

Implementasi *Blockchain* Pada Sistem *Smart Farming* Berbasis *Internet Of Things*

1st Mohamad Rizki Anwar

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

rizkianwar@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Favian Dewanta

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

favian@telkomuniversity.ac.id

3rd Fardan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

fardanfnn@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Penyimpanan *Internet of Things* pada umumnya rentan mengalami *server down* sehingga data yang tersimpan pada *database* terpusat tidak dapat diakses dan rentan hilang. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian dengan menerapkan sistem *database blockchain* pada *smart farming*, di mana data akan disimpan secara desentralisasi pada semua *node* yang terdaftar di jaringan. Jika terjadi kegagalan sistem pada salah satu *node*, tidak akan mempengaruhi sistem pada *node* lainnya. Pembuatan sistem *private blockchain* menggunakan *framework Ethereum* dengan konsensus *Proof of Work (PoW)* dan *Proof of Authority (PoA)*. Sistem I terkoneksi dengan *Node I* dan Sistem II terkoneksi dengan *Node II*. Proses pengiriman data sensor ke *blockchain* menggunakan *web server*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *blockchain* dengan konsensus *PoA* lebih baik dibandingkan *PoW*. Hasil proses pengujian *mining rate* pada *blockchain PoA* memiliki *delay* tertinggi 15 detik dan *blockchain PoW* tidak memiliki batas *delay* untuk *mining rate*. Penggunaan *resource* sistem *ubuntu blockchain PoA* lebih efisien sebesar 69,55% pada CPU dan 1,945% untuk RAM. Pada *blockchain PoA* blok yang dihasilkan cenderung stabil dan tidak dipengaruhi jumlah *node*. Proses *delay setData* dan *getData* pada *blockchain PoA* lebih cepat 0,1 detik. Pada *delay* proses validasi blok, *blockchain PoA* rata-rata selama 0,5 *milliseconds*, sedangkan *blockchain PoW* rata-rata 10-15 *milliseconds*.

Kata kunci — *blockchain, internet of things, proof of authority, proof of work*

Abstract—*Internet of Things* storage is generally vulnerable to *server down* so that the data stored in the centralized *database* cannot be accessed and vulnerable to disappear. Therefore, the author conducts research by implementing the *blockchain database system* on *Smart Farming*, where data will be stored in a decentralized on all nodes listed on the network. If a system failure occurs in one node, it will not affect the system on another node. Making a *private blockchain* system using the *Ethereum framework* with the *Proof of Work (PoW)* and *Proof of Authority (PoA)* consensus. System I is connected to *Node I* and System II connected with *Node II*. The process of sending sensor data to *blockchain* uses a *web server*. The test results show that *blockchain* with the *PoA* consensus is better than *PoW*. The results of the *mining rate* testing process on *blockchain PoA* have a highest *delay* of 15 seconds and *blockchain PoW* has no *delay* limit for *mining rates*. The use of the *Ubuntu* resource,

blockchain PoA is more efficient at 69.55% on the CPU and 1.945% for RAM. The resulting blockchain PoA block tends to be stable and not affected by the number of nodes. The process of delay setData and getData on blockchain PoA is 0,1 seconds. On the delay of the block validation process, blockchain PoA is average for 0,5 milliseconds, while the blockchain PoW averages 10-15 milliseconds.

Keywords— *blockchain, internet of things, proof of authority, proof of work*

I. PENDAHULUAN

Beberapa teknologi yang diterapkan pada industri 4.0 dua di antaranya yaitu *Internet of Things (IoT)* dan *Blockchain Technology* [1]. Teknologi IoT dengan berbagai skema pengamanan komunikasi datanya [2] [3] telah banyak diimplementasikan di berbagai bidang, namun masih memiliki beberapa kekurangan di bagian integritas data [4]. *Blockchain* merupakan buku besar (*ledger*) atau basis data yang *decentralized, distributed, dan immutable* yang menyimpan aset dan daftar transaksi dalam jaringan *peer-to-peer* [5]. Oleh karena itu, penggabungan teknologi *blockchain* dalam arsitektur *Internet of Things (IoT)* diharapkan dapat menjadi solusi dari permasalahan *Internet of Things (IoT)* yang memiliki kelemahan di bagian keamanan data.

Salah satu bentuk penerapan *Internet of Things (IoT)* dalam industri pertanian yaitu *smart farming*. *Smart farming* adalah sebuah inovasi teknologi yang bergerak di bidang pertanian untuk meningkatkan kualitas dan mutu produksi pangan di Indonesia guna terwujudnya ketahanan pangan yang selalu konsisten dari masa ke masa [6].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Anggun dkk., *blockchain* diterapkan pada sistem IoT *Smart Energy Meter* untuk memantau penggunaan daya listrik pada suatu beban tertentu. Kemudian data daya tersebut akan dikirimkan dari *Raspberry Pi* ke *Node I* menggunakan *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* karena *communication*

overhead yang rendah dan efisiensi sumber daya [7]. Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat kekurangan yaitu pada komunikasi *Raspberry Pi* terhadap jaringan *blockchain* yang hanya dapat terhubung ke *Node I* dan algoritma konsensus yang digunakan yaitu PoA. Oleh karena itu, pada ada penelitian ini dibuat sistem integrasi *blockchain* pada *Internet of Things* (IoT) *smart farming* dengan pusat kontrol *NodeMCU ESP8266* yang dapat terhubung dengan *Node I* dan *Node II* jaringan *blockchain* dengan algoritma konsensus *Proof-of-Work* (PoW) dan *Proof of Authority* (PoA) dengan pengiriman data menggunakan *web server*. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan pada data *Internet of Things* (IoT) dan efektifitas skalabilitas dari penelitian sebelumnya.

II. KAJIAN TEORI

A. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah sistem yang menghubungkan berbagai perangkat ke internet sehingga antar perangkat *Internet of Things* (IoT) dapat saling berkomunikasi dengan tujuan membuat otomatisasi terhadap suatu hal dan mendapatkan output yang telah ditentukan sebelumnya [8]. Perangkat IoT dapat saling berkomunikasi dengan adanya koneksi internet. Pada *Internet of Things* (IoT) terdapat sensor-sensor yang terhubung pusat kontrol yang telah diprogram sedemikian rupa sehingga nantinya menghasilkan data dan dapat diproses atau ditampilkan pada website sesuai keperluan perancangan IoT [9]. *Internet of Things* (IoT) sudah banyak diintegrasikan ke dalam berbagai bidang kehidupan antaranya kesehatan, pertanian, transportasi dan lainnya [10].

1. Mikrokontroler ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah chip terintegrasi yang dirancang untuk menghubungkan mikrokontroler dengan internet melalui *Wi-Fi*. *ESP8266* memiliki kemampuan pengolahan dan penyimpanan *on-board* yang kuat, yang memungkinkannya untuk diintegrasikan dengan sensor dan aplikasi perangkat khusus lain melalui *GPIOs* dengan pengembangan yang mudah serta waktu *loading* yang minimal [11].

B. Website

Website merupakan sekumpulan halaman yang menampilkan berbagai informasi baik dalam bentuk teks, gambar, animasi suara dan atau gabungan dari keseluruhan. Sistem dalam *website* saling terkait satu sama lain. *Website* terdiri dari dua jenis yaitu statis dan dinamis [12].

C. Web Server

Web server merupakan *software* berfungsi sebagai penerima *request* dari *client* dan tempat aplikasi sebagai web. Secara sistem *web server* memberikan layanan data yang menerima *request* (*HyperText Transfer Protocol*) *HTTP* atau *HTTPS* dari *client* yang dikenal dengan *web browser* dan mengembalikan hasil *request* dalam bentuk halaman web yang umumnya berbentuk dokumen *HTML* [13].

D. Perl Hypertext Preprocessor (PHP)

Bahasa *Perl Hypertext Preprocessor* (PHP) merupakan bahasa *server-side-scripting*, di mana untuk penggunaan dalam web bersifat monolid atau menyatu dengan bahasa *HTML*. Selain itu, penggunaan PHP juga digunakan untuk mengatur jalannya suatu sistem website agar sesuai dengan apa yang diinginkan [14].

E. Web3

Web3 merupakan sebuah *library* yang digunakan untuk menghubungkan *blockchain* dengan *website*. Penggunaan *library* web3 bertujuan agar API dapat berinteraksi dengan *smart contract* [15]. Adapun fungsi dari API yaitu untuk proses pemanggilan fungsi pada *smart contract*, baik dalam proses menyimpan dan menampilkan data ke dalam *website* serta untuk pengolahan data.

F. Blockchain

Blockchain pada dasarnya sebuah basis data yang atau biasa disebut dengan buku besar (*ledger*) yang bersifat *distributed*, *decentralized* dan *immutable* yang tergabung dalam jaringan *peer-to-peer* [16]. *Blockchain* merupakan sebuah penerapan dari sistem *Distributed Ledger Technology* (DLT) di mana teknologi ini mengharuskan adanya protokol konsensus dalam proses pengelolaan basis data agar terjadinya kesepakatan bersama antar anggota (*node*). Setiap *node* yang ada di jaringan *blockchain* memiliki salinan data transaksi yang tergabung menjadi rantai blok dan tidak dapat diubah atau *immutable* [17].

1. Struktur Blockchain

Blockchain salah satu teknologi yang cukup baik dalam segi penyimpanan data. Pada teknologi *blockchain* terdapat struktur penyusun yang kompleks. Struktur penyusun *blockchain* terdiri dari 3 bagian yaitu blok, rantai dan *network* [18].

2. Jenis Blockchain

Terdapat tiga jenis *blockchain* yang umumnya diimplementasikan sesuai dengan keperluan dan tujuan yang dibutuhkan. Adapun

jenis-jenis *blockchain* antara lain sebagai berikut [19] :

- a. *Public Blockchain*
Public blockchain merupakan jaringan distribusi *ledger* yang bersifat publik, artinya siapa saja dapat ikut serta terlibat dalam jaringan *public blockchain*.
- b. *Private Blockchain*
Private blockchain merupakan salah satu jenis *blockchain* yang bertujuan untuk memfasilitasi transaksi atau pertukaran informasi secara internal di dalam suatu organisasi atau suatu kelompok. Hak akses untuk *blockchain* privat biasanya hanya anggota suatu organisasi atau perusahaan yang tergabung di dalam suatu proyek yang ada keterkaitan dengan *blockchain*.
- c. *Consortium Blockchain*
Consortium blockchain merupakan perpaduan *public blockchain* dan *private blockchain*. Terdapat beberapa *node* yang telah ditentukan sebelumnya yang nantinya dapat mengontrol jaringan. *Node* tersebut dapat menentukan siapa saja yang bisa menjadi anggota dalam jaringan dan *node* mana saja yang menjadi *miner*.

G. *Ethereum*

Ethereum adalah platform perangkat lunak berbasis *blockchain* khusus yang memungkinkan membangun dan menjalankan *smart contract* [20]. *Ethereum* memiliki karakteristik *statefull* dan *Turing Completeness* [21]. Pada *Ethereum* terdapat 2 komponen yaitu *Turing-complete virtual processor* atau *Ethereum Virtual Machine* (EVM) dan token atau *Ether* digunakan untuk transaksi. *Ethereum Virtual Machine* digunakan untuk membuat *smart contract* dengan menggunakan bahasa pemrograman *solidity*.

1. *Account*

Account merupakan identitas dari entitas yang tergabung dalam *Ethereum*, entitas tersebut seperti pengguna, *node* dan *smart contract*. *Account* pada *Ethereum* terbagi menjadi 2 jenis yaitu *Externally Owned Account* dan *Contract Account* [22], yaitu :

- a. *Externally Owned Account*
Externally owned account (EOA) merupakan akun yang dimiliki oleh pengguna atau *node*. Saat membuat akun *Ethereum* maka akan menghasilkan *private key* dan *public key*. *Public key* dan *private key* ini yang nantinya akan digunakan saat proses transaksi pada *blockchain*.

b. *Contract Account*

Contract Account merupakan identitas dari *smart contract* yang terdapat pada *Ethereum*. Akun ini dapat diidentifikasi menggunakan *public key* namun tidak memiliki *private key*. Oleh karena itu, *contract account* hanya dapat melakukan transaksi sebagai bentuk respon setelah menerima transaksi dari *account* lain.

2. Transaksi

Transaksi pada *Ethereum* merupakan data yang berisi pesan pengiriman dari satu *Externally owned account* (EOA) ke akun lain dan telah ditandatangani di dalam *blockchain*. Proses transaksi ini yang memicu berjalannya kode pada *smart contract* akun dan menyebabkan perubahan saldo pada akun tersebut untuk membayar transaksi yang dilakukan [23].

3. Fungsi Hash

Fungsi *hash* digunakan untuk menjaga kerahasiaan, integritas dan otentikasi data. Proses enkripsi data menggunakan algoritma kriptografi sehingga ada proses enkripsi dan dekripsi. Fungsi *hash* merupakan sebuah fungsi yang memiliki ciri khas panjang nilai *output* tetap tanpa dipengaruhi panjang nilai *input* [24].

H. *Smart Contract*

Pada jaringan *blockchain* terdapat aturan atau perjanjian antar *node* yang saling terhubung. Sistem perjanjian antar *node* menggunakan algoritma konsensus, di mana algoritma tersebut berbentuk *source code* dan dinamakan *smart contract* [25]. *Smart contract* disimpan di dalam database publik, dapat dilihat namun tidak dapat diubah hal ini karena *smart contract* berjalan di dalam jaringan *blockchain*.

I. Algoritma *Proof of Work*

Algoritma *Proof of Work* merupakan sebuah protokol konsensus yang berfungsi mencegah serangan *Distributed Denial of Service* (DDoS). Serangan ini dapat melumpuhkan jaringan target. Persyaratan utama algoritma konsensus *Proof of Work* yaitu proses *mining*. Proses *mining* merupakan proses memecahkan tingkat kesulitan yang diterapkan pada jaringan *blockchain* agar dapat menyimpan data ke dalam blok baru ke dalam jaringan *blockchain* [26]. Pada algoritma *Proof of Work* pada *miners* berkompetisi untuk menambahkan blok baru.

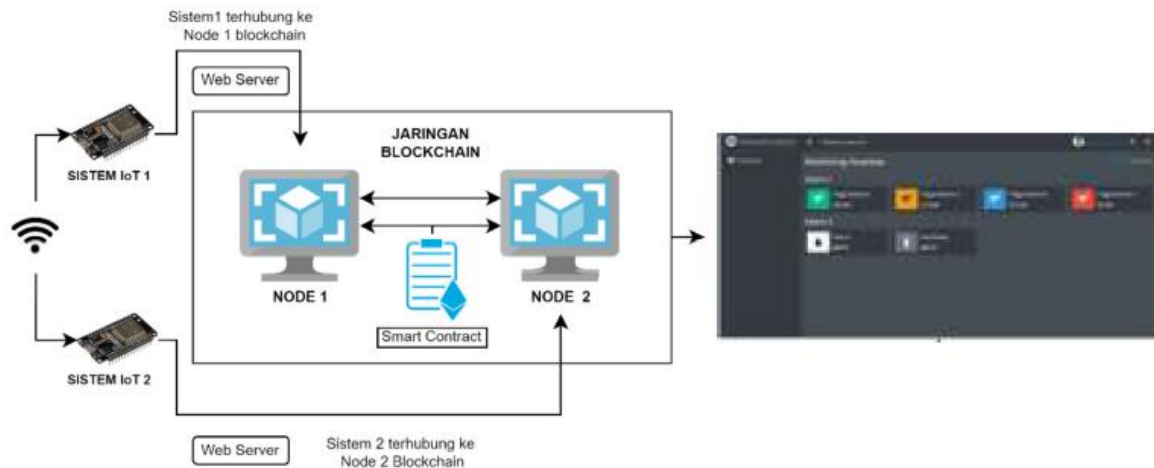
J. Algoritma *Proof of Authority*

Algoritma *Proof of Authority* bergantung pada kumpulan entitas tepercaya yang dikenal

sebagai validator (yaitu, otoritas). Validator bertanggung jawab untuk mengumpulkan transaksi dari klien, membuat dan menambahkan blok ke rantai. Algoritma berjalan dalam putaran, di mana pada setiap putaran validator diperbolehkan untuk mengusulkan blok. Validator lain memverifikasi blok yang diusulkan dan menambahkan blok ke salinan lokal *blockchain* [27].

III. METODE

Implementasi *blockchain* sebagai database pada sistem IoT *smart farming* bertujuan untuk memberikan keamanan pada data-data dari sensor dari IoT.

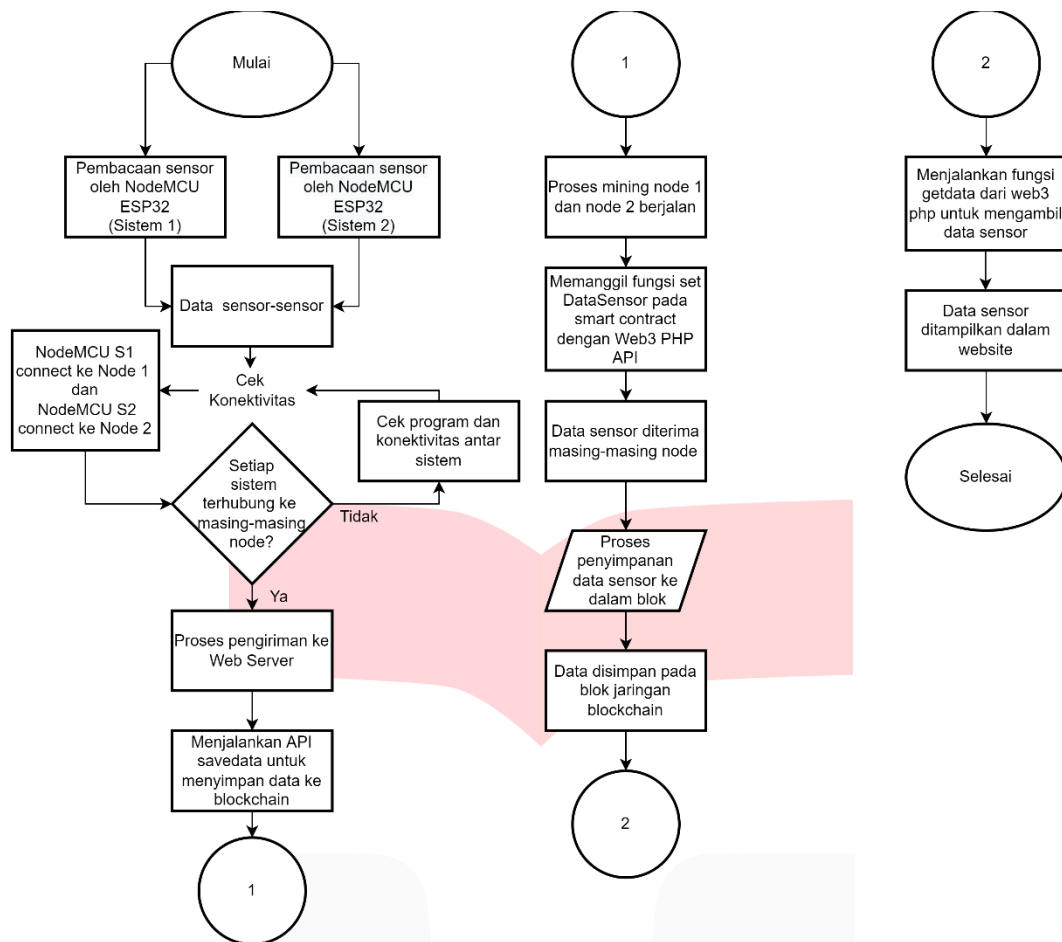


GAMBAR 1
DESAIN SISTEM

Gambar 1. merupakan pusat kontrol IoT menggunakan *NodeMCU ESP8266* yang terbagi menjadi dua sistem. Sistem I terdapat *NodeMCU ESP8266*, sensor suhu air dan sensor suhu ruang. Sistem ini dibuat untuk memantau suhu air dan suhu ruang pada ruangan tanaman hidroponik. Sistem II terdapat *NodeMCU ESP8266* dan empat buah sensor ultrasonik. Sistem II bertujuan memantau pertumbuhan tanaman kangkung. Pemasangan modem juga dilakukan di tempat penelitian agar sistem IoT dapat terhubung dengan internet. Pembacaan sensor di Sistem I dan Sistem II dilakukan oleh pusat kontrol setiap sistem. Data-data sensor yang terbaca kemudian dikirim ke

jaringan *blockchain* melalui *web server*. Pada proses pengiriman, setiap *NodeMCU ESP8266* pada masing-masing sistem berfungsi sebagai pengirim data sedangkan *Node I* dan *Node II* yang ada di *virtual machine* sebagai penerima data. Pada sistem ini, *Node I* terhubung dengan Sistem I dan *Node II* terhubung dengan Sistem II. Setelah data diterima, kemudian disimpan di dalam *database blockchain* dengan memanggil API fungsi *setData* pada *smart contract* menggunakan *web3 PHP*. Data pada *blockchain* kemudian diambil melalui API untuk ditampilkan pada *website*.

A. Diagram Alir Cara Kerja Sistem



GAMBAR 2
DIAGRAM ALIR SISTEM *PRIVATE BLOCKCHAIN*

Gambar 2. merupakan diagram alir proses sistem kerja *private blockchain*. Proses awal yaitu pembacaan sensor oleh sistem satu dan sistem dua oleh *NodeMCU ESP8266* pada masing-masing sistem IoT. Data sensor yang dibaca selanjutnya dikirim menggunakan melalui *web server*. Pada sistem ini, pengirim yaitu *NodeMCU ESP8266* pada Sistem I dan Sistem II, sedangkan penerima yaitu *Node I* dan *Node II*. Sistem I terhubung dengan *Node I* dan Sistem II terhubung dengan *Node II*. Setelah proses pengiriman data dari *NodeMCU ESP8266* ke jaringan *blockchain* terjadi, selanjutnya dilakukan proses *mining*. Proses *mining* yaitu *node* mengirimkan permintaan ke jaringan untuk menyimpan sebuah transaksi ke dalam blok baru. Transaksi di sini yaitu data dari sensor yang telah dikirim dari sistem IoT.

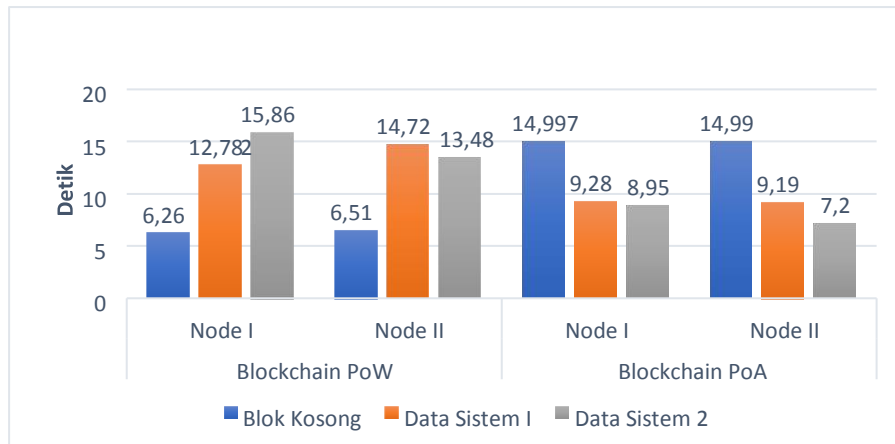
Proses penyimpanan data dilakukan dengan memanggil fungsi *setDataSensor* pada *smart contract* dengan *web3 PHP API*. *Node* yang melakukan *mining* juga melakukan validasi

terhadap data yang akan disimpan apakah sesuai dengan aturan perhitungan fungsi *hash* atau tidak. Jika memenuhi maka selanjutnya akan disimpan ke dalam blok baru. Blok baru yang terbentuk kemudian diumumkan ke jaringan lain agar *node* lain juga menyimpan catatan transaksi tersebut. Selanjutnya yaitu proses menampilkan data sensor ke dalam *website* dengan memanggil fungsi *getDataSensor* menggunakan *PHP API* pada *smart contract*. Data yang ditampilkan pada *website* berupa data sensor-sensor tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian *Mining Rate*

Pengujian pada sistem *blockchain PoA* dilakukan dengan mengukur rata-rata kecepatan *mining* pada *blockchain* yang dirancang pada *virtual machine* tersebut dan dengan kecepatan internet 30 Mbps. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan kecepatan rata-rata *mining* yang dilakukan oleh *blockchain PoW*.

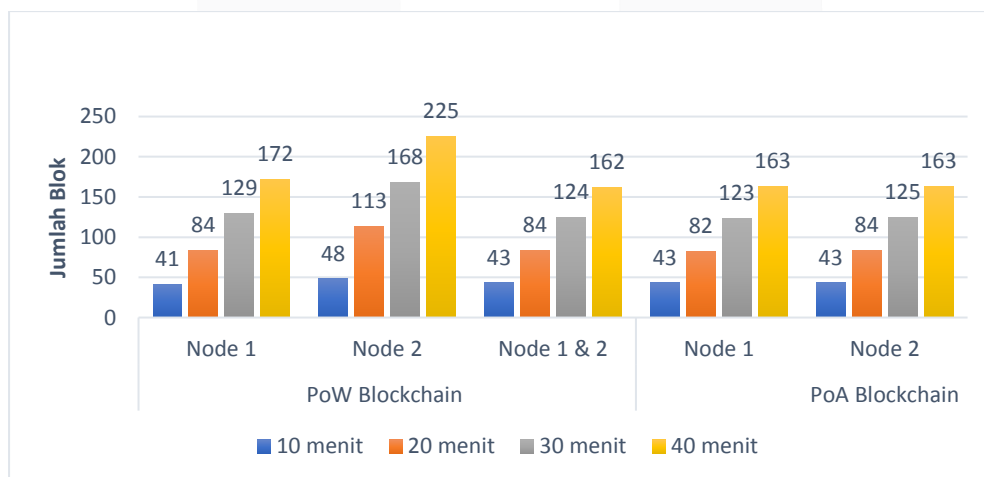


GAMBAR 3
GRAFIK PENGUJIAN MINING RATE

Gambar 3. merupakan perbandingan hasil pengujian *mining rate* pada *blockchain* PoW dan PoA yaitu nilai *mining rate* pada PoW dipengaruhi oleh komputasi *machine* dan akses internet, serta nilai *delay mining* setiap blok cenderung fluktuatif. Sedangkan nilai *mining rate* pada *blockchain* PoA juga dipengaruhi oleh spesifikasi komputer dan koneksi namun pengaruh paling tinggi yaitu pada proses penentuan lama *mining* sebuah blok yang ditentukan untuk satu kali *mining*. *Delay mining* untuk setiap *node* tidak dapat dipastikan jumlah pasti kecepatannya dikarenakan ada parameter yang tidak pasti seperti koneksi internet.

B. Pengujian Jumlah Blok berdasarkan Waktu Mining

Pengukuran ini dilakukan dengan menentukan jumlah durasi waktu *mining* untuk mengetahui jumlah blok baru yang berhasil ditambahkan selama durasi waktu yang telah ditentukan.. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga skema. Pengukuran yang pertama yaitu dengan menjalankan *mining* di kedua *node*, untuk yang kedua yaitu menjalankan *mining* di *Node I* dan *Node II* melakukan *mining*, sedangkan yang ketiga yaitu *mining* di *Node II* saja.



GAMBAR 4
PENGUJIAN MINING BERDASARKAN WAKTU

Gambar 4. merupakan perbandingan hasil pengujian *mining* berdasarkan waktu yang menunjukkan bahwa pada *blockchain* PoA jumlah *node* tidak mempengaruhi jumlah blok yang berhasil ditambahkan sedangkan pada *blockchain* PoW jumlah *node* mempengaruhi hasil *mining*. Selain itu juga spesifikasi komputer dan koneksi internet juga mempengaruhi kedua konsensus, namun untuk *blockchain* PoA pengaruhnya sedikit,

beda halnya dengan *blockchain* PoW yang menghasilkan blok lebih fluktuatif karena dipengaruhi parameter tersebut.

C. Pengujian Sistem berdasarkan Status Node

Pengujian ini dilakukan untuk menguji sistem *blockchain* berdasarkan status *node*. Hal ini ditujukan untuk mengukur performansi *blockchain* sehingga jika ada kondisi tertentu pada saat sistem berjalan penulis bisa mengetahui apakah sistem

blockchain tetap dapat menyimpan data atau sebaliknya. Adapun detail pengujian ada pada **Tabel 1.** di bawah ini.

TABEL 1
TABEL PENGUJIAN SISTEM *BLOCKCHAIN* BERDASARKAN STATUS *NODE*

No	Skenario Pengujian	Sistem I	Sistem II	Status yang diharapkan	Hasil (PoW)	Hasil (PoA)
1.	<i>Node I</i> aktif dan <i>Node II</i> aktif	Data tersimpan	Data tersimpan	- <i>Mining</i> berhasil - Jumlah blok sinkron	Sesuai	Sesuai
2.	<i>Node I</i> aktif dan <i>Node II on</i>	Data tersimpan	Data tersimpan	- <i>Mining</i> oleh <i>Node I</i> berhasil - Jumlah blok pada kedua <i>node</i> sinkron	Sesuai	Sesuai
3.	<i>Node I</i> aktif dan <i>Node II off</i>	Data tersimpan	Data tidak terkirim	- <i>Mining</i> oleh <i>Node I</i> berhasil - Jumlah blok tidak sinkron	Sesuai	Sesuai
4.	<i>Node I on</i> dan <i>Node II</i> aktif	Data tersimpan	Data tersimpan	- <i>Mining</i> oleh <i>Node II</i> berhasil - Jumlah blok sinkron	Sesuai	Sesuai
5.	<i>Node I off</i> dan <i>Node II</i> aktif	Data tidak terkirim	Data tersimpan	- <i>Mining</i> oleh <i>Node II</i> berhasil - Jumlah blok tidak sinkron	Sesuai	Sesuai
6.	<i>Node I on</i> dan <i>Node I on</i>	Data diterima	Data diterima	- Data belum tersimpan - Status <i>mining pending</i>	Sesuai	Sesuai
7.	<i>Node I on</i> dan <i>Node II off</i>	Data diterima	Data tidak terkirim	- Data belum tersimpan - Status <i>mining pending</i>	Sesuai	Sesuai
8.	<i>Node I off</i> dan <i>Node II on</i>	Data tidak terkirim	Data diterima	- Data belum tersimpan - Status <i>mining pending</i>	Sesuai	Sesuai
9.	<i>Node I off</i> dan <i>Node II off</i>	Data tidak terkirim	Data tidak terkirim	- Data gagal disimpan	Sesuai	Sesuai

Keterangan :

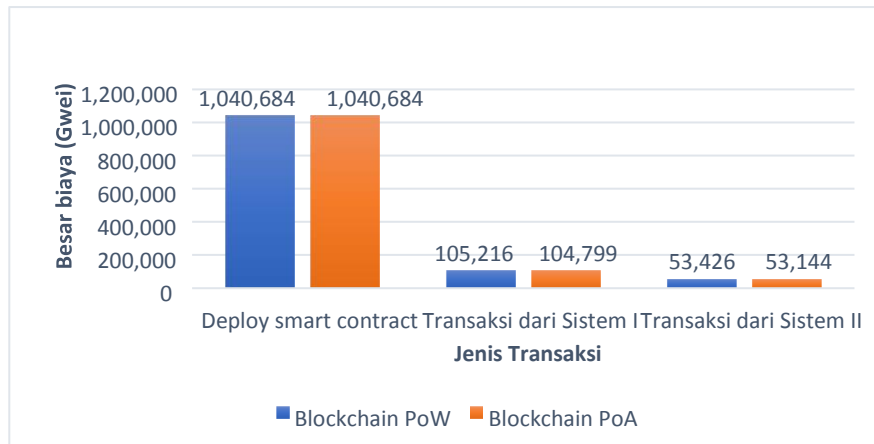
- aktif : *node* melakukan *mining* dan validasi
- on : *node* hanya melakukan validasi dan menambahkan blok
- off : *node* tidak *mining* atau validasi

on dan *node* lainnya *off* maka data yang masuk ke *node* yang *on* akan masuk ke daftar antrian atau dengan status *pending*, data akan tersimpan setelah proses *mining* di jalankan, tetapi untuk data yang dikirim ke *node* yang *off* maka pengiriman akan gagal. Sedangkan jika tidak ada *node* aktif maka data tidak akan terkirim karena tidak ada koneksi dari web3 ke *node*.

Penulis melakukan skema pengujian sebanyak sembilan kondisi. Adapun hasil dari proses pengujian mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan penulis. Pada proses pengujian ini dibatasi oleh skema perancangan yaitu Sistem I hanya terhubung dengan *Node I* dan Sistem II hanya terhubung dengan *Node II*. Data akan tetap tersimpan jika *node* penerima *on* atau aktif. Jika kondisi salah satu *node* penerima hanya *on* saja dan *node* lain aktif maka *mining* dilakukan oleh *node* yang aktif. Pada kondisi salah satu *node* penerima

D. Pengukuran *Gas Fee* terhadap Jenis Transaksi

Pengukuran dilakukan dengan mencatat transaksi yang dilakukan pada saat *deploy smart contract*, transaksi dari Sistem I ke *Node I* dan transaksi dari Sistem II ke *Node II*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui apakah pengaruh sistem konsensus terhadap transaksi pada *blockchain*. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil masing-masing 30 sampel data transaksi dari Sistem I dan Sistem II.



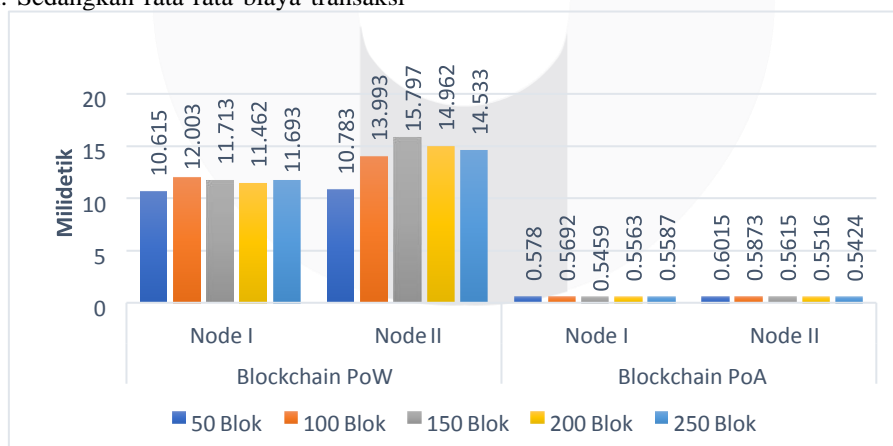
GAMBAR 5
PERBANDINGAN GAS FEE DENGAN JENIS TRANSAKSI

Gambar 5. merupakan hasil pengukuran pengaruh *Gas Fee* terhadap jenis transaksi. Biaya transaksi paling besar saat melakukan *deploy smart contract* yaitu memakan biaya lebih dari satu juta *Gwei* baik pada *blockchain* PoW atau PoA. Hal itu tidak bermasalah dikarenakan proses *deploy smart contract* hanya dilakukan sekali pada saat awal saja. Biaya yang dibebankan pada saat *deploy smart contract* antara konsensus PoW dan PoA memiliki besar yang sama. Pengujian lain yaitu menghitung proses transaksi rata-rata dari Sistem I ke *Node I* dan dari Sistem II ke *Node II* sebanyak 30 kali. Transaksi dari Sistem I berisi data sensor tinggi tanaman sebanyak empat data. Biaya total pada transaksi ini yang rata-rata 100 ribu *Gwei* untuk empat transaksi pada *blockchain* PoW dan PoA. Biaya tersebut merupakan penyimpanan empat data sensor tinggi. Sedangkan rata-rata biaya transaksi

dari Sistem II rata-rata memakan biaya sekitar 50 ribu *Gwei*.

E. Pengukuran *Delay* Proses Validasi Blok

Proses pengukuran *delay* proses validasi dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan pada saat sebuah *node* melakukan validasi transaksi yang dilakukan oleh *node* lain sebelum transaksi tersebut disimpan ke dalam blok. Pengukuran dilakukan dengan melakukan *mining* pada salah satu *node*, di mana jika salah satu *node mining* maka *node* yang lain akan melakukan validasi. Berikut hasil pengukuran *delay* proses validasi di masing-masing *node*.



GAMBAR 6
DELAY PROSES VALIDASI BLOK

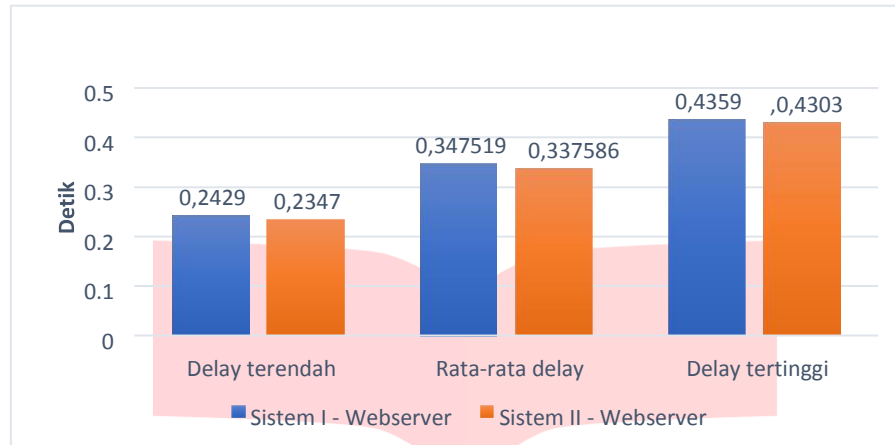
Gambar 6. merupakan *delay* proses validasi blok. Pengambilan *delay* dilakukan sebanyak lima kali percobaan yaitu 50, 100, 150, 200 dan 250 blok. Hasil pengukuran didapatkan bahwa *blockchain* PoW memiliki *delay* yang lebih lama dalam proses validasi blok dengan *delay*

diatas 10 *milliseconds*. Namun, *delay* validasi antara *Node I* dan *Node II*, *blockchain* PoW lebih stabil. Sedangkan hasil pengukuran pada *blockchain* PoA hasil yang didapatkan lebih cepat yaitu di bawah dua *milliseconds* untuk *Node I* dan di bawah satu *milliseconds* untuk *Node II*. Hasil

tersebut sesuai dengan sifat *blockchain* PoW dan PoA, di mana proses pada *blockchain* PoW dipengaruhi oleh spesifikasi komputer dan kecepatan akses internet, sedangkan *blockchain* PoA dipengaruhi oleh jumlah *node* validator.

F. Pengukuran Delay Pengiriman Data IoT ke Web Server

Pengukuran *delay* pengiriman data IoT bertujuan untuk mengetahui lama pengiriman data dari IoT ke *web server*. Adapun pengukuran yang dilakukan yaitu pada proses pengiriman dari Sistem I dan Sistem II ke *web server*.



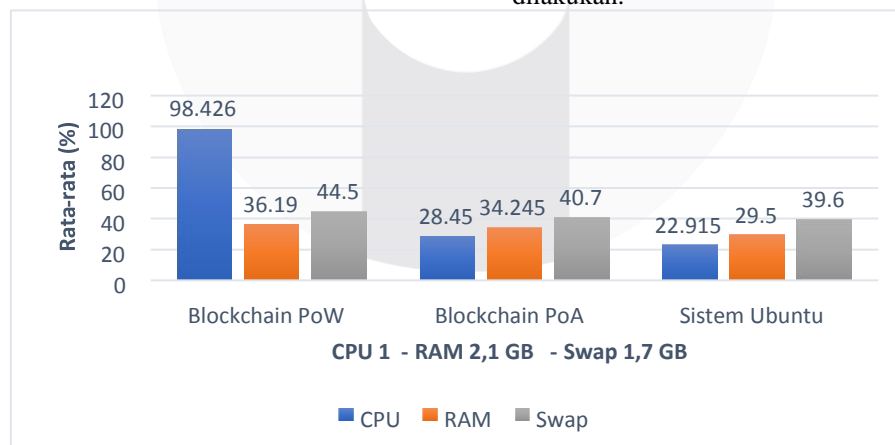
GAMBAR 7
DELAY PENGIRIMAN DATA IOT KE WEB SERVER

Gambar 7. merupakan hasil pengukuran *delay* pengiriman dari IoT ke *web server*. Pengukuran *delay* pada Sistem I ke *web server* dengan jumlah empat data sensor tinggi mendapatkan *delay* terendah 0,2429 detik, rata-rata *delay* 0,3475 detik dan *delay* tertinggi 0,4359 detik. Sedangkan pengiriman data dari Sistem II ke *web server* dengan jumlah dua data sensor mendapatkan *delay* terendah 0,2347 detik, rata-rata *delay* 0,3375 dan tertinggi 0,4303 detik. Adapun, besar *delay*

dipengaruhi oleh koneksi dan jumlah data yang dikirim.

G. Pengukuran Penggunaan Sistem Ubuntu

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan sistem *ubuntu* yang digunakan untuk menjalankan sistem *default*, *blockchain* PoA dan *blockchain* PoW. Berikut merupakan grafik hasil pengukuran yang dilakukan.



GAMBAR 8
PENGUKURAN PENGGUNAAN SISTEM UBUNTU

Gambar 8. merupakan hasil pengukuran penggunaan sistem *ubuntu*. Hasil kedua pengukuran menunjukkan bahwa *blockchain* PoA dan *blockchain* PoW membutuhkan penggunaan *resource* komputer. Namun, penggunaan

blockchain PoW lebih besar dan hasil pengukuran menunjukkan penggunaan *resource* komputer dua kali lipat lebih besar dibandingkan *blockchain* PoA. Hal ini menunjukkan bahwa *blockchain* PoA lebih efisien dalam penggunaan *resource*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada sistem *blockchain* dengan konsensus PoW dan konsensus PoA untuk menyimpan data *smart farming*, penulis mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem kerja konsensus *Proof of Work* yang mengharuskan setiap *node* saling berlomba untuk melakukan *mining*, sehingga kinerja komputer juga terbebani pada proses tersebut dan mengakibatkan nilai dapat mencapai 67,190 detik pada hasil pengujian. Sedangkan pada konsensus *Proof of Authority* proses *mining* akan bersamaan dengan *node* lainnya dan *delay* maksimal hanya 15 detik, sehingga tidak terlalu memberatkan kinerja komputer.
2. *Blockchain* PoW dan PoA memiliki biaya yang sama besar pada proses transaksi dan *deploy smart contract*. Pada *blockchain* PoW dan PoA besar biaya *deploy smart contract* sebesar 1.040.684 *Gwei*, sedangkan biaya rata-rata transaksi Sistem I membutuhkan biaya 100 ribu *Gwei* dan Sistem II sebesar 50 ribu *Gwei*.
3. Sistem *blockchain* tetap dapat menerima data IoT walaupun hanya ada satu *node* yang *on* atau tidak melakukan *mining* dengan catatan pengirim terhubung dengan sistem *blockchain* melalui web3. Sehingga jika ada kegagalan pada salah satu *node* maka data akan tetap terkirim dengan syarat semua sistem IoT terhubung ke semua *node* pada jaringan *blockchain*.
4. *Delay mining* pada *blockchain* PoA memiliki batas maksimal *default* 15 detik, waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses *mining* maksimal membutuhkan waktu 15 detik, sehingga lebih stabil dan efisien. Pada *blockchain* PoW tidak ada batas maksimal pada satu kali proses *mining* dan pada penelitian ini *delay* tertinggi mencapai 67,190 detik, dikarenakan tidak ada proses penentuan lama *mining* sehingga kecepatan internet sangat berpengaruh pada *blockchain* PoW
5. Penggunaan *resource* komputer pada *blockchain* PoA lebih kecil dibandingkan *blockchain* PoW. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata penggunaan CPU pada *blockchain* PoW mencapai 98,268% dan RAM sebesar 36,19% sedangkan *blockchain* PoA rata-rata menggunakan

CPU sebesar 28,45% dan RAM sebesar 34,245%.

6. *Blockchain* PoA lebih efisien dari segi proses *mining*, proses validasi, kestabilan sistem dan penggunaan *resource*, sedangkan parameter lain tidak terlalu berpengaruh besar pada sistem *blockchain*, sehingga *blockchain* PoA lebih tepat untuk digunakan pada penyimpanan data IoT.

A. Saran

Adapun dalam proses perancangan, pengujian dan analisis penulis menyadari masih memiliki kekurangan, sehingga dari penulis berharap ada proses atau hal yang dilakukan untuk penelitian kedepannya agar lebih mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran dari penulis sebagai berikut :

1. Supaya hasil yang didapatkan lebih baik, perancangan *blockchain* sebaiknya menggunakan komputer yang berbeda dan dengan *operating* sistem komputer. Sebab jika menggunakan *virtual machine* pada *Virtualbox* atau *VMware* lebih banyak aspek yang mempengaruhi pada saat membangun jaringan *blockchain*.
2. Menambahkan jumlah *node* pada *blockchain* agar lebih mendapatkan data yang akurat pada pengujian dan dapat mengetahui lebih jauh perbedaan *blockchain* PoW dan *blockchain* PoA

REFERENSI

- [1] S. A. a. R. Juhana, in *Konsep Industri 4.0 Analisis Teknologi dan Penerapan di Industri dan Operasi Militer*, Bogor, QualityBooks, 2020, p. 1–157.
- [2] F. Dewanta, "Secure Microservices Deployment for Fog Computing Services in a Remote Office," 2020 3rd International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), 2020, pp. 425-430, doi: 10.1109/ICOIACT50329.2020.9332025.
- [3] B. Y. Yustiarini, F. Dewanta and H. H. Nuha, "A Comparative Method for Securing Internet of Things (IoT) Devices: AES vs Simon-Speck Encryptions," 2022 1st International Conference on Information System & Information Technology (ICISIT), 2022, pp. 392-396, doi: 10.1109/ICISIT54091.2022.9872666.

- [4] A. Yudhana, Otomasi dan Instrumentasi untuk Proyek Smart Farming dan Smart Glove, Yogyakarta: CV. Mine, 2018.
- [5] G. S. Ramachandran, "Trinity: A Byzantine Fault-Tolerant Distributed Publish-Subscribe System with Immutable *Blockchain*-based Persistence," *IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, no. 10.1109/BLOC.2019.8751388, pp. 227-235, 2019.
- [6] S. K. a. S. E. S. J. E. Siegel, "The future internet of things: Secure, efficient, and modelbased," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. doi: 10.1109/JIOT.2017.2755620., p. pp 2386–2398, Aug. 2018.
- [7] Mabruroh, A. M., Dewanta, F. ., & Wardana, A. A. . (2021). Implementasi Ethereum *Blockchain* dan Smart Contract pada Jaringan Smart Meter. *MULTINETICS*, 7(1),82–91. <https://doi.org/10.32722/multinetics.v7i1.4122>
- [8] J. C. H. & W. W. Fat, "Sekuritisasi Data Sensor pada Aplikasi Internet of Things (IoT) dengan Menggunakan *Blockchain* Ethereum di Jaringan Testnet," *Jurnal Teknik Elektro Tesla*, vol. 21(1), pp. 79-86, 2019.
- [9] R. P. a. K. A. C. Hasiholan, "Implementasi Konsep Internet of Things Pada Sistem Monitoring Banjir Menggunakan Protokol MQTT," *Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vols. vol. 2, no. 12, p. 6128–6135, 2018.
- [10] R. P. & S. Lee, "Smart home-control and monitoring system using smart phone.," *ICCA, ASTL*, vol. 24, pp. 83-86, 2013.
- [11] J. D. Kothari, "Garbage Level Monitoring Device Using Internet of Things with ESP8266," *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 7(6), pp. 2995-2998, 2018.
- [12] A. S. I. P. IAP Dewi, "Pengujian performa website Sistem Manajemen Registrasi Terintegrasi (SMRTI) pada Universitas Hindu Indonesia menggunakan tools GTmetrix," *JITTER: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, vol. 2(3), pp. 418-427, 2021.
- [13] I. a. Z. A. Arman, "Rekayasa web untuk pemesanan handphone berbasis JQuery pada Permata Cell," *Jurnal Momentum ISSN 1693-752X*, vol. 15, no. 2, 2013.
- [14] S. Sumarna, "Perancangan Clustering Ujian Online Studi Kasus Bina Sarana Informatika," *Techno Nusa Mandiri: Journal of Computing and Information Technology*, vol. 12(1), pp. 3541, 2015.
- [15] R. A. S.Kom, Pemrograman Web Database dengan PHP dan MySQL, Jakarta: PT Gramedia, 2006.
- [16] S. S. SK Panda, "An investigation into smart contract deployment on ethereum platform using Web3.js and solidity using *blockchain*," *Data Engineering and Intelligent Computing*, pp. 549-561, 2021.
- [17] G. H. M Rauchs, "Global *blockchain* benchmarking study," *Cambridge Centre for Alternative Finance Reports*, 2010.
- [18] G. D. S Ferretti, "On the Ethereum *Blockchain* Structure: A Complex Networks Theory Perspective," *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, vol. 32, no. 12, pp. 112, 2020.
- [19] A. K. S. S. M. S. P Ratta, "Application of *Blockchain* and Internet of Things in Healthcare and Medical Sector: Applications, Challenges, and Future Perspectives," *Journal of Food Quality*, vol. 4, pp. 20-40, 2021.
- [20] A. Antonopoulos, Mastering Bitcoin: Programming the open *blockchain*, Sebastopol: O'Reilly Media, 2017.
- [21] C. Dannen, Introducing Ethereum and Solidity : Foundations of Cryptocurrency and *Blockchain* Programming for Beginners, Brooklyn: Apress, 2017.
- [22] J. L. Y. K. S. P. S. M. JY Kim, "BlockMaze: An Efficient Privacy-preserving Account-model *Blockchain* Based on k-SNARKs," *IEEE Transactions on Dependable an Secure Computing.*, vol. 19, no. 3, pp. 1446 - 1463, 2020.
- [23] G. Wood, "Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger," *Ethereum Project Yellow Paper*, vol. 151, pp. 1-32, 2014.
- [24] T. a. S. R. Roopak, "Electronic Voting based on Virtual ID of Aadhar using *Blockchain* Technology," *International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*, vol. 2, pp. 71-75, 2020.
- [25] T. Laurance, *Blockchain for Dummies*, Canada: John Wiley & Sons, 2019.
- [26] R. S. O. Vashchuk, "Pros and Cons of Consensus Algorithm Proof of Stake. Difference in the Network Safety in Proof of Work and Proof of Stake.," *Electronics and Information Technologies.*, no. 9, pp. 106-112, 2018.

- [27] R. S. S. K. N. a. S. N. Pranav Kumar Singh, "Managing Smart Home Appliances with Proof of Authority and *Blockchain*," *In International Conference on Innovations for*

Community Services, vol. 16, no. doi:10.1007/978-3-030-22482-0_16, pp. 221-232, 2019.

