

# Perancangan Arsitektur Sistem Distribusi Pupuk Bersubsidi dengan Teknologi *Blockchain*

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v9i2.6098>

Riwayat Artikel

Received: 19 Januari 2023 | Final Revision: 22 Juli 2023 | Accepted: 27 Juli 2023

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Eko Purwanto Aribowo✉<sup>#1</sup>, Andi Wahyu Rahardjo Emanuel<sup>\*2</sup>

<sup>#</sup> Magister Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari No.44, Janti, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281, Indonesia

<sup>1</sup>eko.purwanto@atmi.ac.id

<sup>2</sup>andi.emanuel@uajy.ac.id

✉Corresponding author: eko.purwanto@atmi.ac.id

**Abstrak** — Pengendalian distribusi pupuk bersubsidi secara digital merupakan salah satu upaya pemerintah dalam meningkatkan efektivitas program. Teknologi informasi pada kartu tani mampu mencatat berbagai rekaman transaksi seperti sisa kuota pupuk bersubsidi bagi masing masing petani dan rekaman pembelian. Namun demikian, penggunaan kartu tani dirasa masih kurang optimal karena masih dijumpai beberapa permasalahan dalam penerapan teknologi tersebut. Masalah yang sering terjadi adalah kesalahan pencatatan data, penggunaan kartu yang tidak sesuai peruntukannya, dan masalah-masalah distribusi lainnya. Penelitian yang bertujuan untuk mengurangi kelemahan sistem pada program kartu tani telah banyak dilakukan sebelumnya, namun penerapan teknologi *Blockchain* dalam distribusi pupuk bersubsidi masih belum banyak dibahas. Dalam penelitian ini, akan diusulkan penggunaan *Blockchain* dengan *Framework Hyperledger Fabric* untuk merancang sistem informasi distribusi pupuk bersubsidi. Teknologi *Blockchain* dipilih karena memiliki sifat yang cocok untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi antara lain *decentralized* dan *immutability*. Kedua sifat tersebut dapat dikembangkan untuk membangun sistem informasi yang transparan dan berintegritas. Luaran dari studi ini adalah sebuah rancangan arsitektur distribusi pupuk bersubsidi yang mudah diterima oleh petani. Pengujian kelayakan arsitektur akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan sifat inovasi yaitu Keuntungan Relatif, Kompatibilitas, Kompleksitas, dan Observabilitas.

**Kata kunci**— Blockchain; Hyperledger Fabric; Kartu Tani; Pupuk Bersubsidi; Smart Farming.

## *Architecture Design of Subsidized Fertilizer Distribution System with Blockchain Technology*

**Abstract** — Digitalizing subsidized fertilizers distribution control is one of the government's efforts to increase program effectiveness. Information technology on *Kartu Tani* can record various transaction records, such as the remaining subsidized fertilizer quota for each farmer and purchase records. However, using *Kartu Tani* is still not optimal because some problems apply to this technology. The problems that often occur are data recording errors, using cards that do not fit their purpose and other distribution problems. This research aimed at reducing system weaknesses in the farmer card program has been carried out before, but the application of *Blockchain* technology in the distribution of subsidized fertilizers has not been widely discussed. This research will propose using *Blockchain* with the *Hyperledger Fabric Framework* to design a subsidized fertilizer distribution information system. *Blockchain* technology was chosen because it has suitable properties to overcome problems, including decentralization and immutability. These characteristics can be developed to build a transparent and integrity information system. The output of this study is an architectural design of subsidized fertilizer distribution that farmers easily accept. Architectural feasibility testing will be carried out using an innovation approach: Relative Advantage, Compatibility, Complexity, and Observability.

**Keywords**— Blockchain; Distribution; Hyperledger Fabric; Kartu Tani; Smart Farming.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu usaha pemerintah dalam mengatur distribusi pupuk bersubsidi adalah dengan menciptakan program kartu tani yang diinisiasi pada tahun 2016. Provinsi Jawa Tengah telah melaksanakan program ini sejak awal tahun 2018, namun dalam pelaksanaannya terdapat berbagai kendala dalam penggunaan kartu tani yang terjadi pada distributor, pengecer, hingga petani. Terdapat temuan berbagai kendala yang terjadi di lapangan sehingga terjadi penolakan di berbagai daerah [1]. Kebijakan terkait penyediaan pupuk bagi petani melalui subsidi harga pupuk sebetulnya telah dibuat oleh pemerintah. Subsidi yang diberikan akan mengkompensasi harga jual dan biaya distribusi pupuk. Harga pupuk terkadang sulit untuk dijangkau oleh masyarakat, program ini bertujuan untuk meringankan beban petani terutama dalam hal pengadaan pupuk seperti Urea, SP-36, ZA, NPK Phonska dan lain-lain [2]. Luasnya target pelaksanaan program menjadi tantangan terbesar dalam implementasi program kartu tani yang berdampak pada efektivitas program [3].

Usulan solusi dan analisa dari berbagai kendala pada penerapan program kartu tani sebelumnya pernah dilakukan dalam beberapa penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Moko, dkk (2017) [4] menyampaikan beberapa kendala diantaranya adalah penyaluran pupuk tidak tepat sasaran. Terjadi perembesan, kelangkaan, dan penjualan diatas harga yang ditentukan. Kendala lain disampaikan oleh Fahmi, dkk.(2020) [5] di mana terdapat penolakan terhadap penggunaan kartu tani oleh petani. Penolakan yang terjadi didasari oleh berbagai argumen yang berbeda, keragaman argumen yang diberikan memiliki kaitan terhadap usia dan tingkat pengetahuan petani. Chakim, dkk (2019) [6] melakukan pendekatan yang berbeda antara distribusi pupuk bersubsidi dengan penggunaan kartu tani. Hasilnya distribusi pupuk bersubsidi telah dilaksanakan secara efektif namun kepatuhan petani untuk menggunakan kartu tani masih kurang. Studi lain mengungkapkan bahwa penggunaan kartu tani yang bersifat tidak wajib bagi petani mengakibatkan petani enggan untuk membeli pupuk menggunakan kartu tani dan memilih menggunakan pembayaran konvensional. Lemahnya edukasi dan promosi berdampak pada kurangnya pengetahuan petani terhadap penggunaan kartu tani [7].

Beberapa studi dilakukan melalui pendekatan dengan fokus kepada distribusi pupuk bersubsidi dan menemukan berbagai permasalahan di dalamnya. Kelangkaan pasokan pupuk bersubsidi menjadi salah satu masalah yang harus segera ditangani dalam rantai pasokan pupuk bersubsidi [8]. Menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor 41 Tahun 2021, harga penjualan pupuk bersubsidi diatur oleh pemerintah. Namun, dalam praktiknya terdapat beberapa pengecer yang menjual pupuk bersubsidi di atas Harga Eceran Tertinggi (HET). Hal ini disebabkan oleh berbagai sebab seperti variasi pada jarak pengiriman ekspedisi, perbedaan Upah Minimum Reguler Pekerja dan faktor lain seperti kecurangan pengecer dan lain-lain [9]. Kecurangan yang dilakukan oleh oknum-oknum distributor terhadap distribusi pupuk bersubsidi sering terjadi di lapangan. Kondisi ini terjadi karena adanya celah-celah hukum yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan kegiatan kejahatan. Selain itu kurang efektifnya proses pengawasan dan pencatatan menjadi faktor lain pemicu adanya kecurangan [10]. Pelaporan hasil penjualan pupuk bersubsidi kepada pemerintah saat ini masih menggunakan dokumen cetak, selain itu pengisian data memerlukan waktu yang lama. Meskipun saat ini terdapat sistem informasi pengisian data penjualan secara online namun masih memerlukan proses input data dan tetap harus melakukan pencetakan dokumen [11]. Dengan banyaknya problematika yang terjadi pada distribusi pupuk bersubsidi, menunjukkan perlunya perbaikan sistem informasi distribusi pupuk bersubsidi. Teknologi *Blockchain* menjadi salah satu pilihan untuk mengatasi sebagian maupun seluruh problematika pada sistem distribusi pupuk bersubsidi.

Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan serta pengujian kelayakan penggunaan *Blockchain* dengan *Framework Hyperledger Fabric* untuk menyempurnakan Sistem Informasi pada distribusi pupuk bersubsidi. Terdapat 4 tujuan utama dari penerapan *Blockchain* pada distribusi pupuk bersubsidi untuk para petani. Tujuan yang pertama adalah memperkuat fungsi pengawasan pada rantai pasokan. Teknologi *Blockchain* memberikan kemudahan dalam melakukan pelacakan ataupun penelusuran pada rantai pasok pupuk bersubsidi. Penggunaan *Blockchain* memungkinkan adanya penyimpanan dan pengelolaan data yang diperlukan dalam pengembangan inovasi teknologi berbasis data. Pengembangan teknologi berbasis data saat ini sangat diperlukan untuk mendukung *smart farming* pada tata pemerintahan baik pusat maupun daerah. Pengelolaan data ketersediaan pupuk bersubsidi yang lebih transparan dapat dibangun dengan teknologi *Blockchain* yang diusulkan. Teknologi *Blockchain* yang digunakan pada distribusi pupuk bersubsidi mampu meningkatkan produktivitas dengan mengurangi kekurangan pekerjaan manual manusia ke manusia yang lambat dan kurang efisien, sehingga pelayanan terhadap petani menjadi tidak maksimal. Teknologi *Blockchain* memungkinkan penggunaan buku besar yang transparan, distribusi pupuk dapat senantiasa disesuaikan sehingga meminimalkan penggunaan gudang. Dengan demikian biaya penyimpanan dan distribusi pupuk melalui agen resmi dapat diturunkan sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

Penerapan teknologi *Blockchain* pada bidang pertanian, berarti juga menghubungkan petani dengan finansial global. Potensi luar biasa yang dimiliki oleh teknologi *Blockchain* salah satunya adalah adanya alternatif bagi petani untuk mendapatkan pinjaman mikro pada ruang lingkup internasional. Fitriani, dkk. [12] mengungkapkan bahwa petani kecil dan menengah pada umumnya memerlukan dana pinjaman untuk menjalankan aktivitas pertaniannya. *Blockchain* dapat membantu petani mendapatkan pinjaman mikro pada jaringan pemberi pinjaman di seluruh dunia. Penelitian yang melibatkan *blockchain* dalam dunia pertanian juga dilakukan Akkela, dkk. [13] yang mengusulkan sebuah praktik pertanian pintar berkelanjutan menggunakan tinjauan sistematis melalui metode PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews

and Meta-analyses). Studi tersebut menghasilkan berbagai rekomendasi dan implikasi yang disajikan untuk mengatasi kesenjangan pengetahuan demi mengatasi hambatan implementasi *blockchain* di dalam pertanian. Srivastava, dkk. [14] melakukan studi bibliometrik untuk menganalisis dan mengidentifikasi tema-tema yang muncul untuk penelitian masa depan dalam teknologi *blockchain*, dengan fokus pada domain pertanian dan manajemen rantai pasokan. Sampel yang digunakan adalah 1322 artikel dari Web of Science untuk periode 2015-2020. Hasil penelitian tersebut memberikan wawasan berharga bagi para peneliti dan audiens global. Dengan berbagai studi dapat diketahui bahwa potensi *blockchain* dapat membantu petani mempertahankan dan menjalankan aktivitas pertaniannya secara berkelanjutan.

Potensi lain penggunaan *Blockchain* adalah tersedianya *Big Data* untuk meningkatkan produktivitas pertanian. *Big data* merupakan fenomena yang sedang berkembang saat ini dimana ketika data yang dalam ukuran besar, variasi yang tinggi dan kecepatan yang tinggi diolah menjadi informasi penting dengan menggunakan *Artificial Intelligence* (AI). Pemanfaatan *blockchain* yang dikombinasikan dengan teknologi AI juga telah dilakukan oleh Jadav, dkk [15] untuk memantau penggunaan pestisida berlebih yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian tersebut menghasilkan kerangka kerja dengan performa yang baik dalam hal akurasi, skalabilitas, dan laten. Selain teknologi AI seperti diusulkan oleh Jadav, dkk, teknologi Internet of Thing (IoT), juga memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan bersama-sama dengan *blockchain*. Zhao, dkk [16] mengkombinasikan teknologi *blockchain* dengan teknologi IoT untuk memantau rantai pasok bahan makanan dan gudang penyimpanan bahan makanan. Sebuah model sistem pengumpulan data IoT pertanian *decentralized* telah berhasil diciptakan dan digunakan dengan baik melalui penelitian tersebut. Hadirnya AI dan IoT tentunya telah mengubah pola pertanian yang tadinya bersifat tradisional menuju ke arah *smart farming*. Dengan adanya *smart farming* memungkinkan para petani dan pihak yang berhubungan dengannya dapat dengan mudah mengakses informasi mengenai pertanian.

Informasi mengenai pertanian yang dapat diakses dengan mudah oleh para petani tentunya dapat meningkatkan produktivitas produksi mereka. Potensi tersebut telah mendorong Sajja, dkk [17] untuk melakukan penelitian dalam pemantauan rantai pasok komoditas pertanian. Dalam penelitiannya, teknologi *blockchain* dapat dimanfaatkan dengan baik untuk memantau asal makanan dan membantu membangun rantai pasokan pangan yang dapat diandalkan serta meningkatkan kepercayaan konsumen melalui kontrak pintar. Kontrak pintar merupakan salah satu fitur dalam *Blockchain* untuk memberikan keandalan dan keamanan basis data sehingga dapat meningkatkan kepercayaan penggunaannya. Teknologi *Blockchain* juga bersifat tidak terpusat dan terbuka sehingga data dapat diakses oleh semua orang yang berada di dalam sistem [18]. Dengan keunggulan tersebut, *Blockchain* juga dapat dimanfaatkan untuk menurunkan tingkat kecurangan pada berbagai sektor yang sebelumnya sulit ditangani dengan transaksi tradisional. Studi yang dilakukan Lubis, dkk. [19] menyimpulkan bahwa teknologi *blockchain* memiliki banyak dampak positif kepada kemajuan sistem administrasi pajak untuk mencegah penipuan dan penghindaran pajak. Rachmawati, dkk. [20] Menggunakan teknologi *blockchain* pada dunia akuntansi dan dengan memanfaatkan karakteristik dari kontrak pintar pada *blockchain*, menciptakan adanya transparansi, *trust*, *immutable* dan informasi yang sifatnya *real-time*. Studi menyimpulkan bahwa dengan teknologi ini kecurangan ataupun penipuan akuntansi dapat dicegah dan meningkatkan kualitas dari produk akuntansi secara signifikan. Dari penelitian [17]-[20] dapat diketahui bahwa kontrak pintar terbukti mampu menangani berbagai kecurangan dan meningkatkan kepercayaan pengguna. Namun, belum banyak penelitian yang membahas mengenai penggunaan *blockchain* sebagai solusi berbagai kecurangan pada distribusi pupuk dalam dunia pertanian.

Kecurangan dalam distribusi pupuk bersubsidi sering terjadi karena lemahnya sistem pelacakan dan distribusi. Menurut Ibrahim, dkk [21], program Kartu Tani merupakan salah satu bentuk upaya pemerintah dalam mengatasi permasalahan ini. Namun demikian, penimbunan pupuk dan penjualan pupuk yang tidak sesuai peruntukannya tidak dapat dideteksi dengan sistem yang sekarang. Saat ini untuk mengatasi masalah tersebut, kepolisian Republik Indonesia menurunkan personilnya yang menyamar sebagai pembeli [22]. Upaya tersebut memerlukan sumber daya yang besar meski hanya untuk menggali informasi sekalipun. Akan tetapi, dengan teknologi *Blockchain*, rantai pasokan dapat dilacak dengan mudah dan deteksi terhadap kecurangan dapat dilakukan secara otomatis. Berbagai keuntungan dari penggunaan *blockchain* dapat diaplikasikan pada program kartu tani mengingat masih terdapat berbagai kekurangan di dalamnya yang menyebabkan keberhasilan program menjadi kurang.

Keberhasilan pelaksanaan program kartu tani dapat dilihat dari jumlah serapan program kartu tani. Penerimaan program kartu tani tertinggi di Provinsi Jawa Tengah adalah Pati. Studi sebelumnya yang dilakukan oleh Wianto, dkk. [23] mengungkapkan bahwa tingkat adopsi kartu tani oleh petani dipengaruhi oleh sifat inovasi antara lain Keuntungan Relatif, Kompatibilitas, Kompleksitas, Ketercobaan, dan Observabilitas. Pengaruh yang signifikan ditunjukkan antara Keuntungan Relatif, Kompatibilitas, Kompleksitas, dan Observabilitas terhadap penerimaan kartu tani oleh petani. Sebuah aplikasi manajemen distribusi pupuk bersubsidi yang dibuat dengan memperhatikan sifat inovasi diharapkan mampu meningkatkan keterserapan program kartu tani. Penelitian yang dilakukan Adiraputra, dkk. [24] memberikan kontribusi dalam hal pengembangan teknologi distribusi pupuk bersubsidi dengan memanfaatkan teknologi RFID. Aplikasi yang dibangun meliputi pengelolaan data pupuk, data transaksi dan data pendistribusian pupuk bersubsidi. Implementasi teknologi dimulai dari pemerintah, agen-agen resmi, kios pupuk, hingga kepada petani. Aplikasi yang dibangun berhasil memberikan

kemudahan dalam pencatatan dan pengawasan rantai distribusi Pupuk bersubsidi. Namun demikian, aplikasi yang dibangun bersifat non-mobile di mana aplikasi hanya dapat beroperasi pada *Personal Computer* (PC). Mengingat lingkungan pekerjaan para petani, diperlukan aplikasi yang bersifat *mobile* agar memudahkan petani mengakses dan bertransaksi informasi.

Beberapa pengembangan teknologi *mobile* sebenarnya telah dilakukan oleh pemerintah, namun teknologi *mobile* yang dikembangkan bersifat parsial dan dilaksanakan tidak secara serentak. Penentuan kuota pupuk bersubsidi dilakukan melalui pembuatan aplikasi Rencana Definitif Kebutuhan Kelompok atau (RDKK) dengan pendampingan dari Penyuluh. Tahapan ini mengacu pada Peraturan Menteri Pertanian Nomor 67/Permentan/SM.050/12/2016. E-RDKK merupakan aplikasi *mobile* yang dibangun pemerintah untuk memudahkan penyusunan RDKK [25]. Sistem eRDKK mengharuskan untuk memasukkan data petani secara lengkap sesuai nama dan alamat sehingga penyaluran subsidi pupuk diharapkan lebih tepat sasaran [24]. Meskipun mampu mengakomodasi pengajuan kebutuhan kuota pupuk bersubsidi, namun eRDKK bukanlah merupakan aplikasi penjualan. Aplikasi eRDKK tidak memiliki kemampuan verifikasi dan validasi. Untuk melakukan verifikasi dan validasi digunakan aplikasi lain yang telah yang disebut E-Verval. E-Verval adalah sistem yang dibuat oleh pemerintah untuk keperluan verifikasi maupun validasi pada penyaluran pupuk bersubsidi. Aplikasi E-Verval berbasis website dan diterbitkan oleh Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Aplikasi ini dibuat untuk mengurangi kecurangan dari para petani maupun distributor dalam melakukan transaksi pupuk bersubsidi [26]. Kontribusi pada penelitian ini adalah penerapan teknologi *Blockchain* pada aplikasi pembelian dan pencatatan distribusi pupuk.

Teknologi *Blockchain* telah digunakan pada berbagai kasus distribusi produk, dan terbukti berhasil memberikan transparansi, dan sifat *immutability* [27]. Penggunaan blockchain dalam dunia pertanian juga telah menarik banyak minat peneliti untuk melakukan studi seperti yang dilakukan pada penelitian [12] - [16]. Sifat *decentralized* dan *immutability* yang dimiliki oleh teknologi *blockchain* terbukti mampu menumbuhkan rasa aman pengguna dari berbagai tindak kecurangan sebagaimana telah dibuktikan pada penelitian [17] - [20]. Namun demikian, studi mengenai penggunaan blockchain pada distribusi pupuk bersubsidi belum pernah dilakukan sebelumnya. Di sisi lain, kecurangan dan berbagai penolakan pengguna pada program kartu tani masih terjadi seperti diungkapkan pada penelitian [21] - [26]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan studi untuk merancang arsitektur distribusi pupuk bersubsidi dengan teknologi *blockchain* dengan tingkat penerimaan teknologi yang baik oleh masyarakat tani.

## II. METODE PENELITIAN

Studi dilakukan melalui beberapa tahap antara lain studi literatur, penentuan tempat studi, pengembangan data, pembuatan rancangan model, dan analisis penerimaan inovasi. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data awal dari penelitian terdahulu dan dari data dinas pemerintahan terkait. Setelah kelengkapan data memadai, kemudian dilakukan penentuan tempat studi melalui survey secara langsung. Survey yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kecamatan Juwiring, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa tengah merupakan daerah yang cocok untuk dilakukan studi dimana sebagian besar masyarakatnya merupakan petani. Menurut data yang dihimpun dari Dinas Pertanian dan Pangan (Dipertan) Kab.Klaten, luas total area persawahan Kec.Juwiring sebesar 2004.20 Ha dari total luas daerah sebesar 2977.40 Ha. Dengan demikian luas area persawahan di Kec. Juwiring mencakup 68% dari luas total seluruh wilayah Kec. Juwiring. Dengan luasnya area persawahan yang ada di wilayah kec. Juwiring, maka kebutuhan akan pupuk bersubsidi menjadi tinggi. Untuk mencukupi kebutuhan pupuk bersubsidi tahun 2022, Pemerintah Kab. Klaten melalui Dipertan Kab. Klaten mengalokasikan sekitar 1000 ton pupuk bersubsidi untuk Kec. Juwiring. Melalui data tersebut dapat diputuskan bahwa wilayah Kec. Juwiring cocok untuk dijadikan sebagai tempat studi dalam penelitian ini. Data dari pemerintah kecamatan kemudian dikumpulkan untuk dilakukan pengembangan sehingga dapat memberikan gambaran terkait latar belakang sosial petani yang diperlukan untuk pengujian penerimaan terhadap inovasi sehingga dapat digunakan untuk menentukan *Frameworks* yang tepat.

Pemilihan *Frameworks* teknologi *Blockchain* didasarkan pada hasil pengembangan data sehingga diperoleh deskripsi kebutuhan fitur dan teknologi. Dari tinjauan terhadap kebutuhan fitur yang dilakukan, *Frameworks Hyperledger* memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan pada program kartu tani. *Frameworks Hyperledger* merupakan sebuah payung organisasi open source untuk beberapa platform teknologi *Blockchain*. *Hyperledger* berada di bawah naungan Linux Foundation dan juga mendapat dukungan dari beberapa perusahaan seperti IBM, Intel dan SAP Ariba. *Hyperledger* memiliki *framework* dan *tools* yang banyak dan sering digunakan untuk membangun jaringan *Blockchain*. Masing-masing *framework* dan *tools* ini memiliki fungsi khusus, namun bisa juga dikolaborasi saat proses implementasi pembuatan jaringan *Blockchain*. *Hyperledger Fabric* memiliki jaringan *Blockchain* berizin yang ditetapkan oleh organisasi yang berniat untuk mendirikan konsorsium. Organisasi yang ikut serta dalam membangun jaringan *Hyperledger Fabric* disebut "anggota". Setiap organisasi anggota di jaringan *Blockchain* bertanggung jawab untuk mengatur rekan mereka untuk berpartisipasi dalam jaringan. Semua kebutuhan *Peer* ini dikonfigurasi dengan bahan kriptografi yang sesuai seperti Otoritas Sertifikat dan informasi lainnya.

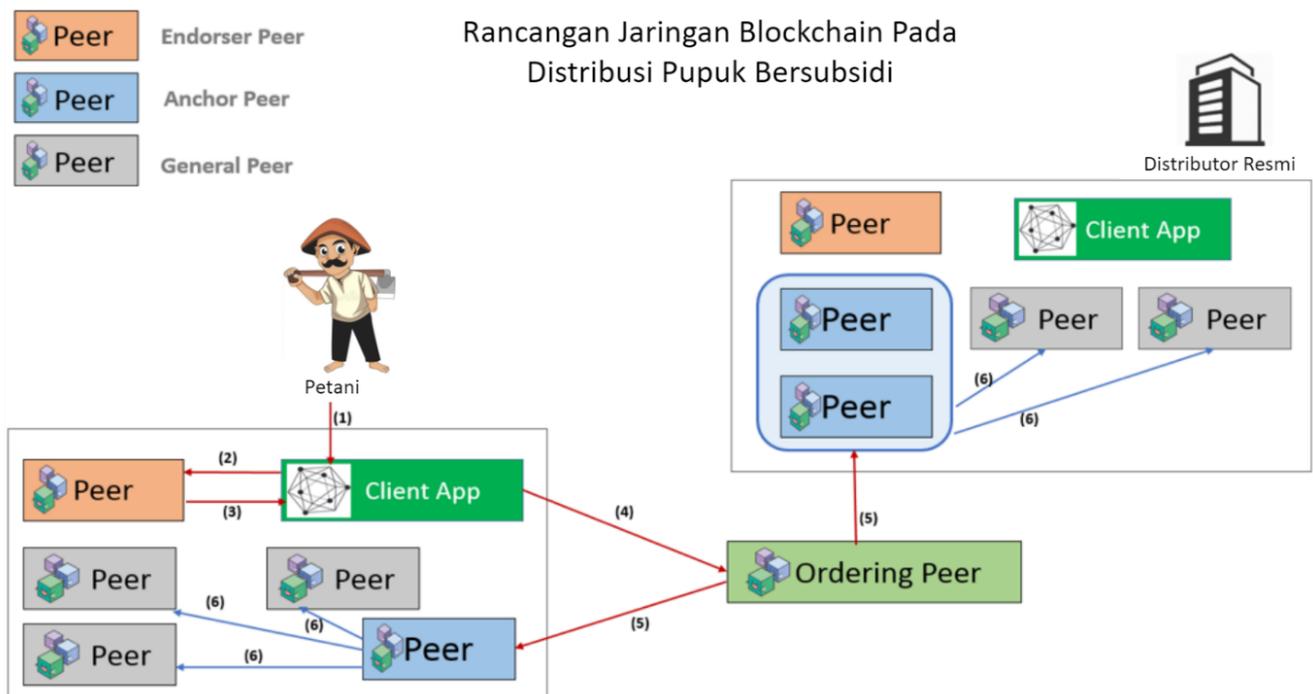
Dengan berbagai fitur yang dimiliki oleh *Frameworks Hyperledger* maka diputuskan bahwa *Frameworks* tersebut sesuai untuk diterapkan dalam penelitian ini, namun pengujian terhadap penerimaan inovasi mutlak harus dilakukan untuk menjamin agar inovasi dapat diterima oleh masyarakat. Pengujian dilakukan dengan memberikan analisis sifat inovasi dari

sistem yang saat ini digunakan dengan sistem yang diusulkan. Sifat inovasi yang akan dijadikan acuan meliputi Keuntungan Relatif, Kompatibilitas, Kompleksitas, dan Observabilitas sesuai dengan yang disampaikan Wiyanto, dkk pada penelitian [15]. Inovasi dapat dinyatakan layak dikembangkan dan dapat diterima masyarakat jika memiliki keuntungan relatif dan kompatibilitas yang baik, kompleksitas yang rendah, serta Observabilitas yang baik.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Rancangan Arsitektur

Dalam arsitektur yang diusulkan semua anggota mempertahankan satu buku besar mereka pada setiap kanal yang mereka miliki yang disebut dengan *Distributed Ledger Technology (DLT)*. *Hyperledger Fabric* juga mempunyai subsistem *ledger* yang terdiri dari *world state* dan *transaction log*. Sub sistem ini memungkinkan setiap partisipan di dalam jaringan *Blockchain* memperoleh salinan dari *ledger* setiap kali ada proses transaksi ke jaringan *Hyperledger Fabric* yang mereka miliki. Komponen *world state* berisi informasi dari *state ledger* pada titik waktu tertentu. Sementara komponen *transaction log* akan mencatat semua data transaksi yang nilainya berasal dari hasil komponen *world state*. Isi dari *ledger* merupakan hasil kombinasi dari *database world state* dan rekaman dari *transaction log*. Fitur ini menjadi salah satu penjamin keamanan dan transparansi di dalam jaringan *Blockchain* khususnya *Permissioned Blockchain*. *Peer* di organisasi anggota menerima permintaan pemanggilan transaksi dari *client* di dalam organisasi. *Client* dapat berupa aplikasi/portal khusus yang melayani aktivitas organisasi/bisnis tertentu. Aplikasi *client* menggunakan *Hyperledger Fabric SDK* atau layanan web REST untuk berinteraksi dengan jaringan *Hyperledger Fabric*. *Chaincode* yang di dalamnya juga termasuk *Smart Contract* dipasang pada *Peer* untuk memulai permintaan transaksi. Tetapi tidak seperti Ethereum di jaringan *Blockchain Hyperledger Fabric*, *Peer* memiliki peran yang berbeda sehingga tidak semua *Peer* sama. Berbagai tipe titik *Peer* dengan peran masing ditunjukkan pada rancangan jaringan *blockchain* pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Jaringan Blockchain pada Distribusi Pupuk Bersubsidi

Tahapan proses transaksi seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dimulai ketika petani yang juga merupakan anggota dalam Grup mengajukan permintaan transaksi melalui aplikasi *client* ditunjukkan pada anak panah (1). Pada aplikasi *client* terdapat beberapa data yang diperlukan untuk menyusun *chain code* dimana tidak semua data bersifat publik. Aplikasi *client* dapat mengambil data data pada kartu tani melalui *scan QR-code* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengambilan Data Menggunakan QR-code

Pada Gambar 2, data-data seperti identitas nama, NIK, alamat, akan disimpan dalam bentuk *QR code* dan dapat dibaca oleh aplikasi yang akan dibangun. Informasi ini bersifat privat dan memiliki resiko penyalahgunaan jika tidak dilindungi dengan baik. Selain dengan menggunakan *QR code*, kebutuhan keamanan data dapat diakomodir dengan memanfaatkan fitur *Channeling* pada *Hyperledger Fabric*. Namun, *Channeling* memiliki resiko menimbulkan *overhead* administrasi tambahan, sehingga tidak digunakan dalam model yang diusulkan. Untuk mengatasi kasus tersebut, digunakan salah satu fitur yang disebut dengan *Private Data Collections (PDC)*. Pada fitur *private data collection* ini organisasi diberi akses untuk mendefinisikan subset organisasi dalam sebuah *Channel* untuk dapat mendukung, *commit*, atau mengeksekusi *query private data* tanpa harus membuat *Channel* baru atau *Channel* terpisah. Aplikasi *client* kemudian menyiarkan permintaan pemanggilan transaksi ke rekan *Endorser* ditunjukkan anak panah (2). Pada tahap ini diperlukan sebuah nota kesepahaman antara pihak pemesan dan distributor. *Hyperledger Fabric* merupakan salah satu *framework* unggulan dari *Hyperledger* yang memiliki fitur penulisan kontrak cerdas (*Smart Contract*).

*Hyperledger Fabric* banyak digunakan untuk membangun *Blockchain* yang sifatnya *permissioned (private)*. Salah satu kelebihan dari *Hyperledger Fabric* adalah kemampuannya dalam mendukung penulisan *Smart Contract* hingga proses instalasi *Smart Contract* tersebut kedalam jaringan *Blockchain* yang sedang dibangun. Fitur tersebut membuat *Hyperledger Fabric* merupakan *framework* paling banyak digunakan dibanding *framework Hyperledger* lainnya. Pada arsitektur yang diusulkan endorser *Peer* memeriksa detail Sertifikat dan lainnya untuk memvalidasi transaksi. Kemudian ia mengeksekusi *Chaincode* berupa *Smart Contract* dan mengembalikan tanggapan Pengesahan kepada petani yang melakukan pemesanan. Validasi kontrak ini dikerjakan oleh *Node* yang bernama endorser *Peer*. Endorser *Peer* kemudian mengirimkan persetujuan atau penolakan transaksi sebagai bagian dari respons dukungan ditunjukkan anak panah (3). *Smart Contract* pada *Hyperledger Fabric* ditulis/ didefinisikan di dalam *Chaincode*. Dimana *Chaincode* ini akan dipanggil oleh setiap aplikasi yang akan berinteraksi dengan *ledger*. *Chaincode* paling banyak dipanggil saat aplikasi berinteraksi dengan database *ledger* dan juga *world state*. *Chaincode* ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman Java, Go, dan *NodeJS*.

*Client* selanjutnya mengirimkan transaksi yang disetujui ke *Orderer Peer* untuk dipesan dengan benar dan disertakan dalam blok ditunjukkan anak panah (4). *Order Node* menyertakan transaksi ke dalam blok dan meneruskan blok ke *Node* jangkar (*Anchor Node*) dari Organisasi anggota yang berbeda dari jaringan *Hyperledger Fabric* ditunjukkan anak panah (5). *Node* jangkar merupakan sebuah *Peer Node* pada sebuah kanal dimana seluruh *Peer* dapat berkomunikasi satu dengan yang lain. Tugas utama dari anchor *Peer* adalah memberikan update terhadap *Peer* yang lain yang termasuk kedalam organisasi melalui dua tahap. Tahap pertama, *Node* jangkar menyiarkan blok ke *Peer* lain di dalam organisasi mereka sendiri. Tahap kedua *Node* jangkar kemudian memperbarui buku besar lokal mereka dengan blok terbaru ditunjukkan anak panah (6). Dengan demikian semua jaringan mendapatkan buku besar yang disinkronkan. Adapun tahapan yang telah dijelaskan merupakan arsitektur dasar yang diusulkan. Pengembangan teknologi *Blockchain* pada distribusi pupuk bersubsidi dapat dikembangkan secara lebih luas dengan menyesuaikan kebutuhan di lapangan.

Pengembangan arsitektur secara lebih luas dapat digali dari berbagai fitur yang terdapat pada *Frameworks Hyperledger Fabric*. *Hyperledger Fabric* memiliki fitur untuk membuat *Channel* terpisah dari *ledger* utama. Hal ini bertujuan agar

partisipan di dalam jaringan *Blockchain* bisa membuat beberapa group ledger untuk menjaga privasi dari masing-masing group ledger. Sebagai contoh pemerintah Provinsi Jawa Tengah membuat *Channel* khusus agar user diluar *Channel* Provinsi Jawa Tengah tidak bisa melihat informasi yang terdapat didalam *Channel* tersebut. Mekanisme ini dibuat untuk memberikan kemudahan dalam pemetaan distribusi sehingga seluruh anggota dapat memberikan perhatian penuh pada daerahnya masing masing.

Dalam penggunaan *Frameworks* dan tools pada *Hyperledger*, keduanya memiliki perbedaan fungsional. Perbedaan tersebut dapat disampaikan secara garis besar sebagai berikut. *Framework* merupakan kerangka aplikasi yang digunakan untuk proses pembuatan/membangun jaringan *Blockchain*. *Tools* merupakan fasilitas yang berfungsi sebagai alat pendukung dari jaringan *Blockchain* yang sebelumnya sudah dibuat/dibangun dengan menggunakan *Frameworks*.

*Hyperledger Fabric* mempunyai fitur *policy*, dimana fitur ini merupakan salah satu pembeda antara *Hyperledger* dengan *Ethereum* atau *Bitcoin*. Fitur *policy* pada *Hyperledger* merupakan sebuah mekanisme yang digunakan untuk mengatur manajemen infrastruktur. Fitur *policy* digunakan untuk mengatur bagaimana cara seorang member mampu berpartisipasi dalam sebuah jaringan seperti bagaimana cara membuat *Channel*, *Smart Contract*, hingga user *accept/reject*. Fitur *Policy* pada umumnya diatur di awal berdasarkan kesepakatan para anggota konsorsium saat jaringan *Blockchain* baru dan akan dibangun. Namun nanti juga bisa diperbaharui ketika jaringan sudah dibuat.

### B. Analisis Penerimaan Inovasi oleh Masyarakat

Tingkat penerimaan kartu tani oleh petani menurut Wiyanto dipengaruhi oleh sifat inovasi antara lain Keuntungan Relatif, Kompatibilitas, Kompleksitas, dan Observabilitas. Kelayakan dari arsitektur yang dirancang akan dibahas berdasarkan sifat inovasi tersebut. Arsitektur yang diusulkan dapat diadopsi jika mampu mengakomodasi seluruh sifat inovasi sehingga sesuai dengan harapan dari pengguna. Pembahasan dimulai dari pemenuhan arsitektur atas sifat inovasi keuntungan relatif. Keuntungan relatif adalah seberapa besar inovasi dianggap memberikan keuntungan bagi pengguna. Pengukuran tingkat keuntungan inovasi dapat dilihat berdasarkan nilai ekonomi, faktor status sosial, seberapa menyenangkan, atau karena mempunyai komponen yang sangat vital dalam sebuah sistem. Arsitektur sistem berbasis *Blockchain* yang ditawarkan memiliki keunggulan terutama pada akses finansial dimana berbagai biaya dapat ditekan. Status sosial petani di masyarakat akan meningkat karena petani menggunakan teknologi dengan taraf yang sama dengan profesi lain yang ada pada masyarakat. Kartu tani menempati peran yang vital di masyarakat, setara dengan penggunaan kartu tol atau pembayaran berbasis kartu lainnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Blockchain* dalam arsitektur sistem distribusi pupuk bersubsidi dengan menggunakan kartu tani memiliki keuntungan relatif yang tinggi terhadap pengguna, yaitu para petani. Namun demikian, perlu dilakukan penilaian terhadap sifat inovasi kedua yaitu kompatibilitas.

Kompatibilitas merupakan seberapa besar kesesuaian antara inovasi dengan nilai (*values*), kondisi sebelumnya, dan harapan dari pengguna. Sebuah Inovasi diyakini akan diterima jika sesuai dengan nilai atau norma yang berlaku pada masyarakat. Dalam arsitektur sistem yang diusulkan, tidak dijumpai kesenjangan antara inovasi dengan kesenjangan nilai dan norma yang berlaku di masyarakat. Transparansi yang merupakan keunggulan dari *Blockchain* justru semakin meningkatkan tingkat kepercayaan masyarakat baik antara petani dengan petani maupun distributor. Meskipun inovasi yang ditawarkan kompatibel dengan penggunaannya, namun masih perlu dilakukan penilaian kelayakan inovasi terhadap sifat inovasi lain yaitu Kompleksitas.

Kompleksitas inovasi adalah level kesukaran pengguna dalam memahami dan menggunakan inovasi. Inovasi akan cepat tersebar jika mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna, tetapi inovasi akan sulit tersebar jika pengguna sulit memahami penggunaannya. Teknologi *Blockchain* tidak secara langsung berpengaruh terhadap kompleksitas inovasi karena pengaruh terbesar terdapat pada aplikasi *client*. Namun demikian, jika dibandingkan dengan kondisi saat ini dimana kartu tani masih bergantung pada *Electronic Data Capture* tentu saja penggunaan aplikasi handphone memiliki kompleksitas yang lebih rendah. Karena sifat ketercobaan (*triability*) tidak memiliki pengaruh yang signifikan, maka penilaian selanjutnya dilakukan pada aspek Observabilitas. Observabilitas adalah seberapa mudah hasil inovasi dapat diamati oleh masyarakat luas. Hasil Inovasi yang mudah diamati akan dengan cepat diterima oleh masyarakat, tetapi jika sebuah inovasi sulit diamati hasilnya, maka akan semakin lama diterima oleh masyarakat.

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan melalui proses diskusi atau *Focus Group Discussion* (FGD) yang berlangsung selama momen rapat bulanan kelompok tani. Sebanyak 114 anggota kelompok tani Dadi Mulyo, dari Desa Bolopleret, Kecamatan Juwiring, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, menjadi responden dalam penelitian ini. Metode diskusi dipilih dengan pertimbangan bahwa para responden yang mayoritas adalah petani, lebih nyaman dalam berinteraksi secara langsung daripada mengisi angket atau kuesioner. Dengan seksama hasil dari diskusi tersebut dicatat dan dituangkan dalam Tabel 1.

TABEL 1  
DATA HASIL FGD

<b>Tema Diskusi</b>	<b>Temuan</b>	<b>Komentar Responden</b>	<b>Aspek Penerimaan Teknologi</b>
<b>Penggunaan Telepon Pintar</b>	Sebagian besar anggota kelompok memiliki dan sering menggunakan telepon pintar.	"HP android sih ada cuman speknya minim" (FGD-22A) "Pas mau vaksin corona kemarin beli HP buat daftar peduli lindungi"(FGD23A) "tidak punya HP, sudah tua. Kalau perlu apa-apa minta tolong anak" (FGD24A)	<b>Kompatibilitas</b>
<b>Dukungan dari Anggota Keluarga</b>	Seluruh anggota kelompok memiliki minimal satu anggota keluarga yang bisa membantu mengakses telepon pintar.	"Anak anak punya HP karena buat sekolah. Mereka bisa membantu menggunakan aplikasi" (FGD24B) "Ya kalau kuota habis pinjam istri bisa" (FGD25A)	<b>Kompatibilitas</b>
<b>Keterbatasan Akses Informasi</b>	Sebelum inovasi ini, anggota kelompok hanya bisa mengetahui informasi dengan bertanya secara langsung ke agen pupuk dengan membawa kartu tani atau melalui pengumuman saat rapat.	"Mengetahui namun harus bertanya secara langsung ke agen pupuk dengan membawa kartu tani"(FGD25B) "Mengetahui namun hanya diumumkan ketika rapat saja" (FGD22B,25B)	<b>Observabilitas</b>
<b>Manfaat yang Signifikan</b>	Inovasi ini dianggap sangat bermanfaat oleh anggota kelompok.	"Sangat bermanfaat karena sebelumnya kita hanya dapat kartu saja dan apa-apa harus datang ke agen" (FGD25C)	<b>Keuntungan Relatif</b>
<b>Penggunaan Aplikasi</b>	Hampir semua anggota kelompok yang memiliki telepon pintar sering mengunduh aplikasi dari situs penyedia layanan aplikasi.	"Sering sih download aplikasi di google store" (FGD26A,27A) "Bisanya didownloadkan anak, kayak pedulilindungi kemarin" (FGD28A)	<b>Kompatibilitas</b>
<b>Peringkat dan Kemudahan Penggunaan Aplikasi</b>	Anggota kelompok merespon positif terhadap aplikasi yang dapat didownload langsung melalui Google Play Store.	"ya enak kalau apa-apa sekarang pakai aplikasi" (FGD29A) "Kalau bisa segera dibuat aja biar gampang kalau mau beli (pupuk)."" (FGD30A)	<b>Observabilitas</b>

Tema Diskusi	Temuan	Komentar Responden	Aspek Penerimaan Teknologi
Keunggulan Scan QR	Anggota kelompok merasa bahwa transaksi dengan scan QR Code lebih mudah daripada metode gesek kartu tani. Login Aplikasi dengan QR code tidak rumit.	"Kalau Scan QR ya lebih mudah daripada gesek kartu." (FGD25C) "Loginnya kalau dibuat gini tidak rumit kayak pedulilindungi. Ini sih tinggal scan QR code saja" (FGD31A)	Kompleksitas

Pada Tabel 1 ditunjukkan analisis yang menarik terkait aspek penerimaan teknologi pada inovasi untuk Arsitektur Sistem Distribusi Pupuk Bersubsidi dengan *Blockchain*. Dalam konteks kompatibilitas, sebagian besar anggota kelompok tani yang menjadi responden telah terbiasa menggunakan telepon pintar. Anggota kelompok tani yang tidak memiliki telepon pintar memiliki minimal satu anggota keluarga yang dapat membantu mengakses telepon pintar. Hal ini menunjukkan kesiapan mereka dalam mengadopsi teknologi digital. Kesiapan dalam mengadopsi teknologi ini juga ditunjukkan dengan kebiasaan sebagian anggota kelompok yang terbiasa mengunduh aplikasi dari situs penyedia layanan aplikasi. Kondisi ini mencerminkan kompatibilitas yang kuat terhadap penggunaan teknologi. Namun kompatibilitas yang baik perlu diikuti dengan observabilitas yang tinggi sehingga masyarakat memiliki keyakinan yang tinggi terhadap aplikasi yang dibuat.

Pada program kartu tani saat ini, anggota kelompok hanya bisa mendapatkan informasi melalui pertanyaan langsung atau pengumuman pada saat rapat. Namun, melalui aplikasi yang diusulkan dalam penelitian ini, observabilitas meningkat secara signifikan. Anggota kelompok dan masyarakat luas dapat dengan mudah mengakses informasi terkait pupuk bersubsidi, membuka peluang adopsi yang lebih luas terhadap inovasi ini. Pengguna aplikasi juga dapat dengan mudah melihat ulasan terhadap aplikasi melalui *Google Play Store*. Selain itu, dari tabel 1 juga dapat diamati bahwa terdapat juga aspek keuntungan relatif dan kompleksitas sebagai bagian dari penilaian kelayakan.

Keuntungan relatif juga menjadi faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi ini. Respons positif dari anggota kelompok tani yang terlibat dalam FGD menunjukkan bahwa mereka menganggap inovasi ini sangat bermanfaat. Manfaat yang signifikan dari arsitektur informasi ini, seperti kemudahan dalam memesan pupuk dan pemantauan kuota pupuk, menjadi daya tarik yang kuat bagi anggota kelompok. Selanjutnya, aspek kompleksitas juga terlihat dalam penerimaan teknologi pada Tabel 1. Kemudahan penggunaan aplikasi dengan metode scan QR code, dibandingkan dengan penggunaan kartu tani atau login yang rumit, dianggap lebih sederhana oleh anggota kelompok. Kemudahan ini memainkan peran penting dalam mempercepat adopsi teknologi dan meningkatkan tingkat penerimaan inovasi ini.

Secara keseluruhan, analisis terhadap aspek penerimaan teknologi pada inovasi arsitektur informasi untuk pemesanan pupuk bersubsidi menunjukkan tingkat penerimaan yang positif. Faktor-faktor seperti kompatibilitas penggunaan telepon pintar, peningkatan observabilitas melalui aplikasi, keuntungan relatif yang signifikan, serta kemudahan kompleksitas dalam penggunaan, semua berperan penting dalam mempengaruhi penerimaan teknologi ini oleh anggota kelompok tani. Dengan melakukan analisis terhadap berbagai aspek penerimaan teknologi pada Tabel 1, dapat dilakukan penilaian kelayakan teknologi sehingga ketika arsitektur diwujudkan, akan memiliki tingkat penerimaan yang baik oleh penggunanya. Penilaian kelayakan pada Perancangan Arsitektur Sistem Distribusi Pupuk Bersubsidi dengan *Blockchain* untuk Mendukung Program Kartu Tani ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2  
PENILAIAN KELAYAKAN

No	Hasil penilaian		
	Sifat Inovasi	Saat ini	Arsitektur yang Diusulkan
1	Keuntungan Relatif	Kurang	Baik
2	Kompatibilitas	Baik	Baik
3	Kompleksitas	Tinggi	Rendah
4	Observabilitas	Kurang	Baik

Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa Arsitektur yang diusulkan memiliki keuntungan relatif yang lebih baik daripada sistem yang ada saat ini. Selain itu, arsitektur yang diusulkan memiliki kompatibilitas yang sama baiknya dengan sistem saat ini. Kompleksitas rendah yang dimiliki arsitektur yang diusulkan memiliki makna bahwa pengguna tidak akan kesulitan dalam menggunakan inovasi. Hasil pengujian kelayakan menunjukkan bahwa arsitektur yang diusulkan

memiliki kompleksitas yang rendah. Sistem yang ada saat ini memiliki Observabilitas yang kurang, hal ini dikarenakan pemegang kartu menyerahkan kartu kepada operator untuk dilakukan proses transaksi, ini menyebabkan pengguna tidak dapat memahami proses bisnis yang berlangsung.

#### SIMPULAN

Studi ini menghasilkan sebuah rancangan arsitektur sistem informasi berbasis *Blockchain* yang dapat mengatasi berbagai permasalahan pada program kartu tani. Sifat *decentralized* dan *immutability* yang dimiliki oleh teknologi *Blockchain* dapat mengatasi permasalahan pencatatan distribusi, dan mengurangi resiko kecurangan dalam pengadaan pupuk. Studi kelayakan yang dilaksanakan berdasarkan sifat sifat inovasi memberikan hasil bahwa arsitektur yang diusulkan memiliki kompleksitas yang rendah sehingga mudah digunakan oleh pengguna. Penggunaan *Blockchain* pada sistem distribusi pupuk bersubsidi juga memiliki keuntungan relatif, kompatibilitas, dan Observabilitas yang baik sehingga dapat menjawab permasalahan rendahnya tingkat penerimaan inovasi oleh petani. Dengan demikian, rancangan arsitektur sistem dengan teknologi *Blockchain* berbasis *Frameworks Hyperledger Fabric* layak untuk diterapkan dalam distribusi pupuk bersubsidi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Jorgi, S. Gayatri and T. Dalmiyatun, "Hubungan Tingkat Pengetahuan Petani dengan Efektivitas Pelaksanaan Program Kartu Tani di Kabupaten Semarang," *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, 2019.
- [2] Kemendag, "Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 15/M-DAG/PER/4/2013 Tahun 2013 tentang pengadaan dan Penyaluran Pupuk Bersubsidi untuk Sektor Pertanian,," 2013. [Online]. Available: <https://jdih.kemendag.go.id/peraturan/detail/114/1>.
- [3] Kemendag, "Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 17/M-DAG/PER/6/2011 tentang Pengadaan dan Penyaluran Pupuk,," 2013. [Online]. Available: <https://jdih.kemendag.go.id/peraturan/detail/2275/1>.
- [4] K. W. Moko, S. Suwanto and B. W. Utami, "Persepsi petani terhadap program kartu tani di Kecamatan Kalijambe Kabupaten Sragen," *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 32, no. 1, pp. 9-13, (2017)..
- [5] Fahmi and Maria, "Persepsi Petani Terhadap Implementasi Kartu Tani (Studi Kasus Desa Kadirejo, Kecamatan Pabelan, Kabupaten Semarang)," *Jurnal AGRISEP: Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisni*, vol. 19, no. 2, p. 315-330, 2020.
- [6] M. L. Chakim, "Pengaruh Implementasi Kartu Tani Terhadap Efektivitas Penyaluran Pupuk Bersubsidi Di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah," *Jurnal Pangan*, vol. 28, no. 3, pp. 171-182, 2019.
- [7] Gunawan, endro and a. S. Pasaribu, "Persepsi Petani dan Permasalahan Program Kartu Tani Mendukung Distribusi Pupuk Bersubsidi," *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, vol. 28, no. 2, pp. 131-144, 2020.
- [8] M. R. Kautsar, S. Sofyan and T. Makmur, "Analisis Kelangkaan Pupuk Bersubsidi dan Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Padi (*Oryza sativa*) di Kecamatan Montasik Kabupaten Aceh Besar," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 5, no. 1, pp. 97-107, 2020.
- [9] N. Rigi, S. Raessi and R. Azhari, "Analisis Efektivitas Kebijakan Pupuk Bersubsidi Bagi Petani Padi Di Nagari Cupak Kecamatan Gunung Talang Kabupaten Solok," *JOSETA: Journal of Socioeconomics on Tropical Agriculture*, vol. 1, no. 3, 2019.
- [10] D. B. Pratama, "Pendistribusian Pupuk Bersubsidi yang Berimplikasi Tindak Pidana Ekonomi," *JURNAL RECHTENS*, vol. 9, no. 2, pp. 197-214, 2020.
- [11] R. Novita and N. Sari, "Sistem Informasi Penjualan Pupuk Berbasis E-Commerce," *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, vol. 3, no. 2, pp. 1-6, 2015.
- [12] Y. Fitriani, U. Usman, A. Rahim and Nurmalasari, "Analisis Program Pemberdayaan Ekonomi Petani Dalam Menanggulangi Kemiskinan Di Desa Leseng Kecamatan Moyo Hulu," *Jurnal Ekonomi & Bisnis*, vol. 8, no. 3, pp. 175-184, 2020.
- [13] G. K. Akella, S. Wibowo, S. Grandhi and S. Mubarak, "A Systematic Review of Blockchain Technology Adoption Barriers and Enablers for Smart and Sustainable Agriculture," *Big Data and Cognitive Computing*, vol. 7, no. 2, p. 86, 2023.
- [14] P. R. Srivastava, J. Z. Zhang and E. P, "Blockchain technology and its applications in agriculture and supply chain management: a retrospective overview and analysis," *Enterprise Information Systems*, vol. 17, no. 5, 2023.
- [15] N. K. Jadav, T. Rathod, R. Gupta, S. Tanwar, N. Kumar and A. Alkhayyat, "Blockchain and artificial intelligence-empowered smart agriculture framework for maximizing human life expectancy," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 105, 2023.
- [16] Zhao, Yingding, Q. Li, W. Yi and a. H. Xiong, "Agricultural IoT Data Storage Optimization and Information Security Method Based on Blockchain," *Agriculture*, vol. 13, no. 2, p. 274, 2023.
- [17] G. S. Sajja, K. P. Rane, K. Phasinam, T. Kassanuk, E. Okoronkwo and P. Prabhu, "Towards applicability of blockchain in agriculture sector.," *Materials Today: Proceedings*, vol. 80, pp. 3705-3708, 2023.
- [18] F. D. Wihartiko, S. Nurdiati, A. Buono and E. Santosa, "Blockchain dan Kecerdasan Buatan dalam Pertanian: Studi Literatur,," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 177-188, 2021.
- [19] N. I. Lubis and A. & Pratama, "Perkembangan Sistem Administrasi Pajak Berbasis Blockchain,," *Accumulated Journal (Accounting and Management Research Edition)*, vol. 5, no. 1, pp. 27-41, 2023.
- [20] M. I. Rahmawati and A. Subardjo, "Apakah blockchain mampu mencegah kecurangan akuntansi?," *Fair Value: Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan*, vol. 4, no. 5, pp. 2204-2210, 2022.
- [21] M. Y. Ibrahim, "Pemberian Pupuk Bersubsidi Ditinjau Dari Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2013 Tentang Perlindungan Dan Pemberdayaan Petani," *Fenomena*, vol. 19, no. 2, pp. 124-148, 2021.

- [22] R. Laily, "Polri-Kementan awasi distribusi pupuk bersubsidi di Malang-Probolinggo [Halaman web]. Diakses dari <https://www.antaraneews.com/berita/2982753/polri-kementan-awasi-distribusi-pupuk-bersubsidi-di-malang-probolinggo>," antaraneews, (2022, Juli 7).
- [23] A. O. Wianto, "Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Adopsi Petani Terhadap Program Kartu Tani di Kabupaten Pati," in (*Doctoral dissertation, UNS (Sebelas Maret University)*), 2020.
- [24] P. Adiraputra and D. Supyandi, "Efektivitas Kebijakan Subsidi Pupuk Di Desa Sukaasih Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi Effectiveness Of Fertilizer Subsidies In Sukaasih Village Sukatani District Bekasi Regency," *Jurnal Pemikiran Masyarakat Il*, vol. 7 , no. 1, 2021.
- [25] Permentan, "Peraturan Menteri Pertanian Nomor 67/Permentan/SM.050/12/2016,," Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian, 2021.
- [26] M. D. S. Aryanti, "Kegiatan Sosialisasi Aplikasi Si Verval Pupuk Bersubsidi oleh PPL Kecamatan Ciampel Kabupaten Karawang,," 2021. [Online]. Available: <https://ereport.ipb.ac.id/id/eprint/6580/1/J3A118118-Monica-01-Cover.pdf>.
- [27] M. Romdoni and N. Rizqullah, "Sistem Informasi Distribusi Gas Elpiji 3 Kg Bersubsidi Berbasis Teknologi Blockchain,," *Jurnal Bangkit Indonesia*,, vol. 10, no. 2, pp. 1-12, 2021.