

Analisis dan Simulasi *Distributed Marketplace* Berbasis *Blockchain* dalam Industri Digital Art

Hamzah Ulinuha Mustakim ¹, Risdillah Mimma Untsa ² and Ahmad Naufal Fajril ^{2,*}

¹ Affiliation 1; hamzah@ittelkom-sby.ac.id

² Affiliation 2; risdilah.untsa@ittelkom-sby.ac.id

*Correspondence: ahmad.naufal.19@student.te.ittelkom-sby.ac.id ;

Abstrak: Pada era zaman sekarang ini teknologi berkembang secara pesat untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga memudahkan dan meningkatkan layanan sosial, seiring perkembangan waktu proses transaksi jual beli jasa/barang menjadi mudah dengan adanya *marketplace* yang mana tidak perlu mengeluarkan biaya yang besar dan menghemat tempat. Digital Art stok merupakan jenis digital *asset* dimana kreator seni digital memiliki stok foto digital yang dapat digunakan untuk klien. *Marketplace* stok foto digital merupakan salah satu platform yang paling populer di era sekarang. Kreator seni digital hanya dengan membuat stok karya seni digital menyerahkannya ke *marketplace* kemudian *marketplace* mempertemukan klien yang tepat untuk stok digital art tersebut. Namun adanya ketidakseimbangan harga yang bergantung pada pihak ketiga yang memungkinkan kurang transparansi saat mengelola transaksi. Agar menghilangkan pihak ketiga antara produsen dan konsumen tersebut, konsep *marketplace* digital *blockchain* terdesentralisasi diperkenalkan agar menyediakan alat pasar digital bagi pelaku *marketplace* agar dapat melakukan transaksi bisnis secara aman, terpercaya dan tanpa perantara dari pihak ketiga.

Solusi *Distributed Stock Digital Art Marketplace* (DSDAM) dirancang dan dikembangkan dengan sistem *marketplace* tanpa pihak ketiga yang memungkinkan keamanan dalam basis data digital yang terdesentralisasi dengan penyimpanan seluruh informasi dengan aman dan tepat yang menggunakan teknologi kriptografi. Teknologi ledger distributed memungkinkan yang mencatat semua transaksi dengan transparansi dan konsisten sehingga menjadi kebenaran utama diantara entitas yang saling tidak percaya.

Berdasarkan hasil pengujian fungsional dan simulasi *blockchain* terhadap DSDAM, didapatkan DSDAM menjadi alternatif lebih transparan dan menguntungkan bagi kreator digital art dan klien dibanding *marketplace* tersentralisasi. Meskipun demikian, DSDAM masih terdapat kendala dalam masalah skalabilitas yang digunakan produksi pada dunia nyata. Dengan parameter yang dianalisis dari pengujian kinerja yaitu performa transaksi untuk menciptakan aset gambar (*CreateDigitalArt*) dan menciptakan pesanan dari aset gambar (*OrderLicense*) dalam *blockchain* dengan memasukkan beberapa virtual user sebagai pengujian, ketika pengujian digabungkan didapatkan bahwa sistem dapat melakukan 78 transaksi dengan throughput 54.1 transaksi per menit atau 0,901 transaksi per detik. Dari 78 transaksi yang diselesaikan 45 adalah *CreateDigitalArt* dan 33 adalah *OrderLicense*. Hal tersebut berarti lebih banyak terselesaikan *CreateDigitalArt* dari pada *OrderLicense*.

Kata kunci: *blockchain*, *smart contract*, *distributed marketplace*, digital art, stok foto, *blockchain simulator*.

Analysis and Simulation of Blockchain-Based Distributed Marketplace in The Digital Art Industry

Abstract: In this day and age, technology is developing rapidly to meet human needs so as to facilitate and improve social services. Over time, the process of buying and selling services/goods has become easier with the existence of a *marketplace* which does not need to incur large costs and disturb the place. Digital art stock is a type of digital asset where digital art creators own digital stock photos that can be used for clients. The digital stock photo *marketplace* is one of the most popular platforms in today's era. Digital art creators simply create a stock of digital artwork, submit it to the *marketplace*, and then the marketplace matches the right clients for the digital art stock. However, there is a price wrangle that relies on third parties which allows for a lack of transparency when managing transactions. In order to eliminate third parties between producers and consumers, the concept of a decentralized digital *blockchain marketplace* was introduced to provide digital market tools for *marketplace* players to be able to carry out business transactions safely, reliably and without intermediaries from third parties.

The Distributed Stock Digital Art Marketplace (DSDAM) solution is designed and developed with a marketplace system without third parties that enables security in a decentralized digital database by storing all information safely and precisely using cryptographic technology. Distributed ledger technology makes it possible to record all transactions with transparency and consistency so that it becomes the ultimate truth between entities that do not trust each other.

Based on the results of functional testing and blockchain simulation of DSDAM, DSDAM is found to be a more transparent and profitable alternative for digital art creators and clients compared to a centralized marketplace. Even so, DSDAM still has problems with scalability issues used in production in the real world. With the parameters to be analyzed from performance testing, namely transaction performance for creating image assets (CreateDigitalArt) and creating orders from image assets (OrderLicense) in the blockchain by entering several virtual users as tests, when the tests are combined it is found that the system can carry out 78 transactions with a throughput of 54.1 transactions per minute or 0.901 transactions per second. Of the 78 transactions completed 45 were CreateDigitalArt and 33 were OrderLicense. That means CreateDigitalArt gets more done than OrderLicense.

Keywords: blockchain, smart contract, distributed marketplace, digital art, stock photography, blockchain simulator.

1. Pendahuluan

Perkembangan era digital saat ini banyak mentransformasi dalam industri kreatif. Dampaknya dapat dirasakan dari proses bisnis dalam dunia distribusi konten. Pada proses produksi dalam konten dengan mempermudah biaya dari perekaman, penyimpanan, dan reproduksi konten. Dalam segi kualitas sangat lebih baik, objek semakin lebih bervariasi dengan berkembangnya para editor atau kreator yang menggunakan komputer cukup terjangkau serta difasilitasi dengan efek-efek kekinian yang menarik. Konten dapat disimpan dalam format digital yang lebih praktis namun berkualitas tinggi. Melalui format digital ini, internet sangat berkembang sangat pesat sehingga pendistribusian konten menjadi lebih luas dapat dijangkau oleh berbagai macam konsumen.

Salah satu industri kreatif yang populer berkembang pesat pada era digital yakni industri digital art asset. Industri ini telah berkembang dari industri rumahan hingga memiliki nilai jual pasar yang

tinggi, hal tersebut terjadi karena kemudahan dalam distribusi digital art dengan adanya internet. Kreator digital art sangat berpotensi untuk meningkatkan kreativitas dalam berkarya sehingga mudah menjual digital art dari arsip mereka ke *marketplace* digital art dimanapun kapanpun. Meskipun demikian nilai pasar yang sangat besar, kreator tidak memiliki banyak pilihan dan mendistribusikan digital art yang dimiliki. Distribusi dapat dilakukan secara pribadi dengan melalui *marketplace* stok digital art. Pada saat mendistribusikan digital art pribadi, kreator secara tidak langsung membuat lisensi stok digital art pada klien. Keberhasilan kreator dari distribusi stok digital art kepada klien yakni dari reputasi dan relasi dari kreator tersebut. Oleh karena itu, kreator digital art yang masih amatir yang masih belum memiliki nama lebih untuk memilih mendistribusikan stok digital art mereka pada *marketplace*. Pada *marketplace* seluruh proses pengarsipan, pemasaran, lisensi dan pembayaran digital art ditangani oleh *marketplace*. Sebagai gantinya *marketplace* mendapat royalti presentase profit yang didapatkan oleh kreator digital art.

Proses distribusi yang dilakukan di *marketplace* sangat praktis dan mudah menjadi alasan mengapa *marketplace* menjadi pilihan yang populer bagi kreator digital untuk mengembangkan bisnis karya seninya. Namun bentuk *marketplace* yang tersentralisasi ini menyebabkan semua proses bisnis memiliki ketergantungan terhadap keberadaan *marketplace* sebagai mediator transaksi, sehingga *marketplace* menangani semua kebutuhan distribusi stok digital art, *marketplace* memiliki kekuasaan penuh pada distribusi digital art. Akibatnya, kreator perlu *menyerahkan* hak atas konten digital art yang lebih ke kreator beserta profit yang besar untuk bergabung dengan *marketplace*.

Saat ini, *marketplace* tersentralisasi mengenakan biaya hingga >50% dari harga jual foto [1]. Selain itu juga, kreator juga tidak memiliki kendali penuh atas distribusi stok digital art yang dimiliki. Kreator tidak bisa menetapkan harga dan jenis lisensi digital art yang dipasarkan pada *marketplace*. Hal tersebut memungkinkan kreator perlu *marketplace* dengan tanpa adanya pihak ketiga agar kreator berhak atas kontrol lebih dan meraih keuntungan yang lebih pantas.

Perkembangan saat ini penggunaan teknologi blockchain yang telah diperkenalkan dengan *smart contract* sebagai kontrak digital yang tereksekusi secara mandiri yang disimpan dan dieksekusi pada node *blockchain* sehingga memungkinkan dibuatnya aplikasi terdesentralisasi dengan aman. Menurut Buterin et al mengusulkan terdapat banyak aplikasi dari *smart contract* salah satunya dari *marketplace* terdesentralisasi atau *distributed marketplace* yang aman [2]. Pada *distributed marketplace* entitas pihak ketiga dapat dihilangkan sehingga penjual dan pembeli dapat melakukan proses bisnis secara langsung. Konsep ini merevolusi bagaimana stok digital art bekerja dimana tanpa ada campur tangan dari pihak *marketplace* sehingga kreator punya kendali penuh atas distribusi stok digital art mereka. Implementasi *distributed marketplace* pada industri digital art dapat menjadi solusi dan memberikan beberapa keuntungan. Contoh aplikasinya ialah penetapan lisensi khusus pada digital art, transaksi bisnis yang aman, adanya profit sharing dengan editor/model dari setiap penjualan digital art.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Sebelumnya

Literatur dari penelitian sebelumnya sangat penting tidak terpisahkan dari bidang penelitian yang dikaji oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Dengan hal tersebut dimaksudkan agar menjadi referensi untuk peneliti selanjutnya dan dapat dikembangkan agar menghindari dari perulangan yang sama.

Peneliti sebelumnya oleh Tharaka Hewa, Mika Ylianttila, Madhusanka Liyanage pada tahun 2021 dengan judul *Survey on blockchain based smart contracts: Applications, opportunities and challenges* menyoroiti *smart contract* dapat merevolusi sebagian besar aplikasi dengan fungsionalitas yang optimal dan efektif sehingga *smart contract* memiliki potensi masa depan.

Peneliti sebelumnya oleh Hemang Subramanian pada tahun 2017 dengan judul *Decentralized Blockchain-Based Electronic Marketplaces* hasilnya memberikan dan implementasi desentralisasi *marketplace* dapat memberi keunggulan lebih banyak daripada *marketplace* tersentralisasi.

Peneliti sebelumnya oleh Oliver R. Kabi & Virginia N. L. Franqueira pada tahun 2018 dengan judul *Blockchain-Based Distributed Marketplace* memberikan gambaran secara umum bahwa *ethereum* dapat digunakan untuk mengembangkan *distributed on-chain market*, tetapi masih ada yang harus ditindak lebih lanjut.

2.2 Teknologi Blockchain

Distributed Ledger Technology (DLT) merupakan protokol yang dapat membantu yang memungkinkan untuk keamanan basis data digital yang terdesentralisasi dimana data ditransmisikan dalam jaringan P2P, ia tidak memiliki sistem kendali pusat dan semua masalah keamanan yang menyertainya [3]. Semua informasi pada buku besar diduplikasi di setiap node pada jaringan P2P. Sifat dari buku besar yakni tidak dapat diubah, sangat sulit mengubah riwayat transaksi. DLT ini memiliki beberapa manfaat seperti akuntabilitas, dan transparansi data untuk disimpan pada buku besar yang didistribusikan [4]. *Blockchain* merupakan implementasi dari DLT dimana terdiri dari beberapa blok yang terisi data sebelumnya yang membentuk rantai blok data. Terdapat 4 karakteristik dari *blockchain* dimana karakteristik tersebut dapat menghemat biaya dan meningkatkan efisien sistem, yaitu *decentralization, persistency, anonymity, auditability* [5].

2.3 Smart Contract

Smart contract merupakan program komputer/protokol transaksi yang digunakan untuk mengeksekusi, mencatat atau mengendalikan kejadian atau tindakan terhadap suatu asset secara otomatis. Penggunaan dari smart contract ini untuk menghilangkan resiko karena entitas pihak ketiga sehingga smart contract menjalankan secara mandiri dan konsisten untuk mengelola asset transaksi.

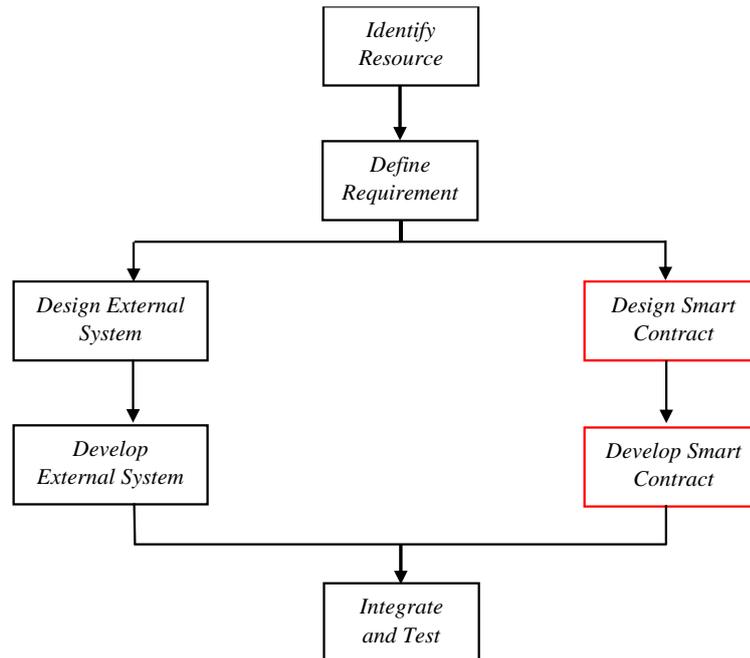
2.4 Marketplace Digital Art Stok

Marketplace digital art stok merupakan platform yang dapat menghubungkan kreator dengan klien. Melalui *marketplace*, klien dapat mencari kebutuhan kebutuhan stok gambar digital art dengan luas dan bervariasi beserta beragam kreator. Sedangkan bagi kreator, bebas untuk menuangkan imajinasinya pada tools yang mereka gunakan dan memiliki kontrol penuh atas mendistribusikan/menjual digital art mereka pada *marketplace* sehingga membuka pasar baru secara individu. Saat melakukan pendistribusian digital art melalui *marketplace*, kreator perlu menyerahkan koleksi digital art yang dimiliki dalam arsip kreator. Penyerahan ini juga termasuk memberikan hak kepada *marketplace* atas lisensi digital art dari kreator. Kemudian koleksi stok digital art akan dipasarkan melalui platform *marketplace*. Ketika klien ingin membeli digital art, maka *marketplace* akan merealisasikan digital art tersebut sehingga klien sah mendapat hak atas penjualan digital art tersebut.

3. Metode dan Pemodelan

Pada penelitian ini menggunakan metodologi pengembangan pada sistem yang bertujuan untuk mengembangkan sistem sebelumnya. Pengembangan sistem diadopsi dari judul penelitian *An Agile Software Engineering Method to Design Blockchain Applications* [6] dimana menyesuaikan dengan kebutuhan sistem dalam membuat *smart contract*.

3.1 Perancangan sistem



Gambar 3.1 Flowchart Pengembangan Sistem Berbasis *Blockchain*

Tahapan dari metodologi pengembangan akan dijelaskan dari setiap tahapan sebagai berikut:

1. Identify Resource

Pada tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber daya yang dibutuhkan untuk membuat sistem berbasis *blockchain*. Identifikasi sumber daya dapat dilakukan pengamatan pada industri saat ini.

2. Define Requirement

Pada tahap ini bertujuan untuk menetapkan spesifikasi dari sistem. Dimana akan dibagi menjadi dua bagian yakni subsistem *smart contract* dan sistem eksternal.

3. Design System

Pada tahap ini bertujuan untuk membuat desain sistem yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Pada pembuatan desain sistem difokuskan pada subsistem *smart contract*.

4. Develop System

Tahap ini bertujuan untuk mengaktualisasikan rancangan sistem yang telah dibuat. Pada tahap ini akan ditentukan platform dan bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengembangkan sistem *distributed marketplace*.

5. Integrate and Test

Tahap ini bertujuan untuk mengintegrasikan *smart contract* dan sistem eksternal untuk menjadi sistem yang utuh. Kemudian dilakukan pengujian terhadap sistem yang berjalan sesuai spesifikasi.

4. Hasil dan Analisa

Pada penelitian ini dibahas tentang hasil dari uji coba pembuatan sistem sederhana *martketplace* digital art berbasis *blockchain* dari sistem sederhana yang telah dibuat.

4.1 Pengujian Sistem

Pada bagian ini dilakukan pengujian sistem yang telah dikembangkan. Pengujian ini dilakukan berdasarkan bab 3 sebelumnya. Terdapat pengujian sistem yakni pengujian fungsionalitas dan pengujian kinerja.

4.1.1 Pengujian Fungsional

Pada skenario percobaan uji coba sistem dapat dilihat pada tabel 4.1 dengan memberikan masukan perintah yang ditentukan dengan harapan keluaran sesuai dengan yang diharapkan. Terdapat kode pengujian agar memudahkan urutan skenario pengujian.

Tabel 4.1 Hasil Skenario Pengujian Fungsional

Kode Uji	Skenario Uji	Input	Output yang diharapkan	Keterangan
SPF 01	<i>User</i> memiliki akun <i>wallet</i> memasuki halaman utama DSDAM	Akun <i>wallet</i> pengguna	Jendela utama DSDAM	<i>valid</i>
SPF 02	<i>User</i> belum mendaftar sebagai kreator untuk memasuki halaman pendaftaran utama digital <i>art</i>	Akun <i>wallet</i> pengguna	Halaman utama pendaftaran digital <i>art</i>	<i>valid</i>
SPF 03	<i>User</i> belum mendaftar sebagai kreator untuk memasuki halaman pendaftaran utama digital <i>art</i>	Akun <i>wallet</i> <i>user</i>	Halaman utama pendaftaran kreator	<i>valid</i>
SPF 04	<i>User</i> belum mendaftar sebagai kreator untuk mendaftar pribadi sebagai kreator	Akun <i>wallet</i> <i>user</i>	<i>User</i> terdaftar sebagai kreator ditandai dengan muncul <i>address</i> kontrak DigialArt Manager untuk akun <i>user</i>	<i>valid</i>
SPF 05	<i>User</i> terdaftar sebagai kreator mendaftarkan digital <i>art</i> pada sistem dengan memasukkan informasi tentang	Digital <i>art</i> , deskripsi, harga, dan tag digital <i>art</i>	Nilai hash dan nilai harga dari asset digital	<i>valid</i>

	digital art yang akan didaftarkan			
SPF 06	Kreator mengambil saldo dari penjualan gambar dengan mengambil fungsi <code>withdrawMoney()</code>	Akun <i>wallet user</i> , saldo kreator > 0	Saldo penjualan menjadi nol dan ether <i>user</i> bertambah sesuai saldo	<i>valid</i>
SPF 07	<i>User</i> mencari gambar yang diinginkan menggunakan <i>tag</i> gambar	<i>Tag</i> gambar	Halaman menampilkan gambar sesuai dengan kebutuhan dari <i>tag</i>	<i>valid</i>
SPF 08	<i>User</i> memesan lisensi gambar tertentu	Gambar yang dipesan	Pesanan lisensi klien ditandai dengan bertambahnya address pembayaran pesanan	<i>valid</i>
SPF 09	<i>User</i> mengirimkan uang digital dengan jumlah sesuai dengan harga lisensi	<i>Address</i> pembayaran	Pesanan lisensi lunas	<i>valid</i>
SPF 10	<i>User</i> mengunduh lisensi dan gambar pesanan yang sudah lunas	<i>Hash</i> gambar	Lisensi dan gambar dapat diunduh sesuai dengan gambar yang dipesan	<i>valid</i>

4.1.2 Pengujian Kinerja

Pada pengujian kinerja dilakukan menggunakan perangkat lunak JMeter. JMeter yang telah dikonfigurasi seperti yang direncanakan, menggunakan 15 virtual user dengan durasi 60 s. Konfigurasi menggambarkan 15 user yang mengakses sistem secara terus menerus selama 60 s.

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error%	Throughput
createDigitalArt	90	10273	2015	18035	4975,58	0.00%	1.1/sec
TOTAL	90	10273	2015	18035	4975,58	0.00%	1.1/sec

Gambar 4.2 Hasil Pengujian Kinerja endpoint CreateDigitalArt

Pengujian pertama dilakukan pada endpoint CreateDigitalArt yang digunakan untuk menciptakan asset gambar dalam bentuk blockchain. Berdasarkan pengujian pada Gambar 4.13, sistem dapat melayani 90 transaksi dengan throughput 1.1 transaksi perdetik. Pada beban 15 virtual user, sistem masih dapat menangani sebuah transaksi tanpa error.

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error%	Throughput
orderLicense	90	10018	2025	18025	5062,29	0.00%	1.1/sec
TOTAL	90	10018	2025	18025	5062,29	0.00%	1.1/sec

Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kinerja endpoint OrderLicense

Kemudian pengujian kedua dilakukan pada endpoint OrderLicense yang digunakan untuk menciptakan pesanan dari asset gambar dalam bentuk blockchain. Berdasarkan pengujian pada Gambar 4.14 sistem dapat melayani 90 transaksi dengan throughput 1.1 transaksi perdetik sama seperti hasil pada pengujian pertama. Hal ini kemungkinan terjadi arena proses dari kedua jenis transaksi tidak jauh berbeda.

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error%	Throughput
createDigitalArt	45	15771	9037	27941	9191.48	0.00%	44.8/min
orderLicense	33	7726	4536	12924	3567.24	0.00%	58.5/min
TOTAL	78	12876	4536	27941	7174.72	0.00%	54.1/min

Gambar 4.3 Hasil Pengujian Kinerja endpoint CreateDigitalArt dan OrderLicense

Berdasarkan hasil pengujian gabungan antara createDigitalArt dan OrderLicense pada Gambar 4.15 bahwa sistem dapat melakukan 78 transaksi dengan throughput 54.1 transaksi per menit atau 0,901 transaksi perdetik. Dari 78 transaksi yang diselesaikan 45 adalah CreateDigitalArt dan 33 adalah OrderLicense. Hal tersebut berarti lebih banyak terselesaikan CreateDigitalArt daripada OrderLicense.

Rincian hasil pengujian kinerja pada DSDAM dapat dilihat pada Tabel 4.3. Secara keseluruhan transaksi yang dapat ditangani oleh DSDAM berkisar pada 0.901- 1.1 transaksi perdetik. Hal ini menunjukkan DSDAM berbasis blockchain memiliki kinerja sangat ringan dan belum mampu menggantikan kinerja database tersentralisasi.

NO	Transaksi	HASIL	
		Transaksi yang diproses	Transaksi perdetik
1.	CreateDigitalArt	90	1.1
2.	CreateLicense	90	1.1
3.	CreateDigitalArt & CreateLicense	78	0,901

Tabel 4.3 Rincian Hasil Pengujian Kinerja

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengembangan *distributed marketplace* berbasis *blockchain* dalam industri digital art, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Implementasi DApp (Decentralized Application) pada *distributed marketplace* berbasis *blockchain* pada web/platform untuk melakukan transaksi tanpa pihak ketiga menggunakan aplikasi klien.
2. Dalam pengujian fungsionalitas pada uji skenario SPF 01 – SPF 10 yang telah dilakukan dinyatakan berhasil sehingga hasil yang didapatkan valid.
3. Pada pengujian kinerja teknologi *blockchain* berdasarkan parameter performa transaksi untuk membuat asset gambar (*createDigitalArt*) diperoleh hasil pengujian dapat melayani 90 transaksi dengan throughput 1.1 transaksi perdetik dan memesan asset gambar (*orderLicense*) diperoleh hasil 90 transaksi dengan throughput 1.1 transaksi perdetik sama seperti hasil pada pengujian pertama. Ketika pengujian digabungkan didapatkan bahwa pengujian antara *createDigitalArt* dan *OrderLicense* dapat melakukan 78 transaksi dengan throughput 54.1 transaksi per menit atau 0,901 transaksi perdetik. Dari 78 transaksi yang diselesaikan 45 adalah *CreateDigitalArt* dan 33 adalah *OrderLicense*. Hal tersebut berarti lebih banyak terselesaikan *CreateDigitalArt* daripada *OrderLicense*.

6. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengembangan *distributed marketplace* berbasis *blockchain* dalam industri digital art, adapun saran untuk peneliti berikutnya sebagai berikut:

1. Pada fungsionalitas lebih diperhatikan dalam alur interaksi agar lebih kompleks dan dapat digunakan secara realtime.
2. Pada pengembang sistem lebih disesuaikan dengan perkembangan versi atau teknologi yang akan datang.

Referensi

- [1] Stock Photo Advisor, "Contributors Royalty Comparison", Stock Photo Advisor, 7 March 2020. [Online]. Available: <https://helpx.adobe.com/stock/contributor/help/royalty-details.html>. [Diakses 12 July 2022]

- [2] V. Buterin, "A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform," 2013. [Online]. Available: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>. [Diakses 12 July 2022]
- [3] T. Gabriel, A. Cornel-Cristian, M. Arhip-Calin, and A. Zamfirescu, "Cloud Storage. A comparison between centralized solutions versus decentralized cloud storage solutions using Blockchain technology," 2019 54th Int. Univ. Power Eng. Conf. UPEC 2019 - Proc., pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/UPEC.2019.8893440.
- [4] J. Xie et al., "A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges," IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2794–2830, 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2899617.
- [5] H. Wang, Z. Zheng, S. Xie, H. N. Dai, and X. Chen, "Blockchain challenges and opportunities: a survey," Int. J. Web Grid Serv., vol. 14, no. 4, p. 352, 2018, doi: 10.1504/ijwgs.2018.10016848.
- [6] M. Marchesi, L. Marchesi, and R. Tonelli, "An Agile Software Engineering Method to Design Blockchain Applications," Softw. Eng. Conf. Russ., pp. 1– 8, 2018, doi: <https://doi.org/10.1145/3290621.3290627>