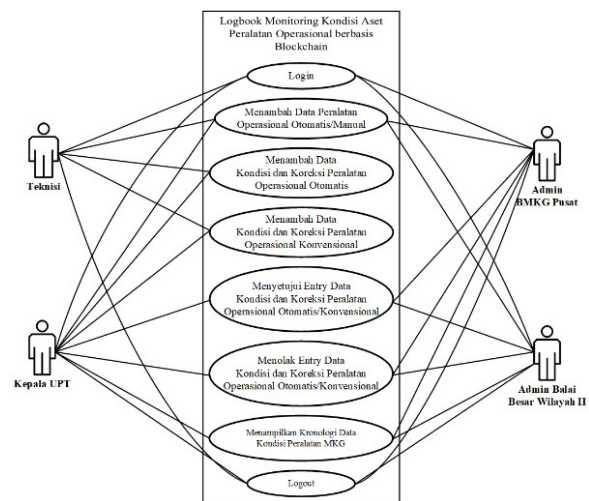
Quick Plan

Pada tahapan ini, hasil analisis dari wawancara dengan *stakeholder* diimplementasikan ke dalam bentuk perancangan sistem dengan metode *Unified Modelling Language*. Perancangan sistem terdiri dari *use case*, *activity* dan *class diagram* serta blok diagram *blockchain*. Sistem yang saat ini berlaku pada UPT yaitu melakukan *monitoring* sesuai format baku pada Peraturan Kepala BMKG Nomor 7 Tahun 2014 dan *monitoring* terhadap peralatan elektronik sederhana seperti ARG dan AWS.

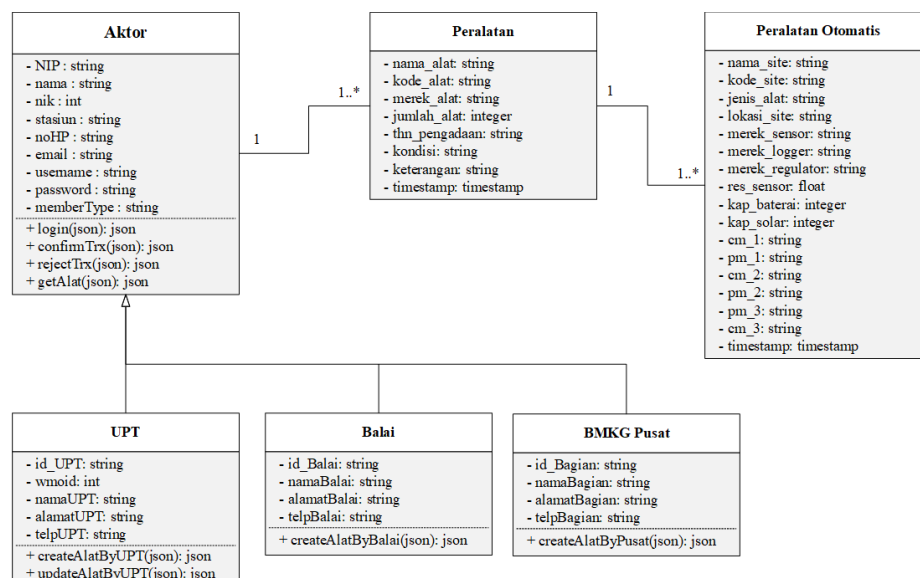
Diagram *use case* merupakan timbal balik antara aktor dengan sistem yang digunakan sebagai fungsionalitas tertinggi dalam sebuah sistem (Sholiq, 2020). Aktor merupakan seseorang atau sesuatu yang melakukan interaksi dengan sistem. Suatu sistem itu digambarkan dalam bentuk simbol- simbol untuk mewakili aktor, *use case* dan relasi. Diagram *use case* ditampilkan pada gambar 1. Aktor yang dapat melakukan interaksi dengan sistem ini antara lain teknisi, kepala UPT, admin BMKG Pusat, dan admin Balai Besar Wilayah II. Teknisi merupakan pengguna sistem yang dapat melakukan transaksi *monitoring* kondisi alat operasional dan aktor lainnya dapat memantau keterletusan pada data kondisi alat operasional. Diagram *class* menjelaskan timbal balik dari setiap kelas dalam sebuah sistem (Sholiq, 2020). Perancangan diagram *class* dalam penelitian ini ditampilkan pada gambar 2. Gambar 2 menunjukkan hubungan antar data pada proses transaksi data berlangsung seperti transaksi teknisi menambahkan data dan memperbarui data. Diagram *sequence* menjelaskan lebih lanjut *business flow* yang terjadi antar aktor dalam *use case* (Sholiq, 2020). Gambar 3 menjelaskan proses pengiriman data dari teknisi hingga database blockchain. Proses pengiriman data dimulai dari pengisian data baru atau kondisi peralatan oleh teknisi. Setelah data diterima di *node* aplikasi, data akan ditinjau kembali oleh *certificate authority* untuk disetujui atau ditolak. Jika fungsi *chaincode* telah memenuhi untuk persetujuan, maka *node* aplikasi akan meneruskan data ke *endorsing peer* untuk dilakukan *hashing*. Setelah data diberi nilai hash, data dikembalikan ke *node* aplikasi. *Node* aplikasi akan membuat transaksi data baru yang berisi data dan hash

data baru. Kemudian *ordering node* akan menghubungkan data baru dengan hash data sebelumnya yang satu jenis. Setelah itu, *ledger* pada blockchain akan diperbarui dan data telah disimpan bersama hash data itu sendiri serta hash data sebelumnya.

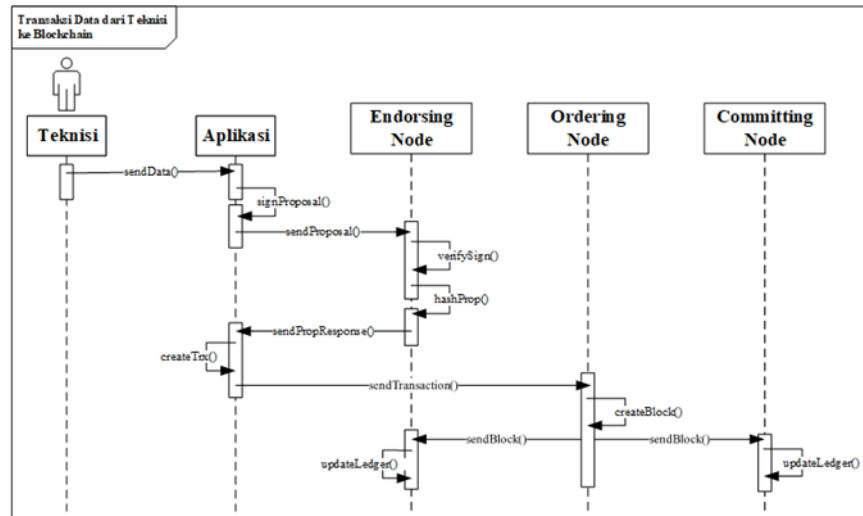
Diagram alir pada sistem *blockchain* ini ditampilkan pada gambar 3. Jaringan *blockchain* ini terdiri dari 3 organisasi yaitu UPT BMKG, BMKG Pusat, dan Balai Besar MKG. Masing-masing organisasi memiliki dua *peer* yang berfungsi sebagai *instance* untuk menyimpan data. Setiap organisasi terhubung dalam satu channel. Setiap organisasi memiliki *membership service provider* (MSP) dan *Certificate Authority* (CA) yang bertindak sebagai identitas dari suatu *peer*. Data MSP dan CA disimpan pada *instance* terpisah dengan *instance* organisasi.



Gambar 1. Diagram Use Case Sistem



Gambar 2. Diagram Class Sistem Monitoring



Gambar 3. Diagram Sequence Sistem Monitoring Kondisi Alat

Modelling Quick Design

Proses *design* berfokus pada representasi antarmuka sistem untuk ditampilkan kepada pengguna akhir (Pressman & Maxim, 2015). Perancangan antarmuka sistem ini dirancang dengan *framework* React JS. Perancangan antarmuka sistem ditampilkan pada gambar 4 dan 5. Antarmuka sistem pada gambar 4 akan menampilkan respon dari *backend server* yaitu data kondisi alat dalam bentuk tabel. Antarmuka sistem pada gambar 5 menampilkan form untuk memperbarui data kondisi alat.

No	Nama Alat	Kode Alat	Merek/Type	Jumlah	Tahun Pengadaan
1	Automatic Rain Gauge (ARG)	3030317140	Casella	16	2009-2019
2	Agroclimate Automatic Weather Station (AAWS)	3030317149	Casella	1	2012
3	Alat Penakar Hujan	3030317139	Obs	145	2009-2019

Gambar 4. Rancangan Antarmuka Dashboard

Tambah Kondisi Peralatan Operasional

Nama Site: Automatic Rain Gauge (ARG)

Kode Site: 3030317140

Baik (R): 16, Rusak, dapat diperbaiki (R): 0, Rusak, tidak dapat diperbaiki (RS): 0

Periode: Agustus 2021

Gambar 5. Rancangan Antarmuka Form

HASIL DAN PEMBAHASAN

Construction of Prototype

Rancangan arsitektur sistem terdiri dari dua komponen yaitu bagian autentikasi dan bagian sistem Blockchain. Bagian autentikasi menggunakan sistem JSON *Webtoken* untuk mengenkripsi kata sandi pada basis data MySQL. Bagian blockchain berfungsi melakukan pengiriman data dan *query* data menggunakan fungsi *smart contract*. Fungsi *smart contract* dikembangkan dengan bahasa pemrograman Go. Setelah fungsi dipanggil melalui *Fabric Package NodeJS SDK* memenuhi *smart contract* dan *peer* serta *orderer* terhubung, maka data yang dikirim akan disimpan pada database *peer* yang menggunakan CouchDB. Implementasi dari keseluruhan sistem *logbook* ditampilkan pada gambar 6 dan 7.

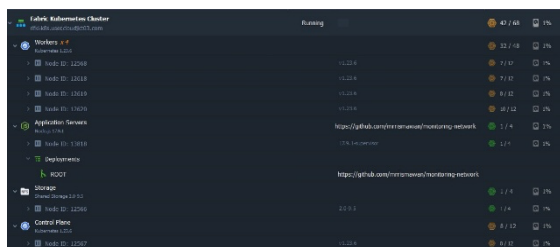
Pengembangan *blockchain* pada penelitian ini menggunakan Hyperledger Fabric dengan Fabric Package API untuk terhubung ke backend dan basis data *world state* pada setiap *peer* menggunakan CouchDB. Perancangan *blockchain* pada penelitian ini menggunakan Kubernetes sebagai *container orchestration* untuk mengontrol komunikasi masing-masing bagian pada *blockchain*. Setiap *peer*, *certificate authority*, dan *orderer* memiliki masing-masing pod (*container*) pada *instance* tertentu dan terpisah serta terisolasi satu sama lain.

Sistem *blockchain Hyperledger Fabric* terdiri dari beberapa sistem *microservices* yaitu *chaincode external container*, *peer container*, dan *orderer container*. *External chaincode container* berfungsi sebagai sistem untuk mengatur bentuk data dan transaksi data sesuai rancangan sistem. *Peer container* berfungsi sebagai penyimpanan data (*database*) *state* dengan CouchDB sebagai sistem

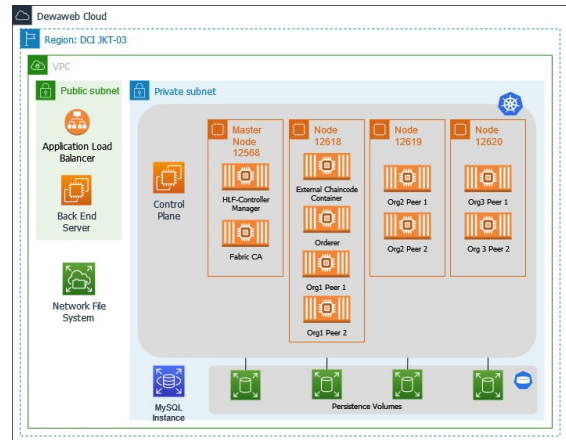
database. *Orderer container* berfungsi sebagai sistem *microservice* untuk melakukan duplikasi data *blockchain* yang diinisiasi ke setiap *peer* di *channel*. *Channel* pada sistem *blockchain* ini memiliki satu *channel* yaitu *mychannel*. Pada sistem ini terdapat tiga organisasi yang masing-masing memiliki dua *peer* dan satu *orderer*. Setiap masing-masing *database* pada *peer* telah diatur untuk memiliki data yang sama ketika terjadi *query* data dari sisi *peer* manapun. Implementasi sistem *Blockchain* pada penelitian ini dilakukan pada layanan *Platform-as-a-Service* (PAAS) Kubernetes di layanan awan Dewacloud. Sistem *Virtual Private Cloud* (VPC) *microservice container* Kubernetes pada sistem ini terdiri dari lima *instance*, satu *NFS Block Storage*, dan satu *Node JS API Server*.

The backend server dapat diakses melalui REST API dengan membuat *request* ke *endpoint API*. Request ke *backend server* dapat diakses dengan program request ke REST API seperti Postman ke alamat <http://node15305-env-5174697.user.cloudjkt01.com:8080>. Setiap *route* pada *endpoint API* diproteksi dengan *jsonwebtoken* untuk melakukan setiap inisiasi. Sistem autentikasi menggunakan basis data MySQL yang berada di *private subnet*. Basis data autentikasi pengguna dihubungkan menggunakan *object relational mapper*. Setelah pengguna memiliki bearer token, maka pengguna bisa melakukan inisiasi *chaincode* menggunakan *wallet* yang telah didaftarkan ke dalam *blockchain*. *Wallet* merupakan identitas pengguna di luar sistem autentikasi *backend* untuk melakukan inisiasi *chaincode* ke sistem *blockchain* yang memiliki dua kredensial yaitu *user certificate* dan *user private key*. Jika *request* dari *client* sesuai dengan struktur API dan autentikasinya telah terverifikasi, maka *server* akan merespons data sesuai permintaan dari sisi *client*.

Implementasi prototipe antarmuka sistem dilakukan dengan menjalankan *development build* pada *localhost*. Website ini mengakses API dari *gateway* yang telah dirancang pada sistem *backend*. Website sistem monitoring ini dapat diakses secara publik melalui alamat monitorlatklim.mrrismawan.my.id.



Gambar 6. Implementasi Sistem Blockchain pada Monitoring Alat



Gambar 7. Diagram Implementasi Arsitektur Sistem

Deployment Delivery and Feedback

Pengujian struktural berfungsi untuk menguji struktur kode *smart contract* pada *chaincode* container. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan koneksi SSH ke Kubernetes *control plane* melalui terminal CLI. *Payload* data untuk dikirim ditambahkan melalui *arguments* sesuai rancangan *chaincode*. Proses pengiriman data ke *peer* akan dimonitor melalui *log* dari masing-masing *container*. Jika masing-masing *peer* dalam keadaan aktif dan siap untuk melakukan *endorsement*, maka data akan tersimpan. Jika salah satu *peer timeout*, maka data akan gagal terkirim dan dianulir oleh *orderer*. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *invoke* data dan *query* data. Jika *invoke* data berhasil dijalankan, maka sistem akan merespons return TxID ke client. TxID akan disimpan sebagai ID transaksi data. Jika *query* data berhasil dijalankan, maka sistem akan merespons data yang telah disimpan ke sistem sesuai dengan rancangan *query* pada *chaincode*. Gambar 8 dan 9 menampilkan hasil *invocation* dari fungsi pada *blockchain*.

```
root@node12567-rifki-kds ~/hlf-kds-skripsi $ kubectl hlf chaincode invoke --config-ne
workConfig.yaml --user=admin --peer=org2-peer1.fabric --chaincode=monitoring --chann
el=mychannel --fcn=CreateAloptama -a "Automatic Rain Gauge (ARG)" -a "3030317140" -a
"Agustus 2021" -a "CASELLA" -a 16 -a "2019" -a 16 -a 0 -a 0 -a ""
INFO [0002] txid=f29d9882a9849906fd6796e72b41e3efb8b407a21b65d98550c6a32acdfe9322
```

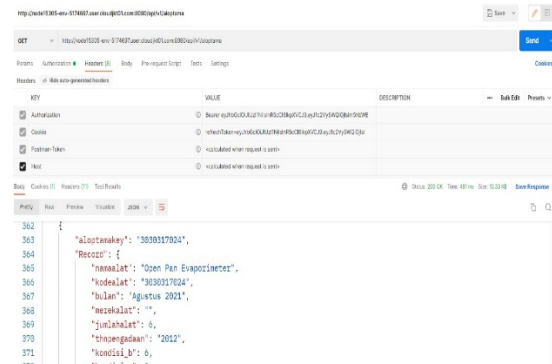
Gambar 8. Hasil Pengujian Invoke Function

```
2022-07-11 02:31:30.566 UTC 0509 INFO [gossip.privdata] StoreBlock -l
> Received block [87] from buffer channel=mychannel
2022-07-11 02:31:30.569 UTC 050a INFO [committer.txvalidator] Validate -
> [mychannel] Validated block [87] in 2ms
2022-07-11 02:31:30.669 UTC 050b INFO [kylseder] commit -
> [mychannel] Committed block [87] with 1 transaction(s) in 99ms (state_validation=
29ms block_and_privdata_commit=2ms state_commit=63ms) commitHash=eddd776ec
487fb978c549f5ce0fe3bcca2a12e8f349000476b6084dcb7213f4f7]
```

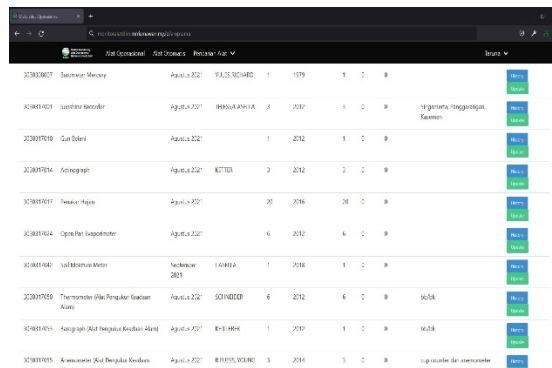
Gambar 9. Log Sistem pada Peer di Org2

Pengujian fungsional dilakukan untuk menguji *backend* dan *frontend* sistem. Pengujian *backend*

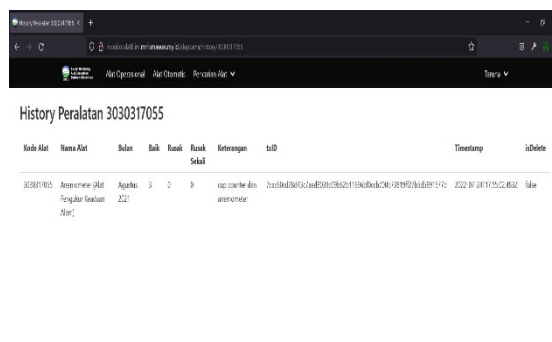
dilakukan dengan mengirim data dengan Postman ke API *endpoint*. Pengujian *frontend* dilakukan dengan mengakses *website* pada Mozilla Firefox versi 103.0.2.



Gambar 10. Hasil Pengujian API Gateway pada Backend Sistem



Gambar 11. Hasil Pengujian Antarmuka Dashboard Sistem



Gambar 12. Hasil Pengujian Antarmuka History Peralatan

Pengujian kuesioner bertujuan untuk mendapatkan *feedback* dari pengguna terhadap implementasi hasil sistem yang telah diterapkan di *development environment*. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan survei kepada calon pengguna sistem setelah responden melakukan percobaan sistem.

No	Pernyataan	Nilai Responden					Rata-rata (%)
		1	2	3	4	5	
1	Sistem monitoring ini mudah untuk dipelajari dan digunakan				4	8	93,33
2	Informasi pada sistem ini mudah untuk dimengerti				5	7	91,67
3	Sistem ini mempermudah proses monitoring alat				3	9	95
4	Antarmuka pada sistem ini responsif, menarik, dan mudah untuk digunakan		1	1	5	5	83,33
5	Fitur pada sistem ini bekerja sesuai dengan fungsinya				4	8	93,33
Total							91,332

KESIMPULAN

Sistem *monitoring* kondisi peralatan operasional untuk Stasiun Klimatologi Tangerang Selatan berbasis Blockchain Hyperledger Fabric telah berhasil dirancang di dalam sistem Kubernetes Cluster. Sistem berhasil melakukan duplikasi data antar *peer* yang berbeda *instance* melalui channel *mychannel* dan *orderer*. *Database monitoring* ini telah diimplementasikan menggunakan *container orchestration*. Sistem blockchain ini dapat diakses secara daring melalui antarmuka situs web dan melalui API *gateway*. Alamat web untuk mengakses antarmuka sistem adalah <http://monitoratklm.mrrismawan.my.id>. Alamat API *gateway* untuk mengakses data melalui REST API adalah <http://node15305-env-5174697.user.cloudiqt01.com:8080/{endpoint}>.

Sistem blockchain mampu meningkatkan integritas data di pada database karena data yang telah dikirim ke sistem blockchain tidak dapat dihapus sepenuhnya dari keseluruhan sistem. Sistem blockchain juga mampu meningkatkan keamanan data pada sistem karena memerlukan dua kali autentikasi ke dalam sistem. Keamanan pertama autentikasi ke backend menggunakan *Bearer Token* dari hasil verifikasi *access token cookie* ke API server dan keamanan kedua autentikasi ke sistem blockchain dengan X.509 wallet yang diregistrasi oleh administrator sistem dari API server ke Kubernetes Cluster

DAFTAR PUSTAKA

- Aleshi, A., Seker, R., & Babiceanu, R. F. (2019). Blockchain Model for Enhancing Aircraft Maintenance Records Security. *2019 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)*, 1–7.
<https://doi.org/10.1109/HST47167.2019.9032943>
- Antwi, M., Adnane, A., Ahmad, F., Hussain, R., Habib, M., & Abdelaziz, C. (2021). The case of HyperLedger Fabric as a blockchain solution for healthcare applications. *Blockchain: Research and Applications*, 2(1), 100012.
<https://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100012>
- Christidis, K., & Member, G. S. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>
- Gupta, M. (2020). *Blockchain For Dummies, 3rd IBM Limited Edition* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Munir, R. (2019). *Kriptografi: Kuliah Pengantar*. Prodi Informatika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Nomor 7 Tahun 2014 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Pemeliharaan Peralatan Pengamatan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika., 1 (2014).
- Pressman, R. S., & Maxim, B. (2015). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th Editio). McGraw-Hill Education.
- Setiawan, E. P., Bhawiyuga, A., & Siregar, R. A. (2020). Pengembangan Sistem Rekam Medis Rumah Sakit dengan Multi User Rest Server berbasis Permissioned Blockchain menggunakan Framework Hyperledger. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 4(1), 1–10.
- Sholih. (2020). *Pemodelan Sistem Informasi Berorientasi Objek Dengan UML* (Ed. 1). Graha Ilmu.
- Valenta, M., & Sandner, P. G. (2017). *Comparison of Ethereum, Hyperledger Fabric and Corda*.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.-N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: a survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352–375.