

## Sekuritisasi Data Sensor Pada Aplikasi *Internet of Things* (IoT) Dengan Menggunakan *Blockchain* Ethereum Di Jaringan *Testnet*

Joni Fat<sup>1</sup>, Henry Candra<sup>2</sup>, William<sup>3</sup>

**ABSTRACT:** *Internet of Things (IoT) and blockchain are two technologies which are pioneer nowadays and in the future. IoT become pioneer because our government sets Industrial Revolution 4.0 which signifies the IoT technology. For blockchain, it is a technology which has a significant development. These two technologies have a good future. The innovation in this design is combining these two technologies. IoT has a problem in securitization, but blockchain has an advantage in security. So, by combining these technologies, the problem could be resolved. This design used microcontroller ESP32. It will collect three data sets, i.e. altitude, pressure and temperature. The data will be sent through Internet to Ethereum blockchain network in Ropsten TestNet. The Data will store in state variables. Twenty data have been sent and tested. The data has been verified to be stored in Ethereum Virtual Machine because the data could be verified through etherscan.io. So, the conclusion is this design could prove that blockchain could be used to data securitization in IoT.*

**KEYWORD:** *blockchain, ethereum, ESP32, IoT, securitization*

**ABSTRAK:** *Internet of Things (IoT) dan blockchain merupakan dua teknologi yang akan menjadi pioneer saat ini dan di masa mendatang. Pioneer saat ini karena pemerintah menetapkan Revolusi Industri 4.0 yang salah satu titik beratnya adalah IoT. Untuk blockchain, saat ini merupakan teknologi yang mengalami perkembangan signifikan. Kedua teknologi ini menjanjikan. Salah satu hal yang dapat menjadi inovasi adalah menggabungkan keduanya. IoT memiliki permasalahan pada sekuriti, sedangkan blockchain memiliki keunggulan dalam hal sekuriti. Dengan demikian, menggunakan teknologi blockchain untuk aplikasi IoT akan menjadi solusi. Alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32. Alat ini akan mengakuisisi data dari tiga buah sensor, yaitu sensor ketinggian, tekanan dan suhu. Data-data ini dikirim melalui Internet ke jaringan blockchain Ethereum di TestNet Ropsten. Data tersebut akan disimpan di state variables. Dua puluh data dikirim dan berhasil disimpan di Ethereum Virtual Machine. Ini terbukti dengan setiap data yang dikirim dapat divalidasi dan terekam di etherscan.io. Dengan demikian, perancangan alat ini berhasil membuktikan bahwa IoT dapat menggunakan blockchain untuk sekuritisasi data.*

**KATA KUNCI:** *blockchain, ethereum, ESP32, IoT, sekuritisasi*

### PENDAHULUAN

*Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu fokus dalam Revolusi Industri 4.0. IoT adalah gelombang perubahan berikutnya setelah era Internet. Diperkirakan akan ada 46 milyar peralatan yang terhubung ke Internet pada tahun 2021 [1]. Peralatan yang terhubung ke Internet ini, mulai dari *Body Area Network* (BAN), berupa jaringan dengan peralatan di sekitar tubuh, hingga jangkauan yang sangat luas. Ini berarti akan banyak data sensitif yang akan terekspose. Hingga saat ini, isu sekuritisasi data ini masih menjadi pokok permasalahan, karena berdasarkan hasil penelitian yang dipublikasi oleh HP, 70% komunikasi IoT tidak terenkripsi [2]. Dengan bertambahnya popularitas *blockchain*, timbul ide untuk memadukan *blockchain* dan IoT.

*Blockchain* memiliki keunggulan dari sisi sekuritisasi. Enkripsi dalam *blockchain* memberikan harapan bahwa sekuritisasi komunikasi mau pun data IoT dapat dilakukan dengan baik. Walau pun hal tersebut masih diiringi dengan beberapa kekurangan dari teknologi *Blockchain*. Teknologi *Blockchain* menggunakan kriptografi secara masif [3]. Dengan demikian, *blockchain* dapat digunakan untuk menjamin transaksi dalam jaringan yang memiliki tingkat keamanan yang rendah seperti Internet. Setiap blok dalam *blockchain* diidentifikasi dengan sebuah kode *hash* dan *nonce*. Kedua kode ini bersifat unik. Setiap blok saling berkaitan dengan blok sebelumnya. Bila sebuah blok diubah, maka keseluruhan rantai bloknnya harus diubah juga. Hal ini mengakibatkan, pengubahan blok sangat sulit dilakukan dengan daya komputasi saat ini. Selain itu, teknologi *blockchain* juga memanfaatkan metode konsensus [3]. Ini berarti setiap transaksi dalam *blockchain* harus mencapai nilai konsensus tertentu agar tervalidasi dalam jaringannya. Blok juga terduplikasi dalam setiap *server* dalam jaringan *server* tersebut. Dengan demikian, dapat dipahami bahwa untuk mengubah transaksi dalam *blockchain* secara tidak sah akan sangat sulit dilakukan. Oleh karena itu, *blockchain* memiliki sekuritisasi transaksi yang mustahil untuk diubah secara tidak sah dengan daya komputasi saat ini. Danzi [4] menunjukkan upaya untuk membangun konsep arsitektur IoT dan *blockchain* untuk menyelesaikan persoalan sekuritisasi dalam metode pembayaran mikro. Danzi membangun model penyelesaian tersebut. Danzi menggunakan mikrokontroler sebagai peralatan IoT terhubung dengan jaringan *blockchain*. Interaksi antara mikrokontroler dan jaringan *blockchain* ini bersifat *irreversible* dan tanpa perlu *mutual trust*.

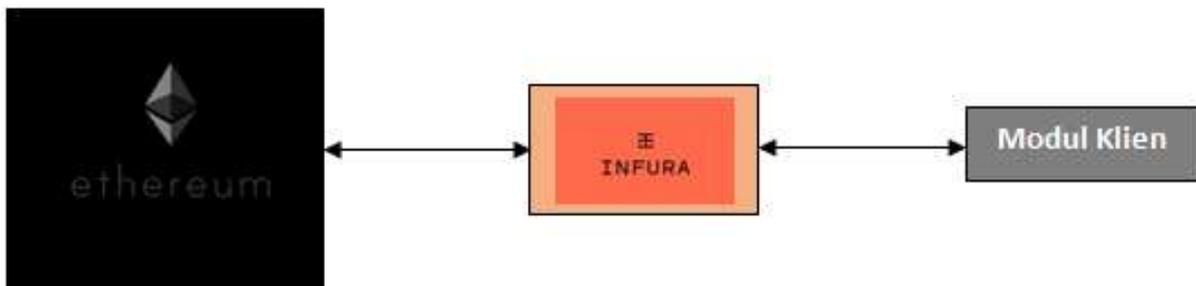
Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler merupakan bagian utama, karena semua proses dimulai dari mikrokontroler ini. Sensor, aktuator, dan peralatan lain terhubung dengan mikrokontroler. Oleh mikrokontroler data diakuisisi atau diproses dan diteruskan ke modul jaringan yang juga terhubung dengan mikrokontroler. Dapat dikatakan bahwa semua proses IoT dimulai di mikrokontroler. Oleh sebab itu, proses yang dalam sekuritisasi adalah proses sekuritisasi dalam pemrosesan oleh mikrokontroler ini. Jadi, untuk dapat memastikan bahwa *blockchain* dapat diaplikasikan pada peralatan IoT, pada perancangan ini akan menggunakan mikrokontroler untuk menunjukkan bahwa *signing* dapat dilakukan [5]. Penggunaan mikrokontroler ini memenuhi tujuan pembuktian bahwa *blockchain* dan IoT dapat dipadukan.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan IoT dan *blockchain* adalah sebagai berikut:

- U. Guin, P. Cui dan A. Skjellum [6] membuat model sistem menggabungkan IoT dan *blockchain* dalam rangka menangani metode pembayaran mikro. Dalam penelitian ini, para peneliti mengusulkan arsitektur dan model yang sesuai.
- A. Dorri, et. al. [7] membuat studi kasus dan simulasi perihal pentingnya sekuritisasi IoT untuk aplikasi *smart home*. Para peneliti menggunakan *blockchain* untuk sekuritisasi dan privatisasi data.
- S. F. T. O. Mendonca, J. F. S. Junior dan F. M. R. Alencar [8] menjelaskan tentang tantangan yang dihadapi teknologi IoT berbasis *blockchain*. *Systematic Mapping* yang digunakan peneliti ini menemukan adanya *threads of validity*.
- J. Kogure, et. al. [9] memberikan gambaran tentang teknologi *blockchain* beserta aplikasi contohnya. Para peneliti juga mengusulkan alur dalam proses *cross-border transactions*.
- A. Dorri, et. al. [10] mengusulkan *Lightweight Scalable Blockchain (LSB)* untuk sekuritisasi dan privatisasi data IoT. Ini merupakan model teknologi yang dioptimasi untuk IoT.

## DIAGRAM BLOK

Modul klien adalah berupa mikrokontroler ESP32 yang memiliki kemampuan untuk melakukan *signing* terhadap transaksi *blockchain*. Agar dapat berinteraksi ke jaringan Ethereum, perlu adanya *node Remote Procedure Call (RPC)*. Dalam sistem ini, akan menggunakan Infura. Infura akan menjembatani data dari modul klien ke jaringan Ethereum. Data transaksi tersebut kemudian akan diverifikasi oleh *Ethereum Virtual Machine (EVM)* yang terdapat di dalam jaringan TestNet. Hasil verifikasi kemudian dapat dimonitor melalui situs **etherscan.io**.



▪ Gambar 1. Diagram Blok Sistem

## INPUT, OUTPUT DAN PROSES

Sistem yang dirancang dalam bentuk *input*, *output* dan proses dapat dilihat pada Tabel 1 berikut. *Input* dalam sistem ini dibagi menjadi data jumlah sensor (validasi), data sensor (data-data), dan *time\_stamp*. Proses dalam sistem ini terdiri dari proses akuisisi data, *timer* untuk penanda waktu pengiriman data, proses *signing* dan proses validasi data. *Output* sistem adalah data yang tervalidasi dalam blok. Ini diperiksa melalui etherscan.io.

▪ Tabel 1. *Input*, *Output* dan Proses

<i>Input</i>	<i>Proses</i>	<i>Output</i>
Jumlah Sensor	Akuisisi	Data tercatat dalam blok
Data-Data Sensor	<i>Timer</i>	
<i>Time_Stamp</i>	<i>Signing</i>	
	Validasi	

## PARAMETER NON-FUNCTIONAL

Berikut adalah parameter-parameter keberhasilan *non-functional* terhadap sistem:

- Penyusunan *Smart Contract* yang tepat,
- Ketersediaan ETH karena setiap transaksi pencatatan ke jaringan Ethereum memerlukan sejumlah nilai ETH tertentu,

- Keandalan koneksi Internet.

### FORMAT DATA

Sesuai dengan namanya, *blockchain* merupakan sekumpulan blok yang saling berkaitan membentuk sebuah rantai atau *linked list*. Setiap blok terdiri dari *header* dan *body*. Dalam *header* dan *body* terdapat sekumpulan *fields*. Banyak dan isi dari *fields* adalah sesuai dengan spesifikasi protokol masing-masing *blockchain*.

*Header* biasanya terdiri dari kode Hash dan *nonce* yang merupakan *pointer* untuk blok berikutnya dan kode unik. Kedua kode tersebut merupakan solusi PoWs. Selain itu, juga terdapat data lain seperti waktu pembuatan dan *roots* dari pohon Merkle. *Body* terdiri dari data transaksi yang memerlukan verifikasi. *Body* biasanya memiliki ukuran maksimum.

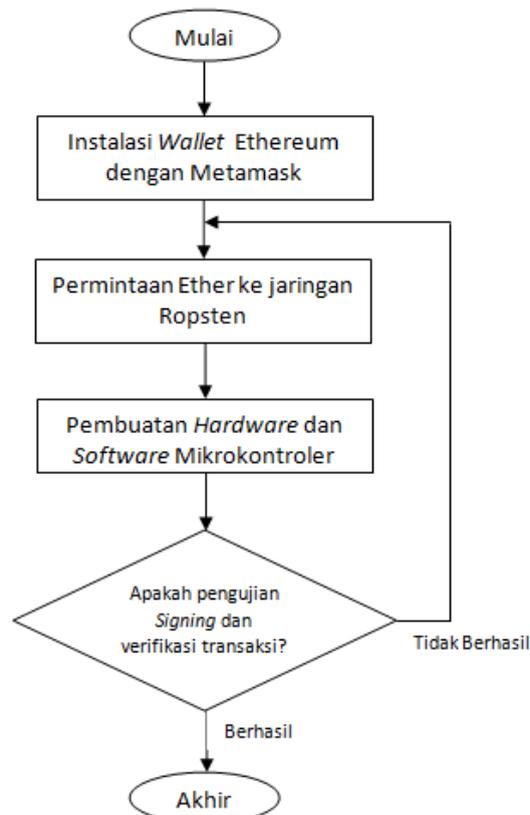
### PROTOKOL BLOCKCHAIN

*Blockchain* menekankan *Proof of Works* (PoWs) sebagai cara untuk melakukan validasi. Validator menggunakan metode konsensus dan mempercayai *blockchain* yang paling panjang dalam jaringan [4]. *Blockchain* pada prinsipnya terdiri dari sekumpulan blok yang disimpan dalam bentuk *copy* oleh *nodes* dalam jaringan *blockchain*. Apabila ada penambahan blok baru, maka blok tersebut akan di-*update* keseluruhan *nodes* dalam jaringan. Agar dapat ditambahkan, validasi dilakukan. Inilah yang dinamakan dengan PoWs.

Algoritma PoWs dijalankan secara lokal oleh validator atau *node*. Dalam hal jaringan Ethereum, dilakukan oleh EVM. Tugas dari algoritma ini adalah untuk mencari solusi terhadap enkripsi kriptografi dalam blok tersebut. Algoritma PoWs memiliki tujuan utama untuk mencegah penambahan blok baru oleh pihak lain dan menjamin agar setiap *nodes* mendapatkan *copy block* yang konsisten [11].

### METODOLOGI

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan instalasi *wallet* Ethereum dengan menggunakan Metamask. Ini akan menjadi bagian pertama dalam melakukan interaksi dengan jaringan *blockchain* Ethereum. Dalam interaksi, diperlukan sejumlah nilai Ether sebagai biaya untuk proses. Oleh karena itu, setelah *wallet* terinstalasi, perlu meminta sejumlah nilai Ether ke jaringan TestNet. Jaringan TestNet yang digunakan adalah Ropsten. Selanjutnya, mikrokontroler dan program untuk melakukan *signing* serta *smart contract* perlu dibuat. Pengujian merupakan langkah berikutnya. Bila pengujian gagal, maka perlu diulangi proses dari meminta Ether. Bila berhasil, akan dapat diperiksa melalui etherscan.io.



▪ **Gambar 2.** Metodologi

## HASIL RANCANGAN

Rancangan berupa modul klien yang terdiri dari mikrokontroler ESP32 dan tiga buah sensor. Ketiga buah sensor tersebut adalah berupa sensor ketinggian, tekanan dan suhu. Sensor-sensor ini merupakan sensor yang didukung oleh mikrokontroler ESP32. Pemrograman di ESP32 menggunakan bahasa Python dengan *library* dari Zerinth. Oleh karena *library* ini mendukung akses ke *blockchain* Ethereum. Untuk program di *Ethereum Virtual Machine* (EVM) digunakan bahasa Solidity yang merupakan bahasa untuk memprogram *smart contract* Ethereum. *Smart contract* ini di-*deploy* dengan menggunakan remix.ethereum.org. Hasilnya adalah *smart contract* yang *live* di jaringan TestNet Ropsten dengan alamat 0x9Ad8Ee5E185455D6E7205bF63cE3808EDa44A2Ff. *Private key*-nya adalah 0x33627590e0b8751ddabec6d0278c1e5f7da1821c9eb2a7b06f5d0edb3ec579ae. *Wallet* yang digunakan memiliki alamat 0x81b7e08f65bdf5648606c89998a9cc8164397647.



▪ Gambar 3. Hasil Rancangan

## PENGIRIMAN DATA

Pengiriman data dilakukan setiap 30 detik karena ini adalah waktu minimal yang diperlukan oleh EVM untuk memvalidasi data sebelumnya. Waktu 30 detik ini didapatkan dengan melakukan pengujian. Setelah pengujian berkali-kali dengan melakukan penambahan waktu per detik, didapatkan bahwa hanya setelah *delay* 30 detik, data berikutnya dapat diterima dan divalidasi oleh EVM. Seperti telah disinggung sebelumnya, data yang dikirim adalah tiga jenis data yang diakuisisi dari sensor ketinggian, tekanan dan suhu. Gambar 4 berikut memperlihatkan prosedur pengiriman data dari modul klien ke EVM di jaringan TestNet Ropsten. Pertama-tama, data dibaca oleh setiap sensor, setelah itu data dikirimkan dengan bantuan infura.io ke EVM. Dari gambar ini terlihat, data yang dikirimkan dan biaya yang perlu dibayarkan dalam hitungan *gas*.

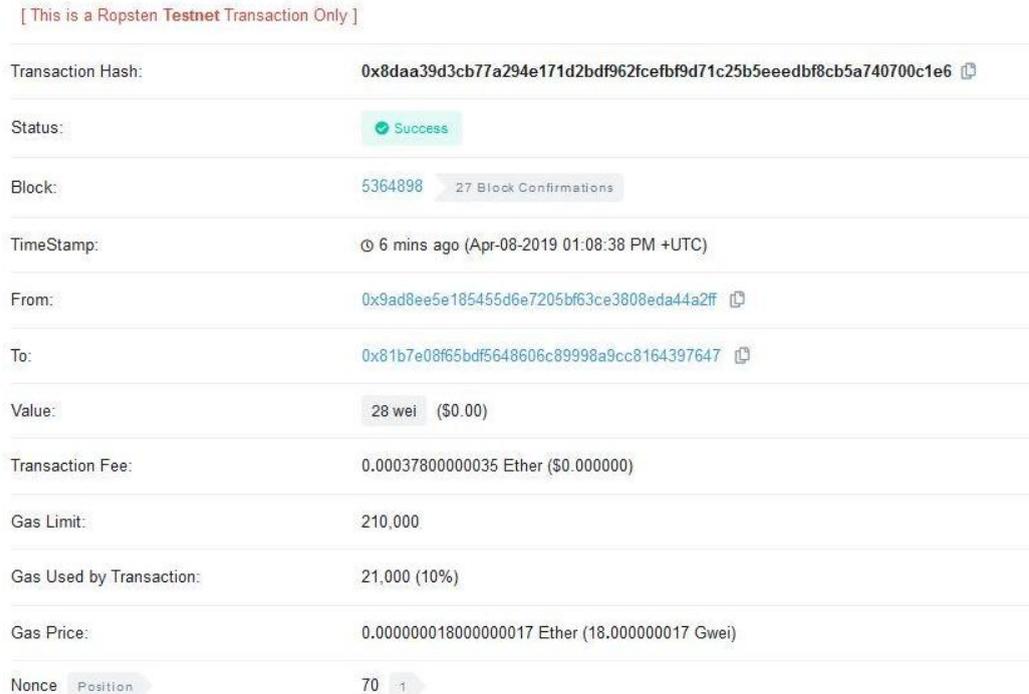
```

ets Jun  8 2019 09:22:37
rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,e_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:2
load:0x3fff0018,len:4
load:0x3fff001c,len:3606
no 0 tail 12 room 4
load:0x40078000,len:9028
no 0 tail 12 room 4
load:0x40080400,len:5788
entry 0x40080600
E (32) boot: DTA: -1/-1 -1/-1 -1/-4
E (32) boot: Invalid ota, returning default vm 0
E (33) boot: Starting vm 0
Sensor initialized!
Connecting to WiFi...
Connected!
Asking ethereum...
Balance: 0x204422e01fd90c20
Gas Price: 1000000000
TCount: 70
Chain: 3
Altitude: 28.4375 meter
Pressure: 101805.25 Pascal
Temperature: 34.8625 Celcius
Sending values...
Monitor your transaction at:
ALTITUDE - https://ropsten.etherscan.io/tx/0x8d8ae39d3cb77e294e171d2bdf962fcef9d71c1505eedbfb8c5e748780c1e0
PRESSURE - https://ropsten.etherscan.io/tx/0xc0420d1230ba5dd7cb457aa4fa3cb7b660f3053cc049b3e0b4080c5170b088e
TEMPERATURE - https://ropsten.etherscan.io/tx/0x8c0b270e1b835c6e9e63c1b8ae60895216ae85cf80ff929e006e94c7195a88d1
Sent!
    
```

▪ Gambar 4. Pengiriman Data dari Modul Klien ke EVM Jaringan TestNet Ropsten

### KETINGGIAN

Gambar 5 memperlihatkan bukti pengiriman data ketinggian ke jaringan TestNet Ropsten. Pada gambar ini terlihat status pengiriman telah berhasil, besar biaya yang dibayarkan dalam memproses transaksi tersebut (dalam *gas*), dan juga alamat pengirim serta alamat *smart contract* sebagai lokasi penyimpanan data. Gambar 6 memperlihatkan 20 data ketinggian yang dikirimkan sebagai pengujian pengiriman data ketinggian. Setiap data yang dikirimkan disertai dengan bukti keberhasilan pengiriman data yang dapat diperiksa di etherscan.io. Setiap *link* data akan memperlihatkan status pengiriman, jumlah validasi, besar biaya transaksi dan data yang direkam.



▪ **Gambar 5.** Bukti Keberhasilan Pengiriman Data Ketinggian

Value	Etherscan
30.5 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf2cbc27bc6c28d5c2ec903350867e21e98a6e29efe1f48c19d053c8d7bf64ed0">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf2cbc27bc6c28d5c2ec903350867e21e98a6e29efe1f48c19d053c8d7bf64ed0</a>
34.375 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x6070507b2afb51b5a21915bb3fbf86b22d241969cd2f5fcc9729507f2aa51304">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x6070507b2afb51b5a21915bb3fbf86b22d241969cd2f5fcc9729507f2aa51304</a>
36.625 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xb1bf2317807f3ac246c84acb0d836519606f0b110a6163af64085e99b6726b29">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xb1bf2317807f3ac246c84acb0d836519606f0b110a6163af64085e99b6726b29</a>
36.375 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x1044fc4d2ee2aeacf6ce8ef770b8ac543ef26393afac491caf4235a128ccb6b3">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x1044fc4d2ee2aeacf6ce8ef770b8ac543ef26393afac491caf4235a128ccb6b3</a>
37.4375 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x8d53df99110648427b0fc447b861fbd81a299ad1215d3ba2667018e200f0bc69">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x8d53df99110648427b0fc447b861fbd81a299ad1215d3ba2667018e200f0bc69</a>
37 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x68c9356a3ad67d0b5c6ef2e2523e69fc191e16a7a351b33fd8519ba8b6c93772">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x68c9356a3ad67d0b5c6ef2e2523e69fc191e16a7a351b33fd8519ba8b6c93772</a>
36.125 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x76462866f736d2790cb79860bc421a3e4dc08746988941915c61d48a7969238a">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x76462866f736d2790cb79860bc421a3e4dc08746988941915c61d48a7969238a</a>
33.6875 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x23bd6ce4470979b0191dafa37d1d1f2583367be4d71a691290f2eedfcb461390">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x23bd6ce4470979b0191dafa37d1d1f2583367be4d71a691290f2eedfcb461390</a>
35.375 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xba0c0d76bea1b9c9c017777b43c38acb097ba91f8d6568171dc40b7d7f363658">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xba0c0d76bea1b9c9c017777b43c38acb097ba91f8d6568171dc40b7d7f363658</a>
29.375 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x01ebba317bebeb3d131b8310fb644c3953cb7ad6ae3647baf570621e8cc240b8">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x01ebba317bebeb3d131b8310fb644c3953cb7ad6ae3647baf570621e8cc240b8</a>
37.8125 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x95ce985da900859c2d885d4b20872c4e2bfb01da328a3dac27f7b13d166926c9">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x95ce985da900859c2d885d4b20872c4e2bfb01da328a3dac27f7b13d166926c9</a>
37.5625 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xaa3b194a2e3a4dc0fd068d88c36cc48e71ec14cfd61f6902936e35328fb99">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xaa3b194a2e3a4dc0fd068d88c36cc48e71ec14cfd61f6902936e35328fb99</a>
35.5 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xe4a1fd5a425b82bf9c759a2766a33678f2c6ed31b6d658276dc33bb9f872f48">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xe4a1fd5a425b82bf9c759a2766a33678f2c6ed31b6d658276dc33bb9f872f48</a>
34.1875 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x24b701672811f0866d21fefcb3bc8cd4fe8e682f5582146144597d2f4e90583c">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x24b701672811f0866d21fefcb3bc8cd4fe8e682f5582146144597d2f4e90583c</a>
32.4375 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x1e469d22187aec9a0a2625e7b21d0094652df143beb423fec48d8ca400f01f5e">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x1e469d22187aec9a0a2625e7b21d0094652df143beb423fec48d8ca400f01f5e</a>
32.8125 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x84ba0a2873c3647ab8e2f61289e06c465e653045c45558def3cb7a344e9a1e1d">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x84ba0a2873c3647ab8e2f61289e06c465e653045c45558def3cb7a344e9a1e1d</a>
32.8125 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x2e47feefb6d27bd1671955bacce2de64d6524770f5c43d04f815af9f539f0442">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x2e47feefb6d27bd1671955bacce2de64d6524770f5c43d04f815af9f539f0442</a>
33.875 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xe94b3e4b3cb106befe8689b5eb2c47343906786efe792069ee608e23a50eaa37">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xe94b3e4b3cb106befe8689b5eb2c47343906786efe792069ee608e23a50eaa37</a>
29.25 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x98e55ffe95555014f773ef214f59717a7dc072d5bd7dc51b85da91a67f3fcc7">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x98e55ffe95555014f773ef214f59717a7dc072d5bd7dc51b85da91a67f3fcc7</a>
34.0625 m	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x5db0223ee9dbd862f2ee8b7eccf13e53352f253ef84cf5738c097632e1802829">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x5db0223ee9dbd862f2ee8b7eccf13e53352f253ef84cf5738c097632e1802829</a>

▪ **Gambar 6.** Data Pengujian Sensor Ketinggian dan Hasil Validasi

### TEKANAN

Data sensor yang diuji berikutnya adalah data sensor tekanan. Sensor tekanan dipilih karena sensor ini sering digunakan untuk berbagai peralatan IoT. Gambar 7 menunjukkan bukti pengiriman data sensor tekanan yang berhasil dilakukan. Berhasil di sini dimaksudkan bahwa data telah terekam di EVM. Ini terbukti data dapat divalidasi kembali. Pada gambar ini ada satu variabel yang dinamakan *Gas Limit* ini merupakan nilai maksimum yang diinginkan dalam transaksi perekaman data ke EVM. Di gambar ini juga terlihat bahwa biaya transaksi hanya sebesar 10% dari batas maksimum yang ditetapkan. Gambar 8 memperlihatkan 20 data dari

sensor tekanan yang digunakan untuk pengujian. Setiap data ini disertai link di situs etherscan.io. Ini berarti setiap data ini dapat dilihat status keberhasilannya dan juga dapat diperiksa kembali.

[ This is a Ropsten Testnet Transaction. Only ]

Transaction Hash:	0xc420d1230ba5dd7cb457aa4f4a3cb7b666fbb53cb549b3e0b4b80c5176b089e
Status:	Success
Block:	5364903 25 Block Confirmations
TimeStamp:	6 mins ago (Apr-08-2019 01:09:41 PM +UTC)
From:	0x9ad8ee5e185455d6e7205bf63ce3808eda44a2ff
To:	0x81b7e08f65bd5f648606c89998a9cc8164397647
Value:	0.000000000000101005 Ether (\$0.00)
Transaction Fee:	0.000378000000035 Ether (\$0.000000)
Gas Limit:	210,000
Gas Used by Transaction:	21,000 (10%)
Gas Price:	0.000000018000000017 Ether (18.000000017 Gwei)
Nonce	71

▪ Gambar 7. Bukti Pengiriman Data Sensor Tekanan

Value	Etherscan
100923 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x4f6d7135a576424b95a437254bee344ffc5c8d6f7d7b82a327466e4b986c5dbd">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x4f6d7135a576424b95a437254bee344ffc5c8d6f7d7b82a327466e4b986c5dbd</a>
100940.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xa022ad3b30a6a96b8078c2f8acb4dd7a3ebebcb1b909385f024dfb4e1bc3707d9">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xa022ad3b30a6a96b8078c2f8acb4dd7a3ebebcb1b909385f024dfb4e1bc3707d9</a>
100938.25 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf11149d5d56854e67ce2d5fde4a8bc4ecd367ed471529b96c059170bcb416136">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf11149d5d56854e67ce2d5fde4a8bc4ecd367ed471529b96c059170bcb416136</a>
100901.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x333bf389d9af1fa3a56b111feb738937bec41c1791d6d66c2192adebc4410b9a">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x333bf389d9af1fa3a56b111feb738937bec41c1791d6d66c2192adebc4410b9a</a>
100895.25 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x6b4c9be2c30e224b2278700dcb7982bfadceafc7ddf547871f708f37c01655a7">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x6b4c9be2c30e224b2278700dcb7982bfadceafc7ddf547871f708f37c01655a7</a>
100924.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x684480cd1555b124e94a777b1ca4a7714e1dc22b61bf21180d00193d417127e5">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x684480cd1555b124e94a777b1ca4a7714e1dc22b61bf21180d00193d417127e5</a>
100874.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xae2a204207ffba5b9374f8daf47f56efedaa68711d4ef844b73aa177e227c2b">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xae2a204207ffba5b9374f8daf47f56efedaa68711d4ef844b73aa177e227c2b</a>
100854.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xd0f34e9e7c92fe1966ae8207016255f4c06b8bc1280aa38ea40019a0b8211109">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xd0f34e9e7c92fe1966ae8207016255f4c06b8bc1280aa38ea40019a0b8211109</a>
100926.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x09d01a85337c06fbbc0c200bf08429126950cbb4494d9676b8b8432966afe515">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x09d01a85337c06fbbc0c200bf08429126950cbb4494d9676b8b8432966afe515</a>
100927.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x65c4a4b19d2d07ae171088a64b7e9c2f9c49672f3a2ba91f7051c17cd56c009a">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x65c4a4b19d2d07ae171088a64b7e9c2f9c49672f3a2ba91f7051c17cd56c009a</a>
100926.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xb5609164eade1795e84efb38aa7fd9bfe5c1df8a8df07ff06f39074219d1ae75">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xb5609164eade1795e84efb38aa7fd9bfe5c1df8a8df07ff06f39074219d1ae75</a>
100903.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xb61c2d4ccd047e9054a18386f0ef2250567f5758f61ee319939fc90e42df215e0">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xb61c2d4ccd047e9054a18386f0ef2250567f5758f61ee319939fc90e42df215e0</a>
100914.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xcd33e3c8d8492e1931a3bae7682b5e1c6d803ca8745786403061bd5ceab7b372">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xcd33e3c8d8492e1931a3bae7682b5e1c6d803ca8745786403061bd5ceab7b372</a>
100881.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x61f5c8f1431bf9618c5fd9da26df341ab3fb97429cb98bb7ffdeba2e693e0d7">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x61f5c8f1431bf9618c5fd9da26df341ab3fb97429cb98bb7ffdeba2e693e0d7</a>
100976.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xefa5e3c60fa1c9751ca62c9bfb92ca2188754cf6837edeae3e97ed23a7e323a0">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xefa5e3c60fa1c9751ca62c9bfb92ca2188754cf6837edeae3e97ed23a7e323a0</a>
100983 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x7c969efe4ca9d547dce06426bb1d8660a8f89bb0bd1cfd5156321d9a9592c792">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x7c969efe4ca9d547dce06426bb1d8660a8f89bb0bd1cfd5156321d9a9592c792</a>
100931.5 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xfb00adae46fd13dfce1274134e7d5a0fe5f7f593dd07af2cfd272d8fbb4f1150">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xfb00adae46fd13dfce1274134e7d5a0fe5f7f593dd07af2cfd272d8fbb4f1150</a>
100913.25 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x086383386ce7449160100559cef1fd85b5f43ae0f74067b22986b2988d0ed774">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x086383386ce7449160100559cef1fd85b5f43ae0f74067b22986b2988d0ed774</a>
100969.75 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x761221aaaf916ec463175e9780effde11e9cde60b4d14cfb1f4f121d178d86b2">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x761221aaaf916ec463175e9780effde11e9cde60b4d14cfb1f4f121d178d86b2</a>
100924.25 Pa	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xbecde93f9eadece3d0edc837f34e81bf66e848a5ce82c23c4f0723a5549e96">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xbecde93f9eadece3d0edc837f34e81bf66e848a5ce82c23c4f0723a5549e96</a>

▪ Gambar 8. Data Pengujian Sensor Tekanan dan Hasil Validasi

## SUHU

Sensor suhu banyak digunakan dalam berbagai peralatan, baik untuk keperluan industri mau pun pada peralatan elektro medis. Oleh karena itu, sensor suhu menjadi salah satu sensor yang digunakan dalam pengujian modul ini. Sensor suhu yang digunakan memiliki rentang untuk pengukuran suhu tubuh manusia. Data-data yang diuji menunjukkan sensitivitas sensor dan fleksibilitas pengiriman data ke EVM. Gambar 9 merupakan gambar yang memperlihatkan contoh keberhasilan pengiriman data ke Ropsten. Detail pengiriman terlihat dengan jelas pada Gambar 9. Di Gambar 10, diperlihatkan 20 data yang dikirimkan untuk pengujian modul.

[ This is a Ropsten Testnet Transaction Only ]

Transaction Hash:	0x0cfb27de1b835c6e4e63c1b4aa46093216ae85cf06ff929e066a94c7193a88d1
Status:	Success
Block:	5364906 22 Block Confirmations
TimeStamp:	6 mins ago (Apr-08-2019 01:09:52 PM +UTC)
From:	0x9ad8ee5e185455d6e7205bf63ce3808eda44a2ff
To:	0x81b7e08f65bdf5648606c89998a9cc8164397647
Value:	34 wei (\$0.00)
Transaction Fee:	0.00037800000035 Ether (\$0.000000)
Gas Limit:	210,000
Gas Used by Transaction:	21,000 (10%)
Gas Price:	0.000000018000000017 Ether (18.000000017 Gwei)
Nonce	72

▪ **Gambar 9.** Bukti Keberhasilan Pengiriman Data Sensor Suhu

Value	Etherscan
29.125 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x5e542a63b0c300538f301da24ad8073f34de6ef0b4683ea0f050914d94bab809">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x5e542a63b0c300538f301da24ad8073f34de6ef0b4683ea0f050914d94bab809</a>
29 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xc9a4ae4c372fa20d8cc7253e6d4c15b1e2badcc5bd0612c386c3e38d8228e1e1">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xc9a4ae4c372fa20d8cc7253e6d4c15b1e2badcc5bd0612c386c3e38d8228e1e1</a>
29.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xfbd1a1fc3fc7b3b014c5d8ace979c5f238f0628b1aae4806b8830cc245c1fb18">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xfbd1a1fc3fc7b3b014c5d8ace979c5f238f0628b1aae4806b8830cc245c1fb18</a>
29.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x7fb373df8d319424040a7118d74ee93eab3d6a3fdb3adfd5d58d764c0c4da09f">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x7fb373df8d319424040a7118d74ee93eab3d6a3fdb3adfd5d58d764c0c4da09f</a>
29.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf37b06eeebd68696ebd3acb7f6dbe05b9a787a3ede36b0cf0c8c3b52d2928877">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf37b06eeebd68696ebd3acb7f6dbe05b9a787a3ede36b0cf0c8c3b52d2928877</a>
29.1875 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xbfdccace94bab8f003ad1fcc9dc8d70abf8ba36bf95af6cf161254f310937fd1">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xbfdccace94bab8f003ad1fcc9dc8d70abf8ba36bf95af6cf161254f310937fd1</a>
29.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x73e41ee4921fc6b28543864252bbd8688a2227d1fa0c25857448735cbaf312d4">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x73e41ee4921fc6b28543864252bbd8688a2227d1fa0c25857448735cbaf312d4</a>
29.125 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf1e7aebe4bb3e187740620bb35c731631ed7dad64d2aa6bc16fba32d2f2df870">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf1e7aebe4bb3e187740620bb35c731631ed7dad64d2aa6bc16fba32d2f2df870</a>
29.125 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xfe3a53b173c0d314ceb744785631c22b5a33490667666f26485515c4c5dcaa56">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xfe3a53b173c0d314ceb744785631c22b5a33490667666f26485515c4c5dcaa56</a>
29.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf75b497ff458c9d143af22c76ab92499d2a9e35b294c3b4b2c2e21fbf9d010817">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xf75b497ff458c9d143af22c76ab92499d2a9e35b294c3b4b2c2e21fbf9d010817</a>
29 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x841aa81c0484416d058898419719f890cba3e6daf86fa748419288f7200a99a2">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x841aa81c0484416d058898419719f890cba3e6daf86fa748419288f7200a99a2</a>
29.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0xbcbf58c731bd1c35b9211e98a00fb2fab0b5d96607c05d314a993e069d10dc72">https://ropsten.etherscan.io/tx/0xbcbf58c731bd1c35b9211e98a00fb2fab0b5d96607c05d314a993e069d10dc72</a>
31.4375 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x14e711c84a2fc504fdb26cc92c6d21af55a957f953b8c0d5e073d9da76b6925a">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x14e711c84a2fc504fdb26cc92c6d21af55a957f953b8c0d5e073d9da76b6925a</a>
37.875 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x2d0b1355a636dcb97680ff98511c3bd4dfa255c8f48735ce5309986635568925">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x2d0b1355a636dcb97680ff98511c3bd4dfa255c8f48735ce5309986635568925</a>
34.375 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x6d7c32fe046541b43d944a12c103c0d88f8b8fce70a98cb6eef6a391629bf163">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x6d7c32fe046541b43d944a12c103c0d88f8b8fce70a98cb6eef6a391629bf163</a>
31.9375 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x59c95de02d783f8f1b3f37f529cebe768da4760c0d98dfd8094844d9d154ed46">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x59c95de02d783f8f1b3f37f529cebe768da4760c0d98dfd8094844d9d154ed46</a>
30.125 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x0c71793e7e5d0453f1da1a63249fdf1211a1822f1ca2621c7b1208325bffe8">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x0c71793e7e5d0453f1da1a63249fdf1211a1822f1ca2621c7b1208325bffe8</a>
29.75 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x3df7aaa9af9de3b1401d1f64822493969387388c5b104e3a14d99335465f4914">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x3df7aaa9af9de3b1401d1f64822493969387388c5b104e3a14d99335465f4914</a>
38.0625 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x2259115788dfc861c1c56d44c6ab2f8e0564bdc18331510b9fe2b1fe6613415b">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x2259115788dfc861c1c56d44c6ab2f8e0564bdc18331510b9fe2b1fe6613415b</a>
39.875 °C	<a href="https://ropsten.etherscan.io/tx/0x0826ebe162d8f1650a89b2176eefbd898f4239ee4ff72bd7b8491d0dec41683">https://ropsten.etherscan.io/tx/0x0826ebe162d8f1650a89b2176eefbd898f4239ee4ff72bd7b8491d0dec41683</a>

▪ **Gambar 10.** Data Pengujian Sensor Suhu dan Hasil Validasi

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Proses *signing* berhasil dilakukan dan dapat divalidasi dengan etherscan.io. Ini berarti *blockchain* dapat digunakan untuk melakukan sekuritisasi data IoT.
2. Proses ini supaya berhasil memerlukan *delay* pengiriman data dengan nilai minimum tertentu. Dalam pengujian ini, didapatkan bahwa *delay* 30 detik adalah nilai minimum agar data dapat terekam dengan baik di EVM.

### DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Smith, *Internet of Things connected devices to triple by 2021, reaching over 46 billion units*, in Juniper Research, 2016.

- [2] K. Rawlinson. *Hp study reveals 70 percent of internet of things devices vulnerable to attack*. [Online]. Available: <http://www8.hp.com/us/en/hp-news/press-release.html?id=1744676#.WUrrwWgrKM8>, diakses pada tanggal 29 Agustus 2018 pada jam 21.00 WIB.
- [3] K. Christidis and M. Devetsikiotis, *Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things*, IEEE Access, vol. 4, 2016, pp. 2292 – 2303.
- [4] P. Danzi, et. al., *Analysis of the Communication Traffic for Blockchain Synchronization of IoT Devices*, IEEE International Conference on Communications (ICC), 2018.
- [5] J. Pan and E. Alqrem, *EdgeChain: An Edge-IoT Framework and Prototype Based on Blockchain and Smart Contracts*, <https://arxiv.org/abs/1806.06185>, 2018, diakses pada tanggal 29 Agustus 2018 pada jam 22.00 WIB.
- [6] U. Guin, P. Cui and A. Skjellum, *Ensuring Proof-of-Authenticity of IoT Edge Devices using Blockchain Technology*, The 2018 IEEE International Conference on Blockchain, 2018.
- [7] A. Dorri, et. al., *Blockchain for IoT Security and Privacy: The Case Study of a Smart Home*, IEEE Percom Workshop on Security Privacy and Trust in The Internet of Thing, 2017.
- [8] S. F. T. O. Mendonca, J. F. S. Junior and F. M. R. Alencar, *The Blockchain-based Internet of Things Development: Initiatives and Challenges*, ICSEA, 2017, pp. 28-33.
- [9] J. Kogure, et. al., *The Blockchain-based Internet of Things Development: Initiatives and Challenges*, Fujitsu Scientific & Technical Journal, vol. 53, no. 5, pp 56-61, 2017.
- [10] A. Dorri, et. al., *LSB: A Lightweight Scalable BlockChain for IoT Security and Privacy*, <https://arxiv.org/abs/1712.02969>, 2017, diakses pada tanggal 20 September 2018 pada jam 23.00 WIB.
- [11] A. Narayanan et al., *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*, Princeton University Press, 2016.