

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI KOMUNIKASI ANTAR *NODE* IPFS (*INTERPLANETARY FILE SYSTEM*) PADA *SMART CONTRACT* ETHEREUM

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF NODES COMMUNICATION BETWEEN INTERPLANETARY FILE SYSTEM (IPFS) IN SMART CONTRACT ETHEREUM

Achmad Muhaimin Aziz¹, Avon Budiono, ST., MT², Adityas Widjajarto, ST., MT³

^{1,2,3}Prodi S1 Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹achmadmuhaiminaziz@student.telkomuniversity.ac.id, ²avonbudi@telkomuniveristy.co.id,

³adtwjrt@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kontrak tertulis mempunyai beberapa kelemahan yaitu kontrak dapat hilang dan rusak, tidak hemat biaya dan salah satu pihak bisa saja melakukan kecurangan. Solusi untuk itu adalah menggunakan *smart contract* Ethereum. *Smart contract* Ethereum merupakan protokol komputer yang berfungsi untuk memfasilitasi, memverifikasi, atau menegakan negoisasi secara digital yang ditulis melalui kode program. *Smart contract* bekerja tanpa melalui pihak ketiga dan memiliki proses transaksi yang kredibel sehingga tidak bisa dilacak ataupun diubah. Namun teknologi Blockchain tidak cocok untuk menyimpan data dalam jumlah besar dan biaya mahal, maka penulis mengkombinasikan teknologi IPFS pada Ethereum Blockchain. Jadi pada Ethereum Blockchain hanya menyimpan *hash file* nya saja, kemudian *hash file* ini dapat dihubungkan dengan *file* pada IPFS untuk mengaksesnya. Pada penelitian ini dibangun sebuah sistem DApp (*Decentralized applications*) berbasis *web* yang menerapkan IPFS pada *smart contract* Ethereum serta menggunakan metode *Network Development Life Cycle* (NDLC). Hasil akhir dari penelitian ini adalah pembahasan mengenai integritas data dan *Quality of Service* (QoS) komunikasi antar *node* IPFS pada *smart contract* Ethereum sebagai acuan untuk implementasi pada perusahaan. Dengan hasil implementasi tersebut diperoleh bahwa integritas data yang dimiliki oleh IPFS sangat baik dengan memenuhi aspek *information security* dan memiliki *Quality of Service* dengan nilai rata – rata *throughput* sebesar 56.40 Kbps, 65.80 Kbps, dan 66.31 Kbps, untuk nilai rata – rata *packet loss* sebesar 1.92%, 1.57% dan 0.85%, sedangkan untuk nilai rata – rata *delay* sebesar 24.78 ms, 25.87 ms dan 20.17 ms dengan nilai rata – rata indeks *Quality of Service* yaitu 3 yang memenuhi kategori memuaskan berdasarkan standar THIPON.

Kata Kunci : *Blockchain, Smart Contract, Ethereum, IPFS, Node, Integirtas Data, Quality of Service (QoS)*

Abstract

A written contract has several weaknesses, the contract can be lost and damaged, it is not cost effective and one party can commit fraud. The solution for that is to use the smart contract Ethereum. Smart contract Ethereum is a computer protocol that functions to facilitate, verify, or enforce digital negotiations written through the program code. Smart contract works without going through a third party and has a credible transaction process so that it cannot be tracked or changed. But Blockchain technology is not suitable for storing large amounts of data and expensive costs, so the author combines IPFS technology on Ethereum Blockchain. So the Ethereum Blockchain only stores the hash of the file, then the hash of this file can be connected to the file on IPFS to access it. In this study a web-based DApp (Decentralized applications) system was built that implemented IPFS on the smart contract Ethereum and used the Network Development Life Cycle (NDLC) method. The final result of this study is a discussion of data integrity and Quality of Service (QoS) communication between IPFS nodes on the smart contract Ethereum as a reference for implementation of the company. With the results of the implementation it was found that the data integrity possessed by IPFS was very good by fulfilling aspects of information security and having Quality of Service with average throughput values of 56.40 Kbps, 65.80 Kbps, and 66.31 Kbps, for average packet loss values of 1.92 %, 1.57% and 0.85%, while the average value of delay is 24.78 ms, 25.87 ms and 20.17 ms with the average value of the Quality of Service index which is 3 which satisfies the satisfying category based on THIPON standards.

Key Word : *Blockchain, Smart Contract, Ethereum, IPFS, Node, Data Integrity, Quality of Service (QoS).*

1. Pendahuluan

Pada saat ini seluruh kegiatan bisnis terikat pada kontrak atau perjanjian, kontrak atau data tertulis tidak aman digunakan. Kontrak tertulis mempunyai beberapa kelemahan yaitu kontrak dapat hilang dan rusak, tidak hemat biaya dan salah satu pihak bisa saja melakukan kecurangan. Solusi untuk itu adalah menggunakan *smart contract* Ethereum. *Smart contract* Ethereum merupakan protokol komputer yang berfungsi untuk memfasilitasi, memverifikasi, atau menegakan negoisasi secara digital yang ditulis melalui kode program. *Smart contract* bekerja tanpa melalui pihak

ketiga dan memiliki proses transaksi yang kredibel sehingga tidak bisa dilacak ataupun diubah.

Smart contract disimpan beserta transaksinya pada Blockchain. Blockchain menggunakan teknologi jaringan *peer-to-peer* yang terdistribusi, sehingga Blockchain adalah tempat penyimpanan yang paling aman untuk data digital seperti *cryptocurrency*, *smart contract*, properti, saham, berkas, ataupun yang berharga dengan adanya kerahasiaan, integritas dan keaslian data [4]. Blockchain terdiri dari beberapa daftar blok yang terus bertambah dan dihubungkan oleh algoritma kriptografi. Hal ini didasarkan pada *Distributed Ledger Technology* (DLT) yang merupakan sistem untuk mencatat transaksi digital dalam penyimpanan terdistribusi tanpa memiliki penyimpanan secara terpusat. *Distributed Ledger Technology* (DLT) [1].

Untuk menyimpan data pada Blockchain memerlukan biaya yang cukup mahal. Karena Blockchain tidak cocok untuk menyimpan data dalam jumlah yang cukup besar maka banyak *developer* membuat suatu DApp yang mengintegrasikan antara IPFS dan *smart contract* Ethereum. Dengan demikian untuk penyimpanan data di Blockchain akan lebih murah karena biaya gas yang dikeluarkan untuk pembuatan kontrak dan pembuatan transaksi menjadi lebih murah [4].

IPFS merupakan sebuah *distributed file system* yang bersifat *peer-to-peer* (P2P), berfungsi untuk menghubungkan semua perangkat komputasi dengan sistem *file* yang sama. IPFS mengkombinasikan ide – ide sukses dari sistem *peer-to-peer* sebelumnya yaitu DHT, BitTorrent, Git, dan SFS. Kombinasi ini bertujuan untuk menggantikan teknik distribusi *file* saat ini dengan teknik yang lebih modern membuatnya menjadi sistem *file* yang menarik untuk dipelajari [2].

Pada penelitian ini akan dibangun sistem aplikasi *web* yang bersifat DApp (Decentralized Application) yang mengintegrasikan antara IPFS dan *smart contract*. Aplikasi ini dibuat untuk menggantikan sistem penyimpanan *file* secara terpusat misalnya Google Drive dan Dropbox. Penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap *Quality of Service* dan integritas data dari IPFS dan *smart contract* Ethereum sebagai acuan terhadap implementasi untuk suatu perusahaan. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa terdapat *packet loss* yang berpotensi mempengaruhi kualitas dari integritas data. Sehingga hasil pengujian dari *Quality of Service* dapat mempengaruhi hasil dari pengujian integritas data.

2. Dasar Teori

2.1 Definisi *InterPlanetary File System* (IPFS)

IPFS adalah sebuah *distributed file system* yang bersifat *peer-to-peer* (P2P), berfungsi untuk menghubungkan semua perangkat komputasi dengan sistem *file* yang sama. IPFS mengkombinasikan ide-ide sukses dari *systems peer-to-peer* sebelumnya yaitu DHT, BitTorrent, Git, dan SFS. Kombinasi ini bertujuan untuk menggantikan teknik distribusi *file* saat ini dengan teknik yang lebih modern membuatnya menjadi sistem *file* yang menarik untuk dipelajari [2].

2.2 Blockchain

Blockchain adalah rantai struktur data ibaratkan sebuah *general ledger* yang mendokumentasi dan memverifikasi semua transaksi yang dilakukan oleh *user* atau pengguna. Blockchain menggunakan algoritma *distributed node consensus* untuk menghasilkan dan memperbarui data transaksi menggunakan struktur rantai *block (block-chain)* untuk memverifikasi dan menyimpan data transaksi, dengan menggunakan kriptografi asimetris untuk memastikan keamanan akses dan transmisi pada data, menggunakan kontrak intelijen untuk memprogram dan memanipulasi data [4].

2.3 Ethereum

Ethereum adalah sebuah *platform* dengan rantai-blok yang memiliki fungsi *smart contract*. Ethereum memiliki fungsi seperti *virtual machine* yang menjalankan *smart contract* secara *peer-to-peer* dengan uang kriptografi yaitu Ether (ETH) [5].

2.4 Smart Contract Ethereum

Ethereum adalah platform berbasis Blockchain yang dibangun khusus untuk membuat *smart contract*. Kontrak ini ditulis dalam bahasa *bytecode Turing-Complete*, yang disebut EVM *bytecode*. Kontrak pada *smart contract* Ethereum ditulis dalam bahasa *bytecode Turing-Complete*, yang disebut EVM *bytecode*. Ethereum juga termasuk kedalam *cryptocurrency*. Ethereum memungkinkan pengembang untuk membuat program mereka sendiri ke dalam kontrak, sehingga pengembang bebas untuk meletakkan logika bisnis ke Blockchain [5].

2.5 Penerapan IPFS pada Smart Contract Ethereum

Untuk menyimpan data pada Blockchain memerlukan biaya yang cukup mahal, sehingga tidak cocok apabila menyimpan data dalam jumlah besar. Solusi untuk itu dilakukanlah penerapan IPFS pada *smart contract* ethereum. (Zalecki, 2018). File utuh akan disimpan pada IPFS sedangkan pada Blockchain hanya menyimpan *file* berupa *hash file* dari IPFS. Kemudian *hash file* disimpan di Blockchain dapat dihubungkan dengan *file* yang disimpan pada IPFS untuk dapat mengaksesnya [4].

2.6 *Quality of Service* (QoS)

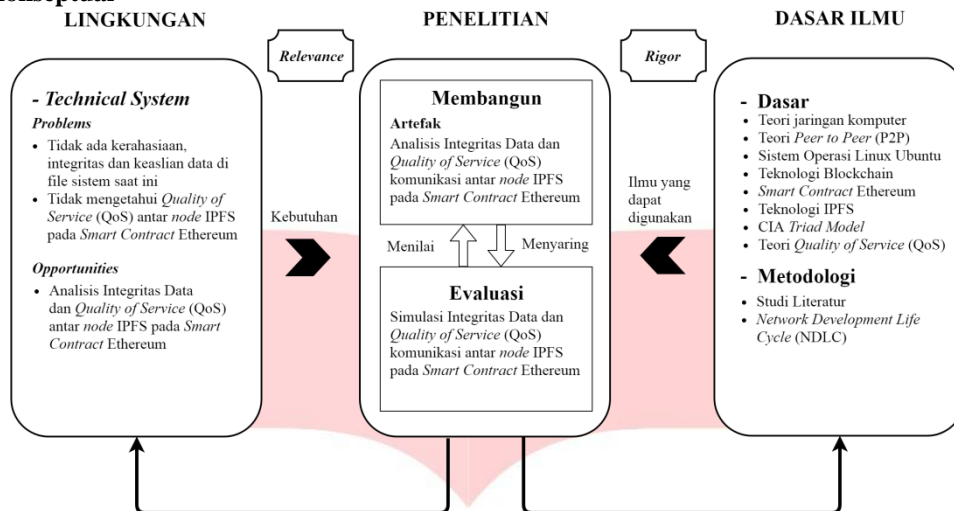
Quality of Service (QoS) merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk melakukan pengukuran terhadap kualitas dari sebuah jaringan dan merupakan suatu upaya untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari

suatu servis. QoS memiliki beberapa parameter, yaitu *throughput*, *packet loss*, dan *delay* [7].

1. *Throughput* merupakan parameter yang mengukur kecepatan (*rate*) transfer data yang diukur dalam bps (bit per second).
2. *Packet Loss* merupakan sebuah parameter QoS yang menunjukkan sebuah kondisi jumlah total paket yang hilang karena terjadi *Collision* dan *congestion* pada jaringan.
3. *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk mencapai tujuan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Metode Konseptual



Gambar 1 Model Konseptual Penelitian

Pada Gambar 1 menjelaskan bahwa model konseptual dibagi menjadi tiga bagian yaitu lingkungan, penelitian, dan dasar ilmu. Setiap bagian terdiri dari beberapa entitas di dalamnya. Pada bagian lingkungan menjelaskan mengenai technical system, dimana terdapat permasalahan dan peluang pada penelitian ini. Pada permasalahan ini terdiri dari tidak ada kerahasiaan, integritas dan keaslian data difile sistem saat ini, tidak mengetahui *Quality of Service (QoS)* antar *node IPFS* pada *smart contract* Ethereum. Berdasarkan permasalahan tersebut, terdapat peluang untuk melakukan analisis *Quality of Service (QoS)* antar *node IPFS* pada *smart contract* Ethereum. Adapun dasar ilmu yang digunakan meliputi teori – teori dan metodologi yang digunakan adalah *Network Development Life Cycle (NDLC)* untuk mendukung penelitian ini, sehingga dalam penelitian ini menghasilkan artefak berupa analisis integritas data dan *Quality of Service (QoS)* antar *node IPFS* pada *smart contract* Ethereum yang dinilai dari hasil evaluasi.

4. Rancangan Sistem

4.1 Instrument Hardware

Instrument hardware pada pengujian ini adalah perangkat keras yang digunakan antara lain sebagai berikut:

Tabel 1 Instrument Hardware

No.	Komponen	Spesifikasi	
1.	Laptop Asus VivoBook 14 A442U	Processor	Intel® Core™ i5- 8250U CPU @ 1.60 GHz 1.80 GHz
		Memori	8GB DDR4 2133MHz SDRAM
		Storage	1TB SATA HDD 5400RPM
		Grafis	Discrete graphics Nvidia GT 930MX 2GB / Nvidia GT 940MX 2GB
		Resolusi	14” HD (1366×768) / FHD (1920×1080)
2.	Laptop Asuspro Essential PU451LD	Processor	Intel® Core™ i5 4210U Processor
		Memori	DDR3L 1600 MHz SDRAM (8192 MB RAM)
		Storage	1TB HDD 5400 RPM
		Grafis	NVIDIA® GeForce® 820M (2048 MB)
		Resolusi	14.0" 16:9 HD (1366x768)
3.	Laptop Lenovo B490	Processor	Intel® Core™ i3-3110M Processor (2.4 GHz, Cache 3MB)
		Memori	8 GB DDR3
		Storage	500 GB Serial ATA 5400 RPM
		Grafis	NVIDIA Geforce 705M 1GB
		Resolusi	14" WXGA LED
4.	MikroTik Routers RB751G- 2HND	Architecture	MIPS-BE
		CPU	AR7241 400MHz
		Main Storage/NAND	64MB
		RAM	64MB
		LAN Ports	5

No.	Komponen	Spesifikasi	
		Gigabit	Yes
		Switch Chip	1
		Integrated Wireless	1
		Wireless Standarts	802.11 b/g/n
		Wireless Tx Power	30dbm
		Integrated Antenna	Yes
		Antenna Gain	2 x 2,5dBi

Tabel 1 menunjukkan *instrument hardware* yang digunakan pada penelitian ini. Model atau seri pada *hardware* disesuaikan dengan kebutuhan pengujian yang dilakukan, *instrument hardware* pada setiap pengujian dapat berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan pengujian. Spesifikasi pada tabel tersebut cukup untuk melakukan pengujian pada penelitian ini.

4.2 Instrument Software

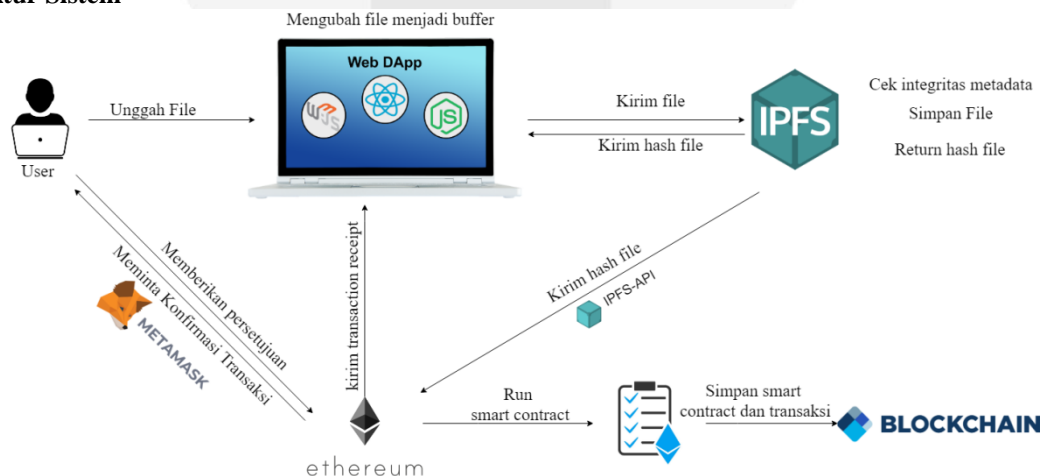
Instrument Software yang digunakan selama proses simulasi dan pengujian sistem adalah sebagai berikut:

Tabel 2 *Instrument Software*

Type	Nama Software	Versi
Sistem Operasi	Linux Ubuntu	16.04 LTS
Main Software	IPFS (Interplanetary File System)	go-ipfs v0.4.18
	Go-lang	go1.12
	Node Package Manager (NPM)	6.4.1
	Node JS	V10.15.3
	Create-react-app	3.0.0
Dependency NPM	bootstrap	3.3.7
	fs-extra	7.0.1
	Ipfs-api	26.1.2
	React	16.8.6
	React-bootstrap	0.32.4
	React-dom	16.8.6
	react-scripts	3.0.0
	Web3	1.0.0-beta.34
Third party Software	Wireshark	2.6.3
	Google Chrome	74.0.3729.131 (64-bit)
	Metamask	6.4.1
	Sublime Text	3.2.1, Build 3207

Pada Tabel 2 terdapat beberapa instrument software yang digunakan, diantaranya adalah Sistem Operasi, *main software*, *dependency NPM*, *third party software* yang digunakan yaitu: Go-Lang, NPM, Node JS, Wireshark, Metamask, Sublime Text, Remix.

4.3 Arsitektur Sistem



Gambar 2 Arsitektur Sistem

Pada penelitian ini dibangun suatu sistem atau aplikasi yaitu DApp (*Decentralize Application*) berbasis *web* dengan menggunakan NPM. Pada sistem *web DApp* dilakukan pengintegrasian IPFS dan *smart contract* Ethereum menggunakan ipfs-api.

1. Masing – masing Laptop ter-install aplikasi, sistem operasi dan sistem *web DApp* yang sama.

2. Pada saat membangun sistem *web* DApp dilakukan pembuatan kontrak menggunakan kode program yang ditulis kedalam Solidity melalui *web* remix.ethereum.org
3. Sistem *web* DApp berfungsi sebagai aplikasi yang menjalankan program Node.js dan NPM yang terdapat beberapa dependency.
4. User mengunggah *file* melalui sistem *web* DApp, selanjutnya browser akan mengubah *file* menjadi buffer.
5. Setelah proses perubahan *file* menjadi buffer telah selesai, dilanjutkan dengan proses pengunggahan *file* menggunakan ipfs-api.
6. Ipfs-api akan memproses pengunggahan *file* menuju IPFS. Pada saat proses pengiriman data melalui IPFS, konfigurasi IPFS menggunakan *port* 4001 pada saat proses pengiriman data.
7. IPFS akan melakukan pengecekan *content file* berdasarkan metadata dari *file* tersebut. Selanjutnya IPFS akan mengembalikan dalam bentuk IPFS *hash* ("Qm...").
8. IPFS akan mengirimkan beberapa blok ke sejumlah *node* yang terhubung. Setelah proses pendistribusian *file* selesai dilakukan IPFS akan mengirimkan data berupa *hash* dari *file* ke dalam sistem *web* DApp dan mengirimkan raw data berupa IPFS *hash* menuju Ethereum network yang ditulis kedalam *smart contract*. Pengiriman raw data berupa IPFS *hash* dilakukan dengan menggunakan ipfs-api.
9. Pada saat proses pengiriman raw data IPFS *hash* menuju Ethereum network metamask akan meminta konfirmasi dari transaksi kepada *user*. Selanjutnya *user* akan memberikan persetujuan dari transaksi tersebut.
10. Setelah *user* memberikan persetujuan maka pengiriman raw data berupa IPFS *hash* akan disimpan kedalam penyimpanan Blockchain. Sebagai bukti dari transaksi yang dilakukan *user* akan meminta transaksi receipt dari Ethereum. Ethereum akan mengirimkan data berupa *transaction hash*, block, serta gas used.

5. Hasil Pengujian dan Analisis

5.1 Hasil Pengujian dan Analisis Integritas Data dan *Quality of Service*

Tabel 3 Hasil Pengujian Integritas Data

Nama File	File Content	IPFS Hash	IPFS Hash Download
Integritas Data1	Ini Ibu Dicky	QmargdpNa7wafb7pSgUvG6c8Y7G2Wuf2SGbsGUJAjcAgfm	QmargdpNa7wafb7pSgUvG6c8Y7G2Wuf2SGbsGUJAjcAgfm
Integritas Data1	Ini Bapak Dicky	QmNYwgt4WViv2tUBYqDMG3vjXWRyFqX1SiQDXuCMdb81ns	QmNYwgt4WViv2tUBYqDMG3vjXWRyFqX1SiQDXuCMdb81ns
Integritas Data2	Ini Bapak Zakky	QmXcnThoK4VykkZh7MFnzWNMJNPRDmSrQEbPnf5EQ8VWB8	QmXcnThoK4VykkZh7MFnzWNMJNPRDmSrQEbPnf5EQ8VWB8
Integritas Data2	Ini Ibu Zakky	QmVttcCDNMCQsJToWgBWVGidnwL8XuUNqLJqL9WnWueAtc	QmVttcCDNMCQsJToWgBWVGidnwL8XuUNqLJqL9WnWueAtc
Integritas Data3	Ini Ibu Jafar	QmXRpsF9sdEdy4WPnWXMgbMDFG5M2MCVxVnocyPgXZC1Hb	QmXRpsF9sdEdy4WPnWXMgbMDFG5M2MCVxVnocyPgXZC1Hb
Integritas Data3	Ini Bapak Jafar	QmXgP5fjaS48KC682pUu6e34NMjeWTsyY2TjhDNxD3FTy4	QmXgP5fjaS48KC682pUu6e34NMjeWTsyY2TjhDNxD3FTy4
Integritas Data4	Ini Ibu Ari	QmcGqNfFZ45oT4m9zcfayBLPqskqAxDnpyGKMwabe3cjK	QmcGqNfFZ45oT4m9zcfayBLPqskqAxDnpyGKMwabe3cjK
Integritas Data4	Ini Bapak Ari	QmZ77oyG58akZAVmszfyyBAD5FHnCBC6ZFWqTYiWkaDByH	QmZ77oyG58akZAVmszfyyBAD5FHnCBC6ZFWqTYiWkaDByH
Integritas Data5	Ini Ibu Jamal	QmVRkUWz2G4qzSKusqu7DEtEq7oTMbVyWGhF29oNavX7Z	QmVRkUWz2G4qzSKusqu7DEtEq7oTMbVyWGhF29oNavX7Z
Integritas Data5	Ini Bapak Jamal	Qmdfjh1PYQCgc5QKdAR9aZjoPcfh41wXEJSDaZyCbVe4tW	Qmdfjh1PYQCgc5QKdAR9aZjoPcfh41wXEJSDaZyCbVe4tW
Integritas Data6	Ini Bapak Reza	QmRFEtmpziyG2LPdjrkyLV8NDc6YwwQxX8cgqJFYXcMzRY	QmRFEtmpziyG2LPdjrkyLV8NDc6YwwQxX8cgqJFYXcMzRY
Integritas Data6	Ini Ibu Reza	QmYXnzAdjB4W9n3TzP8hxrNheHjND1PkEih3Gutk1pWJ8	QmYXnzAdjB4W9n3TzP8hxrNheHjND1PkEih3Gutk1pWJ8
Integritas Data7	Ini Ibu Adityas	QmZYX1hT4WexXLMQPaWUrY1HAqUgdMsguD6cazC5K99UQs	QmZYX1hT4WexXLMQPaWUrY1HAqUgdMsguD6cazC5K99UQs
Integritas Data7	Ini Bapak Adityas	QmRPK1CQM2LB31zmhpd9NXfyoXc68mE9xRcsWWqvFbLUsv	QmRPK1CQM2LB31zmhpd9NXfyoXc68mE9xRcsWWqvFbLUsv

Nama File	File Content	IPFS Hash	IPFS Hash Download
Integritas Data8	Ini Ibu Avon	QmXmRH1ofDVTGJt5uaTpiNDkmFiU4t7ymGA6iamokTysH1	QmXmRH1ofDVTGJt5uaTpiNDkmFiU4t7ymGA6iamokTysH1
Integritas Data8	Ini Bapak Avon	QmUVCDHJBfCDKFVP6Vwu7Jm7MQ1dyKpa5RJy5xtuQLDq1U	QmUVCDHJBfCDKFVP6Vwu7Jm7MQ1dyKpa5RJy5xtuQLDq1U
Integritas Data9	Ini Ibu Tiara	Qma11ThDNzT31oq7ds6AiRfU3BxE9WrGBHeoZUgJZy2Vix	Qma11ThDNzT31oq7ds6AiRfU3BxE9WrGBHeoZUgJZy2Vix
Integritas Data9	Ini Bapak Tiara	QmbtiszpEG2Pb7GmkMybKzP5HGuE2inwSY2PFvgyU9gctn	QmbtiszpEG2Pb7GmkMybKzP5HGuE2inwSY2PFvgyU9gctn
Integritas Data10	Ini Ibu Dwi	Qmcv5YHre38ycabnQ6aVi6QTCh3T5Whdenv5pA2yGVfx6G	Qmcv5YHre38ycabnQ6aVi6QTCh3T5Whdenv5pA2yGVfx6G
Integritas Data10	Ini Bapak Dwi	QmSCEAo26ZU32JZfhfquX2n5o72cEGhvtEz2vDPaPXUQ93	QmSCEAo26ZU32JZfhfquX2n5o72cEGhvtEz2vDPaPXUQ93

Tabel 4 Hasil Pengujian Integritas Data

Nama File	File Content	IPFS Hash	IPFS Hash Download
Integritas Data A	Ini Bapak Prabowo	QmVLshXRbwnGYJYQFU2gAZcitFP2YymaXcciCjgtzqZmM3	QmVLshXRbwnGYJYQFU2gAZcitFP2YymaXcciCjgtzqZmM3
Integritas Data B	Ini Bapak Prabowo	QmVLshXRbwnGYJYQFU2gAZcitFP2YymaXcciCjgtzqZmM3	QmVLshXRbwnGYJYQFU2gAZcitFP2YymaXcciCjgtzqZmM3
Integritas Data C	Ini Bapak Jokowi	Qmbu3e5W9nHvktwrCiDs86wDNYX7DDoDS4sWZyytWWazD4	Qmbu3e5W9nHvktwrCiDs86wDNYX7DDoDS4sWZyytWWazD4
Integritas Data D	Ini Bapak Jokowi	Qmbu3e5W9nHvktwrCiDs86wDNYX7DDoDS4sWZyytWWazD4	Qmbu3e5W9nHvktwrCiDs86wDNYX7DDoDS4sWZyytWWazD4
Integritas Data E	Ini Bapak Sandiaga	QmZ1kmpJURcgibhWZ7AoaJ567nTvY8S5a6MovncL5pFLuM	QmZ1kmpJURcgibhWZ7AoaJ567nTvY8S5a6MovncL5pFLuM
Integritas Data F	Ini Bapak Sandiaga	QmZ1kmpJURcgibhWZ7AoaJ567nTvY8S5a6MovncL5pFLuM	QmZ1kmpJURcgibhWZ7AoaJ567nTvY8S5a6MovncL5pFLuM
Integritas Data G	Ini Bapak Amin	QmPLFWpDeA5fdSsL5CDAedWA9GLesqrhDEQfEMtYuHCr1L	QmPLFWpDeA5fdSsL5CDAedWA9GLesqrhDEQfEMtYuHCr1L
Integritas Data H	Ini Bapak Amin	QmPLFWpDeA5fdSsL5CDAedWA9GLesqrhDEQfEMtYuHCr1L	QmPLFWpDeA5fdSsL5CDAedWA9GLesqrhDEQfEMtYuHCr1L
Integritas Data I	Ini Bapak SBY	QmQnartndyjnGhTLCVX6a3syv3Tq8ZfyLkJKQuXTeDRZz	QmQnartndyjnGhTLCVX6a3syv3Tq8ZfyLkJKQuXTeDRZz
Integritas Data J	Ini Bapak SBY	QmQnartndyjnGhTLCVX6a3syv3Tq8ZfyLkJKQuXTeDRZz	QmQnartndyjnGhTLCVX6a3syv3Tq8ZfyLkJKQuXTeDRZz
Integritas Data K	Ini Bapak Budiono	QmPevDKfY7b3ieAFvZhgjHGrFZJYe sytQJQQQsfqRvTgVj	QmPevDKfY7b3ieAFvZhgjHGrFZJYe sytQJQQQsfqRvTgVj
Integritas Data L	Ini Bapak Budiono	QmPevDKfY7b3ieAFvZhgjHGrFZJYe sytQJQQQsfqRvTgVj	QmPevDKfY7b3ieAFvZhgjHGrFZJYe sytQJQQQsfqRvTgVj
Integritas Data M	Ini Bapak Habibie	Qme5M6S9DEdbob6WjTSS9D3zbnzLHzAXgboW8BZ7r8WGij	Qme5M6S9DEdbob6WjTSS9D3zbnzLHzAXgboW8BZ7r8WGij
Integritas Data N	Ini Bapak Habibie	Qme5M6S9DEdbob6WjTSS9D3zbnzLHzAXgboW8BZ7r8WGij	Qme5M6S9DEdbob6WjTSS9D3zbnzLHzAXgboW8BZ7r8WGij
Integritas Data O	Ini Bapak Gusdur	QmRMD7fSDxV3oKFoyUTTaVwEfwDjDjfrpCYXFNqMeWDLSS	QmRMD7fSDxV3oKFoyUTTaVwEfwDjDjfrpCYXFNqMeWDLSS
Integritas Data P	Ini Bapak Gusdur	QmRMD7fSDxV3oKFoyUTTaVwEfwDjDjfrpCYXFNqMeWDLSS	QmRMD7fSDxV3oKFoyUTTaVwEfwDjDjfrpCYXFNqMeWDLSS
Integritas Data Q	Ini Bapak Soekarno	QmRE7YGyCTYRhYki4xUZiMysufRXNbAjLmcASUgo9ZSMdR	QmRE7YGyCTYRhYki4xUZiMysufRXNbAjLmcASUgo9ZSMdR
Integritas Data R	Ini Bapak Soekarno	QmRE7YGyCTYRhYki4xUZiMysufRXNbAjLmcASUgo9ZSMdR	QmRE7YGyCTYRhYki4xUZiMysufRXNbAjLmcASUgo9ZSMdR

Nama File	File Content	IPFS Hash	IPFS Hash Download
Integritas Data S	Ini Bapak Hatta	QmTJGT3ChUCQMgPy3y9z7gAzWeitt9Brg9MuKZ2PwiT6BF	QmTJGT3ChUCQMgPy3y9z7gAzWeitt9Brg9MuKZ2PwiT6BF
Integritas Data T	Ini Bapak Hatta	QmTJGT3ChUCQMgPy3y9z7gAzWeitt9Brg9MuKZ2PwiT6BF	QmTJGT3ChUCQMgPy3y9z7gAzWeitt9Brg9MuKZ2PwiT6BF

Berdasarkan Tabel 3 pada hasil pengujian Integritas data bahwa pada integritas data dari IPFS memiliki hasil authentication yang sangat baik, dapat dilihat pada isi *content* dari seluruh *file* memiliki output yang sama. Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian integritas data pada tabel 4 bahwa data pada integritas data dengan file name yang sama memiliki content yang berbeda serta memiliki hasil IPFS hash dan IPFS hash download yang berbeda meskipun memiliki file name yang sama. Hasil dari content antara satu file dengan file content lainnya berbeda. Dari hasil pengujian kedua puluh file dimana masing – masing file memiliki file name yang berbeda dengan content yang sama satu sama lain. Hasil output dari *content* yang sama menandakan bahwa *file* tidak mengalami gangguan baik itu kerusakan data, kehilangan data, dan modifikasi berupa penambahan atau pengurangan data sejak proses pengunggahan data dan pengunduhan data. Karena IPFS membaca *file* pada saat proses pengiriman data menggunakan *transaction* dari *file* yang akan dikirim, sehingga kemungkinan untuk terjadi redundant data sangat kecil. Perubahan integritas data tidak mungkin mengalami perubahan dikarenakan IPFS mengirim data tersebut melalui *content hash* yang sudah terenkripsi dengan sangat baik pada saat proses pengiriman data, sehingga *intruder* atau penyusup sulit melakukan perubahan data karena memiliki *public key* dan *private key* yang harus dimiliki oleh *intruder*. Analisis dari pengujian ini adalah menggunakan IPFS untuk menjaga integritas data lebih dapat diandalkan, karena IPFS mampu menjaga isi *content file* dan IPFS *hash* pada saat selesai proses pengunggahan dan pengunduhan data. Pengujian tersebut memenuhi aspek *information security* berdasarkan (*Confidentiality, Integrity, and Availability Triad Model*)

5.2 Hasil Pengujian dan Analisis Quality of Service

Berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungan data *Quality of Service* dengan parameter *throughput*, *packet loss*, dan *delay*.

Tabel 5 Hasil Pengujian *Quality of Service*

Beban Files	Quality of Service-1			Quality of Service-2			Quality of Service-3		
	Throughput	Packet Loss	Delay	Throughput	Packet Loss	Delay	Throughput	Packet Loss	Delay
10MB	19.61	0.00	56.79	29.84	0.13	39.85	20.19	1.08	60.00
50MB	36.36	0.78	30.09	130.71	0.91	10.37	68.16	0.08	17.60
100MB	93.04	0.22	12.08	112.15	0.46	11.66	90.13	0.48	13.22
200MB	68.35	2.75	16.78	68.00	0.83	18.70	78.70	0.43	15.04
300MB	82.34	1.76	13.76	121.27	2.03	9.64	96.87	0.25	11.67
400MB	108.21	2.72	10.62	66.76	1.34	20.73	82.78	0.57	14.33
500MB	88.53	2.27	12.42	53.95	2.54	24.20	80.06	0.65	14.53
600MB	65.40	2.10	17.58	78.76	1.97	15.89	84.89	0.29	13.39
700MB	55.49	2.70	21.04	64.72	1.97	17.71	83.42	0.28	14.09
800MB	49.12	2.35	23.51	59.25	1.56	22.96	67.96	2.21	16.98
900MB	43.50	2.86	26.72	16.75	1.75	76.36	89.89	0.90	12.98
1GB	22.36	2.11	50.11	60.02	2.96	23.32	79.86	1.16	14.45
1.1GB	57.35	2.01	20.14	56.91	1.22	23.38	82.84	1.69	16.19
1.2GB	44.32	2.11	25.98	55.37	1.84	21.39	77.13	2.54	18.45
1.3GB	44.64	2.04	25.84	77.80	2.68	17.91	103.17	1.33	11.34
1.4GB	34.58	2.25	32.80	47.23	1.75	24.83	102.04	1.78	11.98
1.5GB	45.69	1.70	25.07	19.23	0.92	60.97	66.37	2.31	17.92

Berdasarkan hasil seluruh pengujian *Quality of Service*, berikut hasil rekapitulasi rata – rata perhitungan nilai *throughput*, *packet loss*, dan *delay* dan indeks serta keterangan berdasarkan standar atau rekomendasi dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)*.

Tabel 6 Hasil Rata – rata perhitungan nilai *Throughput*, *Packet loss*, dan *Delay*

No	Hasil Pengujian	Rata - rata <i>Throug hput</i> (Kbps)	Keterangan		Rata - rata <i>Packet Loss</i> (%)	Keterangan		Rata - rata <i>Delay</i> (ms)	Keterangan	
			Indeks	Kategori		Indeks	Kategori		Indeks	Kategori
1.	<i>Quality of Service-1</i>	56.40 Kbps	1	Buruk	1.92%	4	Sangat Bagus	24.78 ms	4	Sangat Bagus
2.	<i>Quality of Service-2</i>	65.80 Kbps	1	Buruk	1.57%	4	Sangat Bagus	25.87 ms	4	Sangat Bagus
3.	<i>Quality of Service-3</i>	67.08 Kbps	1	Buruk	0.90%	4	Sangat Bagus	19.99 ms	4	Sangat Bagus

Pada Tabel 6 diperoleh hasil rata – rata perhitungan nilai *throughput*, *packet loss*, dan *delay* beserta indeks dan keterangan berdasarkan standar atau rekomendasi dari *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON).

Pada pengujian *Quality of Service-1* hanya 1 *node* IPFS yang mengirim *file* dan 2 *node* hanya melakukan proses penerimaan data. Pada hasil pengujian *Quality of Service-1* mendapatkan rata – rata *throughput* sebesar 56.40 Kbps, merupakan data terkecil dari seluruh hasil pengujian. Sedangkan *packet loss Quality of Service-1* mendapatkan hasil perhitungan rata – rata sebesar 1.92%, merupakan data tertinggi dari seluruh hasil pengujian. Untuk *delay* pada *Quality of Service-1* memperoleh nilai sebesar 24.78 ms merupakan data terkecil dari hasil pengujian *Quality of Service-2*. Hasil analisis dari hasil pengujian *Quality of Service-1* bahwa rata – rata indeks pada *Quality of Service* memiliki kategori sangat bagus, hanya saja pada hasil pengujian nilai *throughput* mengalami indeks dengan kategori buruk. Nilai dari ketiga parameter tidak absout karena dipengaruhi banyak faktor dan kondisi jaringan pada saat pengiriman paket data.

Pada pengujian *Quality of Service-2*, 2 *node* IPFS melakukan pengiriman *file* dan 3 *node* melakukan proses penerimaan data. Pada hasil pengujian *Quality of Service-2* mendapatkan rata – rata *throughput* sebesar 65.80 Kbps, merupakan data terkecil kedua dari seluruh hasil pengujian. Sedangkan *packet loss Quality of Service-2* mendapatkan hasil perhitungan rata – rata sebesar 1.57%, merupakan data terkecil kedua dari seluruh hasil pengujian. Untuk *delay* pada *Quality of Service-2* memperoleh nilai sebesar 25.87 ms merupakan data terbesar dari hasil pengujian *Quality of Service-2*. Hasil analisis dari hasil pengujian *Quality of Service-2* bahwa rata – rata indeks pada *Quality of Service* memiliki kategori sangat bagus, hanya saja nilai *throughput* mengalami indeks dengan kategori buruk. Kategori delay mendapatkan hasil indeks dengan sangat bagus. Nilai dari ketiga parameter tidak absout karena dipengaruhi banyak factor dan kondisi jaringan pada saat pengiriman paket data.

Pada pengujian *Quality of Service-3*, 3 *node* IPFS melakukan pengiriman *file* dan melakukan proses penerimaan data. Pada hasil pengujian *Quality of Service-3* mendapatkan rata – rata *throughput* sebesar 67.08 Kbps, merupakan data terbesar dari seluruh hasil pengujian. Sedangkan *packet loss Quality of Service-3* mendapatkan hasil perhitungan rata – rata sebesar 1.57%, merupakan data terkecil kedua dari seluruh hasil pengujian. Untuk *delay* pada *Quality of Service-3* memperoleh nilai sebesar 19.99 ms merupakan data terkecil dari seluruh hasil pengujian. Hasil analisis dari hasil pengujian *Quality of Service-3* bahwa rata – rata indeks pada *Quality of Service* memiliki kategori sangat bagus, hanya saja pada hasil pengujian nilai *throughput* mengalami indeks dengan kategori buruk. Kategori delay mendapatkan hasil indeks dengan sangat bagus. Nilai dari ketiga parameter tidak absout karena dipengaruhi banyak factor dan kondisi jaringan pada saat pengiriman paket data.

Dari ketiga hasil rata – rata pengujian analisis yang diperoleh adalah semakin banyak proses interaksi antar *node* IPFS pada *smart contract* Ethereum, maka hasil *Quality of Service* semakin baik, meskipun masih diperlukan adanya perbaikan – perbaikan pada saat proses pengiriman data.

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian implementasi komunikasi antar *node* IPFS pada *smart contract* Ethereum, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengintegrasian antara IPFS dan *smart contract* Ethereum menggunakan sistem *web* DApp berhasil dilakukan. Sistem *web* DApp yang dibangun diatas NPM dan Node.js mampu berjalan dengan baik efisien dan efektif.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, integritas data dengan parameter *hash* pada IPFS, telah teruji apabila *file name* diubah sedemikian rupa IPFS tetap menjaga keaslian dari *file content* tersebut. apabila *file content* mengalami perubahan maka *hash* yang diperoleh dari IPFS mengalami perbedaan meskipun *file name* sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa menggunakan IPFS untuk menjaga integritas data dapat diandalkan karena tidak mengalami perubahan perubahan selama pengujian dilakukan, sehingga hasil tersebut telah memenuhi aspek *information security* berdasarkan CIA Triad Model (*Confidentiality, Integrity, and Availability*).
3. *Quality of Service* pada hasil pengujian yang dilakukan dengan parameter *throughput*, *packet loss*, dan *delay* dapat disimpulkan bahwa:
 - a. Nilai rata – rata *throughput* pada hasil pengujian *Quality of Service-1*, *Quality of Service-2*, *Quality of*

Service-3 diperoleh dengan nilai 56.40 Kbps, 65.80 Kbps, 66.31 Kbps. Nilai rata – rata *throughput* tidak absolut dan dapat dipengaruhi banyak faktor dan kondisi jaringan serta *device* pada saat proses pengiriman dan penerimaan data. Nilai rata – rata indeks *throughput* memperoleh hasil dengan nilai indeks 1 dan memiliki kategori “Buruk”.

- b. Nilai *packet loss* pada hasil pengujian *Quality of Service-1, Quality of Service-2, Quality of Service-3* diperoleh dengan nilai 1.92%, 65.80 1.57%, 0.85%. Nilai rata – rata *packet loss* tidak absolut dan dapat dipengaruhi banyak faktor dan kondisi jaringan serta *device* pada saat proses pengiriman dan penerimaan data. Nilai rata – rata indeks *packet loss* memperoleh hasil dengan nilai indeks 4 dan memiliki kategori “Sangat Baik”.
- c. Nilai *delay* pada hasil pengujian *Quality of Service-1, Quality of Service-2, Quality of Service-3* diperoleh dengan nilai 24.78 ms, 25.87 ms, 20.17 ms. Nilai rata – rata *delay* tidak absolut dan dapat dipengaruhi banyak faktor dan kondisi jaringan serta *device* pada saat proses pengiriman dan penerimaan data. Nilai rata – rata indeks *indeks* memperoleh hasil dengan nilai indeks 4 dan memiliki kategori “Sangat Baik”.
- d. Hasil dari seluruh rata – rata indeks dengan parameter *throughput, packet loss, delay*, pada pengujian *Quality of Service-1, Quality of Service-2, Quality of Service-3* memperoleh hasil dengan nilai indeks 3 dengan kategori “Memuaskan”.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Dalam melakukan pengujian disarankan menggunakan perangkat baik laptop ataupun perangkat jaringan yang memiliki spesifikasi yang baik, sehingga data yang diperoleh adalah data yang maksimal.
2. Dalam proses pengembangan aplikasi IPFS, developer mampu untuk melakukan proses perbaikan pada saat proses pengiriman data, sehingga mendapat hasil *Quality of Service* yang stabil dan akurat.
3. Pada proses pengembangan sistem web *Decentralize Applications, developer software* mampu memberikan langkah – langkah secara mendetail serta penjelasan dari seluruh rangkaian.
4. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk pengembangan sistem *web DApps* dengan menambahkan proses pengunduhan data melalui sistem *web DApps* secara langsung.

Daftar Pustaka:

- [1] Atzei N., Bartoletti M., Cimoli, T. 2017. *A Survey of Attacks on Ethereum Smart Contracts. International Conference on Principles of Security and Trust*, 164-186.
- [2] Bennet, J. 2014. *IPFS - Content Addressed, Versioned, P2P File System (DRAFT3)*. [Online] Available at: <https://github.com/IPFS/papers/raw/master/IPFS-cap2pfs/IPFS-p2p-file-system.pdf> [Accessed 10 Oktober 2018]
- [3] Capital, Zk. 2018. *Reasearch-Focused Blockchain Investment Fund: IPFS Analysis*. [Online] Available at: <https://ipfs.io/ipfs/QmRU1jJ1kNd9fTzjFwM4X9YtA2wfXN1W2eFK7mgTMJ8xgK> [Accessed 10 Januari 2019]
- [4] Chen, Yongle, dkk. 2017. *An Improved P2P File System Scheme based on IPFS and Blockchain*. IEEE *International Conference on Big Data*.
- [5] Rajalakshmi, A., dkk. 2018. *A Blockchain and IPFS based Framework for Secure Research Record Keeping*. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Hal. 1437-1442.
- [6] Wood, G. 2017. *Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger EIP-150 Revision*. [Online] Available at: <https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf> [Accessed 10 Januari 2019]
- [7] Wennergen, O., dkk. (2018) : *Tranparency Analysis Of Distributed File System With a Focus on Interplanetary File System*, University of Skovde, Swedia.
- [7] Wulandari, R. (2016). Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon - LIPI). *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 163-164.