

REKAYASA DIGITAL SISTEM EKONOMI DALAM PENGEMBANGAN EKONOMI SIRKULAR BERBASIS EKONOMI SYARIAH DI KABUPATEN LOMBOK TIMUR

(DIGITAL ENGINEERING OF ECONOMIC SYSTEMS FOR CIRCULAR ECONOMY
DEVELOPMENT BASED ON ISLAMIC ECONOMIC PRINCIPLES IN EAST LOMBOK, INDONESIA)

Irfan Azim¹⁾, Abdul Khalik²⁾ Agus Salihin³⁾ Nuraenun⁴⁾

¹⁾ Manajemen Keuangan Syariah, Institut Elkatarie Lombok

²⁾ ITS Kes Muhammadiyah Selong Lombok Timur

³⁾ Sekolah Tinggi Ilmu Syariah Haji Abdul Rasyid Lombok Tengah

⁴⁾ Manajemen Keuangan Syariah Elkatarie Lombok Timur

e-mail: Irfan15azim@gmail.com¹⁾, abdulkhalik.ac@gmail.com²⁾, agussalihin03@gmail.com³⁾,
nuraenun@elkatarie.ac.id⁴⁾

ABSTRAK

Tata kelola bank sampah komunal di Indonesia masih bergantung pada pencatatan manual yang rentan terhadap kesalahan dan ketidaktransparanan informasi. Dalam perspektif ekonomi Islam, kondisi ini menyebabkan ketidakpastian informasi (gharar) yang dapat merusak kepercayaan (amanah) dan keadilan valuasi ('adl), sekaligus mengabaikan pengelolaan limbah organik yang bertentangan dengan prinsip pelestarian lingkungan (Hifzh al-Biah). Penelitian ini bertujuan merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi platform digital bank sampah terintegrasi bernama SiRKAH yang menggabungkan tata kelola ekonomi sirkular dengan prinsip Maqashid Syariah. Penelitian menggunakan pendekatan Design Science Research Methodology (DSRM), di mana artefak sistem divalidasi oleh panel pakar multidisiplin melalui instrumen Content Validity Index (CVI) dan dievaluasi melalui perbandingan operasional lapangan sebelum dan sesudah implementasi. Validasi pakar menghasilkan skor S-CVI sebesar 0,939, yang mengonfirmasi kevalidan arsitektur sistem. Secara operasional, penerapan protokol akad digital (otentikasi ganda) dan buku besar digital yang tidak dapat diubah (immutable ledger) terbukti mampu mengurangi durasi transaksi hingga 94,2%, menghilangkan seluruh kesalahan pencatatan dan perselisihan saldo (100%), serta meningkatkan partisipasi nasabah sebesar 46,4%. Studi ini memberikan kontribusi pada literatur Green Information Systems (Green IS) melalui pengenalan konsep "Arsitektur Sistem Bebas-Gharar", yang membuktikan bahwa integrasi teknologi digital dengan nilai etika Islam mampu memulihkan kepercayaan publik sekaligus mendorong adopsi ekonomi sirkular di masyarakat Muslim.

Kata Kunci: Bank Sampah, Design Science Research, Ekonomi Sirkular, Green Information Systems, Maqashid Syariah.

ABSTRACT

Communal waste bank management in developing countries frequently suffers from managerial inefficiencies and manual record-keeping, which generate information asymmetry between operators and customers. From an Islamic economic perspective, this condition constitutes gharar (informational uncertainty), which undermines amanah (trust) and 'adl (fair valuation), while the neglect of organic waste processing further conflicts with the principle of Hifzh al-Biah (environmental preservation). This study aims to design, develop, and evaluate an integrated digital waste bank platform, SiRKAH, that embeds circular economy governance within a Maqashid Sharia framework. A Design Science Research Methodology (DSRM) was employed, wherein the system artifact was validated by a multidisciplinary expert panel using the Content Validity Index (CVI) and assessed through a pre- and post-implementation field comparison. Expert validation yielded an S-CVI score of 0.939, confirming the architectural soundness of the system. Operationally, the deployment of a digital transaction protocol (double authentication) and an immutable ledger produced substantial performance improvements: transaction duration decreased by 94.2%, recording errors and balance disputes were fully eliminated (100%), and active customer participation increased by 46.4%. This study contributes to the Green Information Systems (Green IS) literature by introducing the concept of a "Gharar-Free System Architecture," demonstrating that integrating digital technology with Islamic ethical values provides an effective approach to rebuilding community trust and advancing circular economy adoption.

Keywords: Circular Economy, Design Science Research, Green Information Systems, Maqashid Sharia, Waste Bank.

I. PENDAHULUAN

Krisis pengelolaan sampah padat (*solid waste management*) telah menjadi salah satu tantangan pembangunan berkelanjutan paling mendesak di tingkat global. Proyeksi terbaru dari *United Nations Environment Programme* (UNEP) mengindikasikan lonjakan volume timbulan sampah yang signifikan, dari 2,1 miliar ton pada tahun 2023 menjadi 3,8 miliar ton pada tahun 2050 [1]. Pertumbuhan ini dipicu oleh urbanisasi yang masif dan pola konsumsi linier yang belum bergeser menuju model ekonomi sirkular. Tanpa intervensi sistemik yang memadai, tekanan terhadap kapasitas pengelolaan limbah global akan terus meningkat secara eksponensial.

Beban ekologis dari krisis ini secara tidak proporsional dirasakan oleh negara-negara berpenghasilan menengah ke bawah. Di kawasan ini, tingkat pengumpulan sampah masih stagnan di bawah 40% dari total timbulan, dan mayoritas pengelolaan limbah belum memenuhi standar mitigasi lingkungan yang berlaku [1]. Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan infrastruktur pengelolaan sampah dan minimnya investasi pada sistem daur ulang berbasis komunitas, yang berdampak langsung pada degradasi kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Indonesia, sebagai negara berpenduduk terbesar keempat di dunia, menghadapi tekanan sistemik yang serupa. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), timbulan sampah nasional pada tahun 2023 mencapai 69,9 juta ton per tahun, dengan tingkat penanganan yang baru mencapai 64,64% [2]. Tingkat daur ulang nasional pun masih rendah, yakni di bawah 15%, yang menunjukkan bahwa transisi menuju ekonomi sirkular di Indonesia masih berada pada tahap awal [3]. Kabupaten Lombok Timur merepresentasikan mikrokosmos dari krisis persampahan nasional ini. Dengan populasi melampaui 1,43 juta jiwa, daya dukung ekologis wilayah ini terus mengalami degradasi [4]. Paradigma pengelolaan yang masih berpusat pada model "kumpul-angkut-buang" menempatkan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Ijobalit pada risiko kelebihan kapasitas (*overload*). Data empiris menunjukkan bahwa dari total 10,87 hektare lahan TPA, sekitar 70% telah terokupasi, dengan potensi aliran sampah mencapai 500 ton per hari jika seluruh kecamatan terintegrasi penuh [5].

Untuk merespons krisis tata kelola ini, transisi menuju paradigma ekonomi sirkular

(*circular economy*) menawarkan kerangka strategis melalui pemulihan sumber daya material. Di Indonesia, instrumen kelembagaan berbasis komunitas seperti Bank Sampah telah diandalkan untuk mengonversi nilai sampah menjadi aset ekonomi fungsional [6]. Namun, implementasi institusi ini di tingkat akar rumput masih terhambat oleh dua kesenjangan (*research gap*) yang fundamental.

Pertama, kesenjangan manajerial-teknologis mayoritas bank sampah beroperasi menggunakan sistem pencatatan manual berbasis kertas. Kondisi ini mengonstruksi asimetri informasi, mereduksi transparansi, dan berpotensi mendegradasi kepercayaan publik yang merupakan modal sosial utama institusi [7]. Kajian terhadap pengelolaan bank sampah di berbagai daerah di Indonesia mengonfirmasi bahwa ketiadaan sistem pencatatan digital menjadi hambatan utama dalam meningkatkan akuntabilitas dan partisipasi masyarakat [8].

Kedua, kesenjangan ekologis komposisi timbulan sampah di kawasan semi-perkotaan didominasi oleh fraksi organik yang mencapai 50-60% dari total volume [9]. Sementara itu, orientasi operasional bank sampah konvensional hampir secara eksklusif berfokus pada fraksi anorganik komersial, sehingga melumpuhkan dampak reduksi persampahan secara makro dan mempercepat laju akumulasi material di TPA [10].

Rekayasa sistem informasi digital dinilai sebagai intervensi krusial untuk menjembatani kedua kesenjangan tersebut. Studi Shadiq dkk. [11] membuktikan bahwa integrasi timbangan berbasis Internet of Things (IoT) pada bank sampah mampu meningkatkan akurasi pencatatan hingga di atas 98% dan mereduksi waktu transaksi secara terukur. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Fatimah dkk. [12], yang menunjukkan bahwa pendekatan Industry 4.0 pada sistem pengelolaan sampah dapat meningkatkan efisiensi pemilahan dan transparansi distribusi material daur ulang. Secara komparatif, solusi berbasis IoT cenderung unggul dalam akurasi data real-time, sementara pendekatan Industry 4.0 menawarkan integrasi rantai pasok yang lebih komprehensif.

Kendati demikian, mayoritas solusi digital yang ada masih bersifat tekno-sentris: berfokus pada performa sistem semata tanpa mempertimbangkan konteks sosiokultural pengguna [13], [14]. Keterbatasan mendasar ini tercermin dari rendahnya tingkat adopsi jangka

panjang pada komunitas yang memiliki ikatan nilai lokal yang kuat. Untuk memastikan adopsi teknologi secara organik, khususnya di wilayah dengan populasi Muslim dominan seperti Lombok Timur, integrasi nilai-nilai etis dan moral ke dalam arsitektur sistem menjadi sangat krusial.

Konteks inilah yang memosisikan Ekonomi Syariah sebagai kerangka etis yang relevan untuk mengatasi keterbatasan solusi tekno-sentris tersebut. Dalam tradisi keilmuan Islam, Al-Ghazali dalam *Ihya' Ulum al-Din* menegaskan bahwa setiap transaksi muamalah harus dibangun di atas transparansi dan kejelasan informasi, jauh sebelum konsep asimetri informasi dirumuskan dalam ekonomi modern [15]. Lebih sistematis, Al-Shatibi dalam *al-Muwafaqat* merumuskan *Maqashid Syariah* sebagai hierarki tujuan hukum Islam yang mencakup perlindungan jiwa, akal, keturunan, harta (*Hifzh al-Mal*), dan dalam interpretasi kontemporer lingkungan (*Hifzh al-Biah*) [16].

Dalam konteks sistem informasi, prinsip mitigasi *Gharar* (ketidakpastian informasional) menuntut arsitektur pencatatan yang presisi, dapat diaudit, dan transparan secara real-time spesifikasi yang secara teknis sejalan dengan desain sistem basis data berbasis immutable log dan notifikasi digital [17]. Implementasi prinsip *'Adl* (keadilan) mengamankan mekanisme valuasi yang terbebas dari manipulasi sepihak, yang dalam rekayasa sistem informasi diwujudkan melalui indeks harga publik yang terstandarisasi dan dapat diakses seluruh pengguna. Lebih jauh, perluasan cakupan bank sampah menuju sirkularitas material organik merepresentasikan penerapan nyata nilai *Maqashid Syariah*, khususnya pada pilar *Hifzh al-Biah* (pelestarian lingkungan) dan *Hifzh al-Mal* (perlindungan aset ekonomi komunal). Konvergensi antara rekayasa teknologi digital, tata kelola lingkungan, dan etika bisnis Islam inilah yang menjadi letak kebaruan (*novelty*) dari studi ini sebuah hibridisasi yang masih sangat marjinal dalam literatur *Green Information Systems global*.

Berpijak pada urgensi empiris dan kesenjangan literatur tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi ekosistem digital bank sampah terintegrasi melalui pendekatan *Design Science Research* (DSR). Secara spesifik, investigasi ini dipandu oleh tiga Pertanyaan Penelitian (RQ) utama:

RQ1. Bagaimana anatomi tata kelola eksisting dan urgensi transformasi digital pada institusi bank sampah komunal di Kabupaten Lombok Timur?

RQ2. Bagaimana desain rekayasa arsitektur sistem informasi ekonomi sirkular (artefak) yang mampu mengintegrasikan prinsip transparansi (*anti-gharar*) dan keadilan (*'adl*) berbasis syariah?

RQ3. Sejauh mana tingkat validitas pakar dan efikasi operasional dari artefak sistem tersebut dalam mereduksi asimetri data serta mengeskalisasi partisipasi publik?

II. STUDI PUSTAKA

Fatimah dkk. [12] mengembangkan sistem pengelolaan sampah cerdas berbasis pendekatan *Industry 4.0* yang mengintegrasikan teknologi sensor, platform data, dan antarmuka digital untuk memantau alur limbah dari sumber hingga proses daur ulang secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan kombinasi teknologi *Internet of Things* (IoT), *cloud computing*, dan analitik data besar (*big data analytics*) untuk mengoptimalkan efisiensi pemilahan sampah dan meningkatkan transparansi distribusi bahan daur ulang. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada efisiensi operasional dan keterlacakan material dalam rantai pasok sirkular. Namun, penelitian ini sepenuhnya bersifat tekno-sentris dan tidak mempertimbangkan dimensi nilai etis atau tata kelola berbasis komunitas. Lebih spesifik, tidak ada mekanisme yang dirancang untuk memastikan keadilan valuasi material bagi pengguna akhir, suatu aspek yang menjadi kebutuhan mendasar pada institusi berbasis kepercayaan seperti bank sampah komunal. Penelitian ini hadir untuk melengkapi kerangka tersebut dengan mengintegrasikan prinsip ekonomi syariah sebagai fondasi etis tata kelola sistem digital.

Tundjungsari dkk. [13] mengusulkan model *Circonomy*, sebuah sistem pengelolaan limbah sirkular yang mengintegrasikan tiga teknologi utama: *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan real-time, *Semantic Web* untuk interoperabilitas data antar sistem, dan *gamification* untuk mendorong partisipasi pengguna. Berbeda dengan pendekatan *Industry 4.0* pada [12] yang berfokus pada efisiensi rantai pasok industri, *Circonomy* lebih berorientasi pada keterlibatan pengguna akhir melalui mekanisme insentif berbasis permainan. Hasilnya, model ini terbukti mampu meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah plastik sekaligus menekan biaya logistik pengumpulan. Secara komparatif, pendekatan IoT pada *Circonomy* unggul dalam aspek keterlibatan komunitas, sementara pendekatan *Industry 4.0* [12]

lebih kuat pada integrasi sistem industri skala besar. Namun, keduanya memiliki kelemahan yang sama: tidak mempertimbangkan aspek nilai moral dan etika komunal dalam desain sistemnya. Penelitian ini akan mengisi celah tersebut dengan mengembangkan sistem yang tidak hanya mengadopsi teknologi serupa, namun secara inheren mengintegrasikan prinsip keberlanjutan berbasis syariah ke dalam arsitektur dan tata kelola platformnya

Sukmasetya dan Dwihantoro [14] mengembangkan aplikasi *Clean Earth* menggunakan pendekatan *User-Centered Design* (UCD), sebuah metodologi yang menempatkan kebutuhan dan perilaku pengguna sebagai acuan utama dalam setiap keputusan desain sistem. Pendekatan UCD terbukti meningkatkan tingkat adopsi teknologi secara signifikan karena antarmuka dan alur kerja sistem disesuaikan langsung dengan pola interaksi pengguna nyata, bukan asumsi pengembang [14]. Dalam konteks pengelolaan sampah, aplikasi ini berhasil meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pemilahan sampah dan mempercepat distribusi limbah ke industri daur ulang. Temuan ini relevan secara langsung dengan pengembangan SiRKAH: pendekatan UCD yang diterapkan pada fase demonstrasi DSRM (Aktivitas 4) memastikan bahwa antarmuka platform dirancang berdasarkan pola literasi digital pengguna bank sampah di Lombok Timur, sehingga meminimalkan hambatan adopsi. Keterbatasan penelitian Sukmasetya dan Dwihantoro [14] terletak pada absennya pertimbangan kearifan lokal dan nilai religius komunitas dalam desain sistem, yang justru menjadi faktor penentu penerimaan teknologi di wilayah dengan populasi Muslim dominan. Penelitian ini hadir untuk menyempurnakan pendekatan UCD tersebut dengan menyesuaikan desain platform terhadap nilai-nilai syariah dan konteks sosiokultural masyarakat Lombok Timur.

Kushwaha [18] mengkaji penerapan kerangka *blockchain* yang diperkuat kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam sistem ekonomi sirkular, dengan fokus pada peningkatan transparansi pengelolaan limbah dan pemulihan sumber daya (*resource recovery*). Secara teknis, teknologi *blockchain* bekerja sebagai buku besar digital yang bersifat *immutable*, artinya setiap entri transaksi yang telah dicatat tidak dapat diubah atau dihapus secara retroaktif, sehingga seluruh riwayat data dapat diaudit kapan saja oleh semua pihak

yang berwenang. Integrasi AI pada kerangka ini memungkinkan sistem melakukan prediksi volume limbah secara otomatis, klasifikasi jenis material daur ulang berbasis *machine learning*, serta optimalisasi rute pengumpulan sampah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi AI dan *blockchain* mampu meningkatkan efisiensi produksi bahan daur ulang dan menekan praktik manipulasi data dalam rantai pasok. Keterbatasan mendasar penelitian ini adalah tidak adanya pertimbangan terhadap kerangka etika Islam, padahal prinsip *immutability* pada *blockchain* secara konseptual selaras dengan prinsip anti-*gharar* dalam muamalah Islam. Penelitian ini mengintegrasikan konsep *immutable ledger* serupa ke dalam arsitektur SiRKAH, namun dengan landasan normatif yang eksplisit berbasis *maqāsid al-sharī'ah*.

Murti dkk. [19] melakukan *systematic review* terhadap penerapan ekonomi sirkular untuk limbah plastik di berbagai negara, dengan tujuan mengidentifikasi praktik terbaik yang berpotensi diadaptasi di Indonesia. Kajian ini memetakan berbagai model bisnis digital yang mendukung daur ulang plastik, termasuk platform berbasis web dan aplikasi mobile yang menghubungkan penghasil limbah dengan industri pengolah. Hasilnya menunjukkan bahwa digitalisasi secara konsisten meningkatkan akses pasar bagi produk daur ulang dan memperkuat jejaring industri lintas sektor. Kesenjangan spesifik yang teridentifikasi dari kajian ini adalah tidak ada satu pun model yang diulas mengintegrasikan dimensi nilai keagamaan atau etika lokal ke dalam desain sistem, meskipun mayoritas negara berkembang yang dikaji memiliki populasi Muslim yang signifikan. Hal ini mengindikasikan adanya *blind spot* sistemik dalam literatur ekonomi sirkular global terhadap faktor sosiokultural religius sebagai determinan adopsi teknologi. Penelitian ini hadir untuk menutup kesenjangan tersebut dengan memadukan model bisnis digital pengelolaan sampah dengan prinsip ekonomi syariah sebagai kerangka tata kelola yang kontekstual.

Bathaei dkk. [20] mengkaji penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem ekonomi sirkular pada sektor manufaktur global, dengan argumen bahwa sifat *immutable* (tidak dapat diubah) dan terdesentralisasi dari *blockchain* menjadikannya instrumen ideal untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas pengelolaan limbah. Dalam konteks teknis, *immutable ledger* pada *blockchain* berarti setiap transaksi mulai dari

penyetoran material, penimbangan, hingga konversi nilai ekonomi direkam secara permanen dalam rantai data yang dapat diverifikasi secara independen oleh semua pihak tanpa memerlukan otoritas terpusat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *blockchain* secara signifikan menekan praktik manipulasi data dan meningkatkan kepercayaan antar pelaku industri dalam rantai pasok sirkular. Keterbatasan penelitian ini terletak pada fokusnya yang terbatas pada konteks manufaktur industri berskala besar, sehingga belum mengakomodasi institusi komunal berskala kecil seperti bank sampah, serta belum mengaitkan transparansi digital dengan konsep keadilan dalam ekonomi Islam. Penelitian ini mengadopsi prinsip *immutable ledger* yang sama dan mengaplikasikannya pada skala komunal, dengan menambahkan dimensi normatif syariah sebagai justifikasi etis atas kebutuhan transparansi tersebut.

Herdiansyah dkk. [21] mengevaluasi efektivitas platform digital dalam memfasilitasi pengumpulan dan daur ulang sampah plastik dari hulu ke hilir dalam konteks pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs). Hasil penelitian mengonfirmasi bahwa digitalisasi sistem pengumpulan sampah berkontribusi signifikan terhadap tiga pilar SDGs sekaligus ekonomi, sosial, dan lingkungan serta mampu mereduksi volume timbulan sampah yang berakhir di TPA. Kesenjangan spesifik yang teridentifikasi adalah metrik evaluasi penelitian ini sepenuhnya terbatas pada indikator materialistis SDGs dan tidak mengakomodasi dimensi spiritual maupun etika transaksi berbasis nilai Islam, meskipun konteks penelitiannya berada di Indonesia dengan mayoritas populasi Muslim. Penelitian ini hadir untuk memperluas kerangka evaluasi tersebut dengan memasukkan akad-akad syariah sebagai instrumen penjamin keadilan dan transparansi transaksi, sehingga digitalisasi pengelolaan sampah tidak hanya memenuhi target SDGs secara materialistis, tetapi juga selaras dengan nilai etis komunitas penggunanya.

Seyyedi dkk. [22] merumuskan kerangka kerja komprehensif mengenai integrasi digitalisasi dan ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah melalui adopsi pendekatan *Artificial Intelligence* (AI), termasuk *machine learning* untuk prediksi volume sampah, *deep learning* untuk klasifikasi material, serta model simulasi untuk optimalisasi sistem secara keseluruhan. Kajian ini menegaskan bahwa rekayasa digital mampu mengoptimalkan

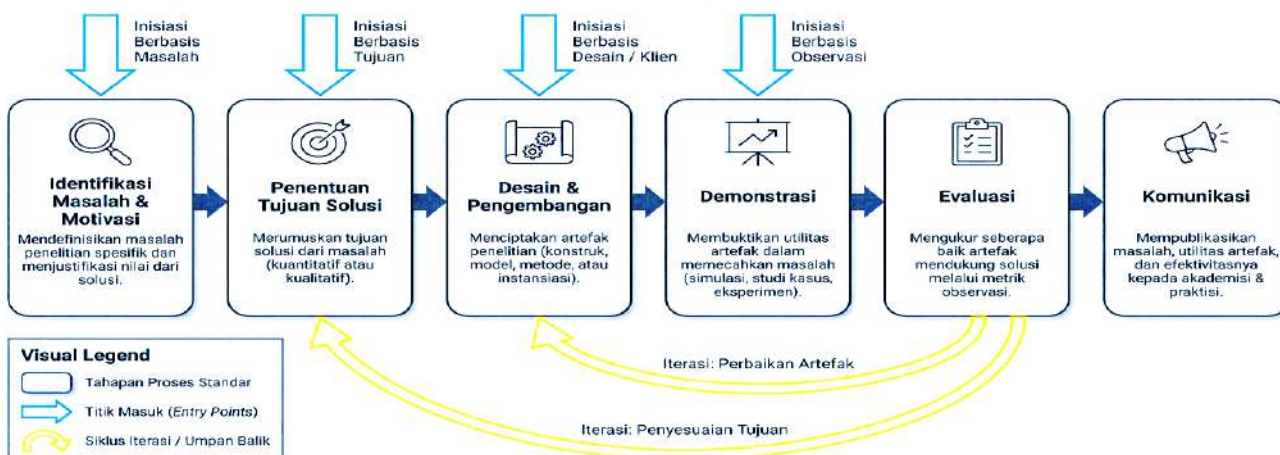
prediksi volume sampah, meningkatkan efisiensi pemulihan sumber daya, dan menekan biaya operasional secara signifikan. Namun, kelemahan fundamental penelitian ini adalah pendekatannya yang murni tekno-sentris dan berorientasi kapitalis, sehingga tidak menyentuh aspek tata kelola etis maupun moralitas religius sama sekali. Ketiadaan dimensi ini menjadi celah kritis mengingat mayoritas pengelola dan pengguna bank sampah di Indonesia berada dalam ekosistem komunitas yang kuat diikat oleh nilai-nilai keagamaan. Penelitian ini hadir untuk menyempurnakan kerangka rekayasa digital tersebut dengan mengintegrasikan prinsip *maqāṣid al-sharī'ah* sebagai lapisan normatif, sehingga menghasilkan sistem ekonomi sirkular yang tidak hanya cerdas secara teknologis, tetapi juga adil dan beretika secara sosial-religius.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlandaskan pada paradigma *Design Science Research* (DSR), sebuah pendekatan epistemologis yang berfokus pada pemecahan masalah praktis melalui penciptaan dan evaluasi artefak inovatif secara iteratif. Berbeda dengan paradigma *behavioral science* yang bertujuan menjelaskan atau memprediksi fenomena yang ada, DSR secara spesifik digunakan untuk merekayasa solusi teknologi baru [15]. Artefak yang dikembangkan dalam studi ini berwujud *instantiation*, yakni sebuah platform digital berbasis web yang dirancang untuk mengelola tata kelola bank sampah komunal secara terintegrasi. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya mengakomodasi integrasi yang koheren antara rekayasa arsitektur sistem informasi teknis dengan prinsip-prinsip normatif-etis *Maqashid Syariah*. Alur keseluruhan metodologi penelitian ini diilustrasikan secara ringkas pada Gambar 1.

Diagram Alur Metodologi DSRM

Kerangka Kerja Enam Tahap Berbasis Iterasi untuk Design Science Research



Gambar 1. Alur Metodologi Penelitian Berdasarkan Kerangka DSRM

Secara operasional, penelitian ini mengadopsi enam tahapan Design Science Research Methodology (DSRM) yang diusulkan oleh Peffers dkk. [23], di mana setiap tahapan dihubungkan oleh siklus umpan balik iteratif sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1. Fase pertama (identifikasi masalah) dilakukan dengan mengekstraksi kondisi tata kelola bank sampah eksisting untuk memetakan asimetri data dan inefisiensi pencatatan manual. Berdasarkan temuan tersebut, fase kedua (pendefinisian tujuan) merumuskan spesifikasi sistem ke dalam tiga dimensi arsitektural yaitu efisiensi operasional, kepatuhan etis-syariah (eliminasi *gharar* dan penegakan *'adl*), serta pelacakan sirkularitas material.

Pada fase ketiga (perancangan dan pengembangan), spesifikasi tersebut ditransformasikan menggunakan pendekatan agile prototyping menjadi tiga modul terintegrasi, *Digital Transaction Ledger*, *Circular Material Management*, dan *Impact Reporting Dashboard*. Fase keempat (demonstrasi) dilaksanakan dengan menguji purwarupa (alpha version) menggunakan data transaksi historis riil untuk mendeteksi friksi pada antarmuka pengguna. Selanjutnya, fase kelima (evaluasi) dilakukan melalui uji kelayakan berlapis untuk mengukur utilitas artefak, sebelum diakhiri dengan fase keenam (komunikasi) yang berfokus pada diseminasi prototipe fungsional

kepada pemangku kepentingan dan publikasi temuan ilmiah.

Penelitian ini mengambil lokus di Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tiga karakteristik utama: (1) wilayah dengan populasi Muslim dominan yang relevan dengan pengujian integrasi nilai syariah; (2) kondisi TPA Ijobalit yang tengah menghadapi krisis kapasitas absolut; dan (3) keberadaan ekosistem bank sampah komunal aktif yang belum terdigitalisasi, sehingga ideal sebagai lokus uji intervensi.

Partisipan penelitian dipilih melalui teknik purposive sampling dan terdiri atas tiga kelompok pemangku kepentingan dengan profil sebagai berikut. Pertama, pengurus bank sampah ($n=8$) selaku operator sistem, terdiri atas ketua dan sekretaris bank sampah aktif yang bertanggung jawab atas pencatatan transaksi harian. Kedua, nasabah aktif ($n=42$) selaku pengguna akhir (end-user), yaitu warga yang telah terdaftar dan aktif melakukan penyeteroran sampah minimal satu bulan sebelum penelitian dilaksanakan. Ketiga, perwakilan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Lombok Timur ($n=3$) selaku otoritas regulasi, yang memberikan perspektif kebijakan terhadap sistem yang dikembangkan. Total keseluruhan partisipan penelitian berjumlah 53 orang.

Pengumpulan data dilakukan secara triangulasi melalui tiga instrument, observasi partisipatif terstruktur, wawancara mendalam semi-terstruktur, dan tinjauan dokumen historis transaksi. Seluruh prosedur penelitian telah

mematuhi protokol etika penelitian yang berlaku. Setiap partisipan diberikan penjelasan menyeluruh mengenai tujuan dan prosedur penelitian sebelum memberikan *informed consent* secara sukarela. Kerahasiaan identitas dan anonimitas data dijamin sepenuhnya sepanjang proses penelitian dan publikasi

Evaluasi artefak (Aktivitas 5 DSRM) dilakukan melalui dua tahapan komprehensif untuk mengukur utilitas, kualitas teknis, dan efikasi sistem. Tahap pertama adalah Validasi Ahli (*Expert Validation*) yang melibatkan tiga pakar independen: Pakar Sistem Informasi (V1), Pakar Ekonomi Syariah (V2), dan Pakar Manajemen Lingkungan (V3). Instrumen validasi terdiri atas 28 butir pernyataan yang dikelompokkan ke dalam empat dimensi konstruk: (1) Integritas Teknis Arsitektur (8 butir), (2) Kepatuhan Preskriptif Syariah (7 butir), (3) Relevansi Model Sirkularitas (6 butir), dan (4) Ergonomi & Usability Sistem (7 butir). Contoh indikator pada dimensi Kepatuhan Syariah antara lain "Sistem menyediakan notifikasi transaksi real-time yang mencegah ketidakpastian informasi (*gharar*)" dan "Mekanisme penetapan harga material bersifat transparan dan dapat diakses seluruh pengguna (*'adl*)". Setiap butir dinilai menggunakan skala Likert 1-4, di mana skor 3-4 diklasifikasikan sebagai "relevan". Kelayakan diukur menggunakan Content Validity Index (CVI) dengan mengacu pada pedoman Hakim dkk. [24] artefak dinyatakan valid apabila nilai I-CVI mencapai kesepakatan absolut 1,00 dan S-CVI/Ave minimal 0,90.

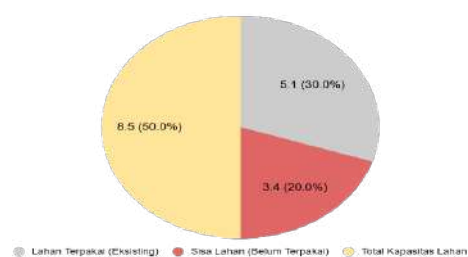
Tahap kedua adalah Uji Kepraktisan dan Efektivitas yang melibatkan 42 pengguna nyata (end-users) di lingkungan bank sampah. Data kualitatif dari persepsi pengguna dianalisis menggunakan analisis tematik enam fase mengacu pada Braun & Clarke [25], yang meliputi: (1) familiarisasi data, (2) pembangkitan kode awal (initial coding) secara manual, (3) pencarian tema, (4) peninjauan tema, (5) pendefinisian dan penamaan tema, serta (6) produksi laporan. Proses coding dilakukan secara manual menggunakan matriks tematik tanpa bantuan perangkat lunak khusus. Data kuantitatif kepraktisan dianalisis menggunakan statistik deskriptif atas indikator kemudahan penggunaan dan transparansi sistem. Efektivitas diukur melalui analisis komparatif berpasangan (*paired comparison*) antara periode *pre-implementation* dan *post-implementation* pada empat parameter kinerja utama: durasi transaksi,

tingkat kesalahan pencatatan, frekuensi perselisihan saldo, dan jumlah nasabah aktif. Perubahan performa dinyatakan dalam persentase reduksi atau peningkatan relatif terhadap kondisi awal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Anatomi Tata Kelola Eksisting dan Urgensi Digitalisasi

Hasil observasi partisipatif terstruktur dan wawancara mendalam yang diinisiasi pada fase pertama DSRM mengungkap bahwa ekosistem tata kelola bank sampah di Kabupaten Lombok Timur membutuhkan transformasi struktural yang mendesak. Paradigma pengelolaan persampahan di wilayah ini masih bertumpu pada model linier tradisional (kumpul-angkut-buang), yang menempatkan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Ijobalit sebagai muara absolut seluruh timbulan sampah. Kondisi ini menciptakan tekanan daya dukung yang kritis. Data empiris mengonfirmasi bahwa TPA Ijobalit tengah menghadapi ancaman overload, di mana 7,7 hektare dari total 10,87 hektare lahan telah terdegradasi, atau setara dengan tingkat okupasi mendekati 71% dari kapasitas total [5]. Proyeksi menunjukkan bahwa jika 21 kecamatan terintegrasi secara komprehensif, volume aliran material sisa dapat menembus 500 ton per hari jauh melampaui kapasitas penanganan yang tersedia. Kondisi serupa juga ditemukan pada TPA-TPA di berbagai kota menengah Indonesia; data KLHK [26] menunjukkan bahwa lebih dari 60% TPA di Indonesia beroperasi di atas kapasitas desainnya, mengindikasikan bahwa krisis yang dialami Lombok Timur bukan anomali lokal, melainkan cerminan persoalan struktural pengelolaan sampah nasional. Kondisi kapasitas TPA Ijobalit secara visual disajikan pada Gambar.



Gambar 2. Kondisi Pemanfaatan Lahan TPA Ijobalit Kabupaten Lombok Timur

Gambar 2. menyajikan kondisi terkini pemanfaatan lahan TPA Ijobalit Kabupaten Lombok Timur. Data menunjukkan bahwa dari total kapasitas lahan yang tersedia, sebesar 50,0% (8,5 ha) merupakan lahan yang telah terdegradasi, 30,0% (5,1 ha) merupakan lahan yang saat ini aktif terpakai untuk penimbunan sampah, dan hanya 20,0% (3,4 ha) yang masih tersisa sebagai kapasitas cadangan. Dengan demikian, secara kumulatif 80,0% dari total kapasitas TPA Ijobalit telah tereksplorasi, menyisakan ruang yang sangat terbatas untuk menampung timbulan sampah ke depannya. Kondisi ini mempertegas urgensi intervensi struktural melalui pendekatan ekonomi sirkular berbasis komunitas, di mana bank sampah digital seperti SiRKAH berperan krusial dalam mereduksi volume material yang masuk ke TPA sebelum krisis kapasitas absolut terjadi.

Kondisi kritis TPA Ijobalit tersebut seharusnya dapat diantisipasi melalui optimalisasi peran bank sampah komunal sebagai instrumen reduksi timbulan sampah di tingkat hulu. Namun kendati memiliki potensi kelembagaan komunal yang strategis, bank sampah eksisting belum terutilisasi secara optimal sebagai instrumen reduksi timbulan sampah. Triangulasi data wawancara dari delapan pengurus bank sampah aktif yang tersebar di empat kecamatan berbeda mengidentifikasi tiga anomali manajerial yang bersifat konsisten lintas lokasi: (a) frekuensi layanan yang inkonsisten (1-2 kali per minggu); (b) ketergantungan absolut pada pencatatan manual (*paper-based ledger*); dan (c) opasitas dalam penetapan nilai tukar material yang dilakukan tanpa referensi indeks harga publik. Penting untuk ditekankan bahwa ketiga anomali ini ditemukan secara seragam pada seluruh delapan bank sampah yang diteliti, tanpa perkecualian, sehingga temuan ini dapat direpresentasikan sebagai kondisi sistemik institusi, bukan persoalan individual.

Kondisi ini dikonfirmasi secara langsung oleh para pengurus melalui wawancara mendalam. Salah satu pengurus menyatakan:

"Kelemahan kita ya di rekapitulasi data itu. Masih pakai buku tulis biasa. Pas akhir bulan mau ngecek total saldo nasabah, kita

harus hitung satu-satu pakai kalkulator. Rawan banget salah hitung, dan kalau ada data yang hilang, kita tidak ada sistem cadangannya."

Pengurus lain menambahkan bahwa nasabah kerap mempertanyakan keakuratan saldo tabungan mereka namun tidak dapat diberikan bukti yang memadai secara mandiri. Konfigurasi operasional ini mengonstruksi ekosistem yang rapuh secara administratif dan stagnan secara dampak ekologis.

Analisis tematik terhadap data lapangan mengisolasi dua kesenjangan sistemik yang menjadi akar inefisiensi institusional bank sampah konvensional. Kesenjangan pertama adalah asimetri data dan inefisiensi pencatatan, ketergantungan pada buku besar fisik melahirkan asimetri informasi yang akut, di mana riwayat transaksi dan akumulasi saldo termonopoli dalam arsip pengurus. Ketiadaan mekanisme otonom bagi nasabah untuk memverifikasi keakuratan tabungan mereka berimplikasi serius pada dimensi etis-syariah. Ekonomi Islam mempostulatkan transparansi (*al-shafafiyah*) dan keadilan (*al-'adl*) sebagai pilar utama muamalah. Sistem pencatatan manual yang tertutup ini merupakan manifestasi struktural dari *gharar* (ketidakpastian informasional), sebuah kondisi yang secara sistematis mendegradasi *amanah* (kepercayaan publik) dan membuka celah penyimpangan [27]. Lebih jauh, penetapan valuasi material secara sepihak mencederai prinsip *'adl*, menempatkan nasabah pada posisi asimetri nilai tukar yang merugikan.

Kesenjangan kedua adalah bias material dan deviasi ekologis, mayoritas institusi bank sampah di lokus penelitian beroperasi dengan bias seleksi material yang kuat, berfokus secara eksklusif pada fraksi anorganik (plastik, kertas, logam) demi likuiditas ekonomi instan. Padahal, data komposisi timbulan sampah menunjukkan bahwa fraksi organik mendominasi total volume sampah di kawasan semi-perkotaan Indonesia, mencapai 55-60% dari total timbulan [28]. Temuan lapangan di Lombok Timur mengonfirmasi pola yang sama, di mana estimasi proporsi sampah organik pada wilayah penelitian berkisar antara 50-58% dari

total volume timbulan harian [5]. Konsekuensinya, laju akumulasi material organik menuju TPA tidak tereduksi sama sekali melalui mekanisme bank sampah konvensional. Pengabaian ini merupakan deviasi langsung dari prinsip *Hifzh al-Biah* (pelestarian lingkungan), sebuah pilar integral dalam *Maqashid Syariah*, sekaligus menegaskan bahwa orientasi bank sampah saat ini belum berkontribusi secara optimal terhadap pengurangan beban TPA. Pemetaan kedua kesenjangan sistemik ini secara komprehensif disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemetaan Kesenjangan Operasional dan Pelanggaran Prinsip Syariah

Dimensi Kesenja-ngan	Manifestasi Empiris di Lapangan	Prinsip Syariah Terkait	Implikasi Sistemik
Transparansi Transaksi	Otoritas saldo tak dapat diverifikasi nasabah mandiri.	Larangan <i>Gharar</i>	Erosi modal sosial (<i>trust</i>).
Keadilan Valuasi	Diskresi harga sepihak tanpa rujukan publik.	Prinsip <i>'Adl</i>	Asimetri & eksploitasi nilai.
Keberlanjutan Ekologis	Eksklusi material organik dari sirkularitas.	<i>Hifzh al-Biah</i>	Akselerasi <i>overload</i> TPA.
Kesejahteraan Komunal	Sub-optimalisasi konversi nilai material.	<i>Hifzh al-Mal</i>	Stagnasi inklusi ekonomi.

Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh dimensi kesenjangan operasional yang teridentifikasi di lapangan memiliki korespondensi langsung dengan pelanggaran prinsip-prinsip syariah yang fundamental. Hal ini menegaskan bahwa persoalan tata kelola bank sampah di Lombok Timur bukan sekadar masalah teknis-manajerial, melainkan juga berimplikasi pada dimensi etis-religius yang secara sistematis merugikan kepercayaan dan kesejahteraan komunal.

4.2 Reayasa Arsitektur Sistem Berbasis *Maqashid Syariah* (RQ2)

Mengacu pada anomali operasional yang teridentifikasi, fase kedua DSRM difokuskan pada perumusan spesifikasi fungsional platform digital. Setiap spesifikasi diturunkan secara langsung dari imperatif etis-syariah yang relevan, bukan dari asumsi teknis pengembang semata. Matriks pada

Tabel 2 mendemonstrasikan korespondensi tersebut secara eksplisit.

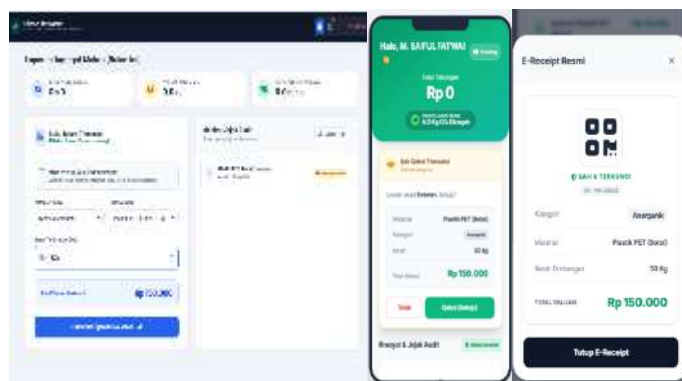
Sebagai ilustrasi implementasi, spesifikasi F-01 (pencatatan transaksi real-time via push notification) diwujudkan melalui mekanisme notifikasi otomatis yang dikirimkan ke perangkat smartphone nasabah dalam waktu kurang dari 5 detik pasca-penimbangan selesai dilakukan, sehingga nasabah dapat langsung memverifikasi keabsahan transaksi tanpa harus bergantung pada catatan fisik pengurus. Spesifikasi F-02 (otorisasi akses saldo dan jejak audit mandiri) diimplementasikan melalui fitur dashboard personal nasabah yang menampilkan riwayat lengkap seluruh transaksi secara kronologis dan tidak dapat dimodifikasi (*read-only*). Spesifikasi F-03 (publikasi indeks harga material sirkular dinamis) diwujudkan melalui halaman referensi harga yang diperbarui secara berkala oleh administrator berdasarkan harga pasar aktual, sehingga nasabah dapat membandingkan harga yang diterima dengan referensi publik sebelum menyetujui transaksi. Spesifikasi F-04 (taksonomi material organik dan anorganik terpilah) diimplementasikan melalui formulir input transaksi yang mengharuskan operator mengklasifikasikan setiap material ke dalam kategori yang telah ditentukan sebelum pencatatan dapat dilanjutkan. Spesifikasi F-05 (dasbor analitik reduksi karbon dan nilai agregat) diwujudkan melalui modul pelaporan yang secara otomatis menghitung estimasi reduksi emisi karbon berdasarkan volume material yang berhasil didaur ulang serta total nilai ekonomi komunal yang terakumulasi.

Tabel 2. Matriks Spesifikasi Fungsional Platform Digital (*System Requirements*)

Kode	Spesifikasi Fungsional Platform	Manifestasi Prinsip Syariah	Tingkat Prioritas
F-01	Pencatatan transaksi <i>real-time</i> via <i>push notification</i> .	Eliminasi <i>Gharar</i>	Kritis
F-02	Otorisasi akses saldo dan jejak audit mandiri.	<i>'Adl & Amanah</i>	Kritis
F-03	Publikasi indeks harga material sirkular dinamis.	<i>'Adl</i> (Keadilan valuasi)	Kritis

F-04	Taksonomi material organik dan anorganik terpilah.	<i>Hifzh al-Biah</i>	Tinggi
F-05	Dasbor analitik reduksi karbon & nilai agregat.	<i>Hifzh al-Biah & Hifzh al-Mal</i>	Tinggi

Artefak teknologi yang direkayasa, diidentifikasi sebagai SiRKAH (*Sistem Rekayasa Komunal Bank Sampah Berbasis Syariah*), dibangun dengan arsitektur tiga lapis (*three-tier architecture*). Pemisahan antara lapisan antarmuka (*presentation layer*), logika bisnis (*business logic layer*), dan basis data (*data layer*) menjamin skalabilitas komputasi sekaligus memfasilitasi auditabilitas transaksi yang ketat.

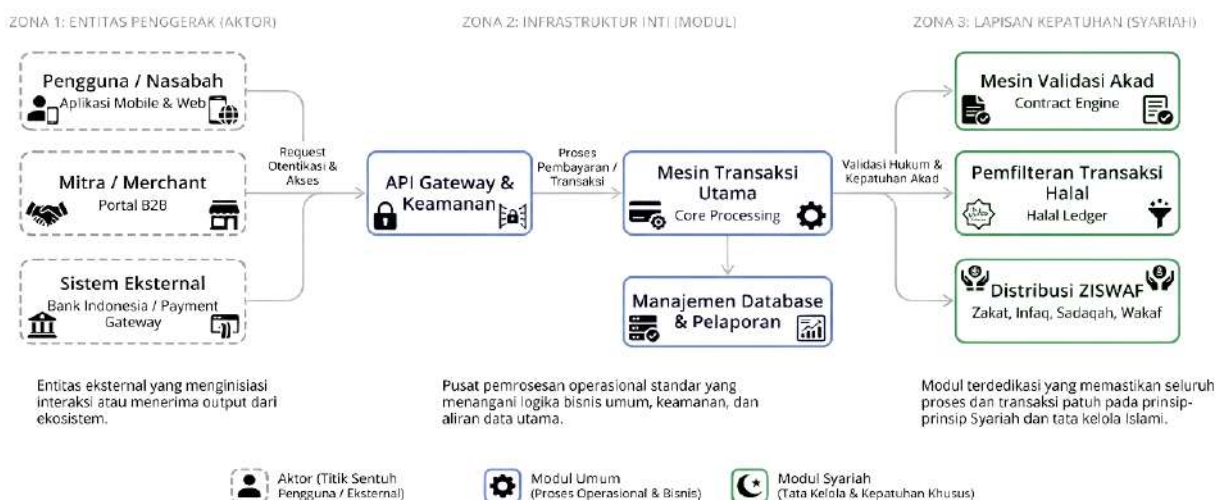


Gambar 4. Sekuens *end-to-end* Modul I (Gharar-Free Digital Ledger).

Modul II (*Circular Material Management*), berfungsi sebagai mesin operasional *Hifzh al-Biah*,

Diagram Arsitektur Konseptual Ekosistem

Alur Interaksi Komprehensif antara Aktor, Modul Inti, dan Kepatuhan Syariah

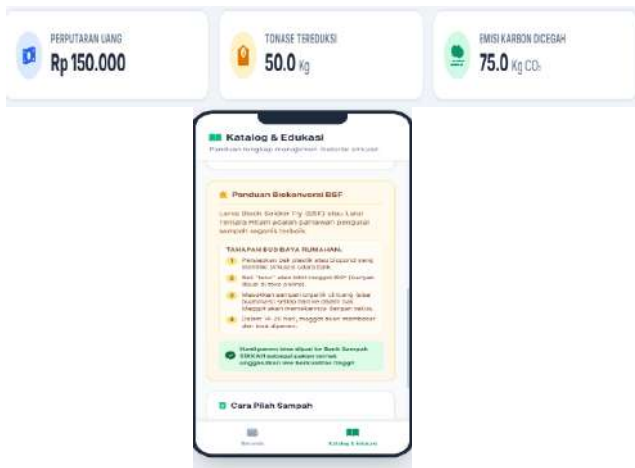


Gambar 3. Dekomposisi Fungsional Modul SiRKAH dan Pemetaannya terhadap Nilai Maqashid Syariah.

Orkestrasi ekosistem SiRKAH ditopang oleh tiga modul fungsional yaitu Modul I (Gharar-Free Digital Ledger), modul ini adalah translasi teknis dari prinsip anti-gharar. Menggunakan arsitektur *immutable log* (jejak historis yang tak dapat direkayasa retroaktif), modul ini memberikan notifikasi instan pasca-penimbangan. Kehadiran *e-receipt* digital mendisrupsi ketergantungan pada tanda tangan fisik, memastikan bahwa transparansi algoritmik berwujud pada akuntabilitas yang nyata bagi seluruh entitas pengguna [17].

modul ini mendobrak bias anorganik melalui taksonomi klasifikasi dua-tingkat. Tidak sebatas pencatatan, modul ini mengintegrasikan protokol teknis biokonversi sampah organik (memanfaatkan larva *Black Soldier Fly*/BSF), memandu transisi institusi menuju pengolahan material sirkular paripurna.

Modul III (*Impact Reporting Dashboard*), Modul analitik ini bertindak sebagai pelaporan *Hifzh al-Mal*. Dengan memproyeksikan data metrik bervolume seperti tonase reduksi material, agregat ekonomi nasabah, dan estimasi reduksi jejak karbon, sistem ini mengukuhkan peran digitalisasi dalam mendorong inklusi keuangan sekaligus perlindungan aset komunal [29].



Gambar 5. Manifestasi nilai *Hifzh al-Biah* dan *Hifzh al-Mal*.

Fase demonstrasi (Aktivitas 4 DSRM) dilaksanakan melalui sesi simulasi transaksi real-time menggunakan data historis bank sampah selama periode tiga bulan sebelum implementasi. Metode evaluasi pada fase ini menggunakan *think-aloud protocol*, di mana partisipan diminta untuk mengverbalisasikan setiap langkah interaksi mereka dengan sistem secara lantang, sehingga peneliti dapat mengidentifikasi titik-titik friksi pada antarmuka pengguna secara langsung. Sesi ini melibatkan 23 partisipan lintas sektor yang terdiri atas 10 pengurus bank sampah, 10 nasabah aktif, dan 3 perwakilan Dinas Lingkungan Hidup. Seluruh sesi direkam dan dianalisis menggunakan matriks observasi terstruktur untuk mengklasifikasikan setiap temuan ke dalam kategori perbaikan yang dapat ditindaklanjuti (*actionable items*).

Hasil sesi ini menghasilkan 14 actionable items yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori perbaikan: (a) optimalisasi ergonomi antarmuka (UI) bagi pengguna berliterasi digital rendah sebanyak 7 butir, antara lain penyederhanaan alur navigasi dan pembesaran elemen tombol interaktif; (b) kalibrasi algoritma kalkulasi pada kondisi latensi internet tinggi sebanyak 4 butir, termasuk penambahan mekanisme sinkronisasi data offline-first; serta (c) penambahan protokol double confirmation sebelum finalisasi akad transaksi sebanyak 3 butir, guna memastikan bahwa nasabah

benar-benar memahami dan menyetujui detail transaksi sebelum data dikunci secara permanen dalam sistem.

4.3 Evaluasi Artefak Validitas, Kepraktisan, dan Efektivitas (RQ3)

Keketatan desain dievaluasi oleh panel pakar independen terdiri atas Pakar Sistem Informasi (V1), Pakar Ekonomi Syariah (V2), dan Pakar Tata Kelola Lingkungan (V3) menggunakan instrumen *Content Validity Index* (CVI). Tabel 3 menyajikan parameter statistik evaluasi tersebut.

Tabel 3. Rekapitulasi Validitas Ahli berbasis CVI (*Content Validity Index*)

Dimensi Konstruk Penilaian	Item (n)	V1	V2	V3	S-CVI/Ave	Simpulan
Integritas teknis arsitektur	8	3.75	3.50	3.63	0.944	Sangat Valid
Kepatuhan preskriptif syariah	7	3.43	3.86	3.57	0.952	Sangat Valid
Relevansi model sirkularitas	6	3.67	3.50	3.83	0.938	Sangat Valid
Ergonomi & Usability sistem	7	3.57	3.43	3.71	0.924	Sangat Valid
Total Agregat Instrumen	28	3.62	3.60	3.68	0.939	Sangat Valid

(Catatan: Rentang skor 1-4; Kriteria CVI > 0.90 diadaptasi dari Polit & Beck, 2006)

Skor S-CVI/Ave keseluruhan mencapai 0.939, melampaui ambang batas keketatan statistik, mengonfirmasi utilitas arsitektur yang *excellent*. Secara kualitatif, V2 (Pakar Fiqh Muamalah) mengesahkan bahwa mekanisme notifikasi instan pada Modul I merepresentasikan implementasi nyata *al-shafafiyah*.

Uji kelayakan operasional melibatkan 42 entitas pengguna nyata. Indikator "Persepsi kesesuaian nilai Islam" (M=4.57) dan "Kepercayaan terhadap transparansi" (M=4.49) menempati skor utilitas tertinggi. Dominasi skor ini membuktikan bahwa rekayasa syariah tidak dipandang sebagai ornamen semu, melainkan fitur inti yang melindungi privasi dan aset finansial nasabah (*Hifzh al-Mal*). Data kualitatif via *Focus Group Discussion* (FGD) mengonfirmasi hal ini: 78,6% nasabah menegaskan bahwa otonomi akses

saldo secara mandiri merupakan katalis utama pemulihan *trust* yang sebelumnya hancur akibat *gharar* pada sistem konvensional.

Analisis efikasi membuktikan bahwa intervensi SiRKAH menghasilkan lonjakan performa yang eksponensial, sebagaimana diurai pada Tabel 4.

Tabel 4. Komparasi Efikasi Operasional (Intervensi DSRM)

Parameter Indikator Kinerja	Pre-Implementasi (Manual)	Post-Implementasi (SiRKAH)	Signifikan (Change)
Durasi resolusi per transaksi	± 5.2 menit	± 18 detik	↓ Reduksi 94.2%
Defek/Kesalahan pencatatan	12.3% dari total transaksi	0.0%	↓ Eliminasi 100%
Friksi / Perselisihan saldo	4-6 insiden / bulan	0 insiden	↓ Eliminasi 100%
Durasi rekapitulasi pelaporan	± 4.5 jam / bulan	± 12 menit	↓ Reduksi 95.6%
Eskalasi Partisipasi Nasabah	28 entitas aktif	41 entitas aktif	↑ Ekspansi 46.4%

Eliminasi absolut (100%) terhadap defek pencatatan dan friksi saldo memberikan justifikasi empiris bahwa arsitektur anti-*gharar* sukses merevitalisasi efisiensi institusi. Lonjakan partisipasi nasabah sebesar 46.4% membuktikan secara kuantitatif bahwa transparansi memicu efek rekayasa sosial yang masif.

4.4 Diskusi Teoritis dan Implikasi Manajerial

Studi ini menghasilkan tiga kontribusi konseptual pada persilangan literatur *Green Information Systems* (Green IS) dan Ekonomi Syariah.

Kontribusi pertama adalah pengenalan kerangka "Arsitektur Sistem Bebas Gharar" (Gharar-Free IS Architecture). Studi ini membuktikan bahwa prinsip mitigasi gharar yang selama ini diperlakukan sebagai norma yurisprudensi Islam semata dapat diterjemahkan secara langsung menjadi spesifikasi teknis-algoritmik yang terukur dan dapat

diimplementasikan dalam rekayasa sistem informasi [30]. Temuan ini memperluas cakupan literatur Green IS yang selama ini didominasi oleh pendekatan tekno-sentris tanpa dimensi etis-religius, sebagaimana diidentifikasi oleh Seyyedi dkk. [22] dalam kajian komprehensif mereka.

Kontribusi kedua adalah penegasan peran nilai keagamaan sebagai akselerator adopsi teknologi lingkungan. Bertentangan dengan asumsi paradigma netral-sekuler yang umum dalam literatur Green IS, studi ini membuktikan secara empiris bahwa integrasi *nilai Hifzh al-Biah* ke dalam arsitektur sistem secara langsung meningkatkan penerimaan dan kepercayaan pengguna di komunitas Muslim. Temuan ini sejalan dengan argumen yang dikemukakan oleh Tundjungsari dkk. [13] bahwa faktor sosio-kultural merupakan determinan kritis dalam keberhasilan adopsi teknologi pengelolaan sampah, namun melampaui temuan mereka dengan menunjukkan bahwa dimensi religius memiliki bobot yang lebih signifikan daripada sekadar aspek gamifikasi atau antarmuka pengguna.

Kontribusi ketiga adalah usulan "Kerangka DSRM-Syariah" sebagai pendekatan pengembangan artefak sistem informasi yang menempatkan etika agama bukan sebagai fitur tambahan (*add-on*) pasca-desain, melainkan sebagai core requirements yang ditetapkan sejak Aktivitas 2 DSRM. Pendekatan ini berbeda secara mendasar dari mayoritas studi pengembangan sistem berbasis DSR yang ada, termasuk Fatimah dkk. [12] dan Bathaei dkk. [20], yang mengintegrasikan pertimbangan sosial hanya pada tahap evaluasi, bukan pada tahap perancangan awal.

Secara praktis, SiRKAH menyediakan model yang dapat langsung diadopsi oleh pengelola bank sampah komunal untuk memulihkan kepercayaan publik (*trust-recovery*) melalui transparansi digital. Bagi pengambil kebijakan di tingkat kabupaten, studi ini menawarkan landasan untuk standarisasi platform digital pengelolaan sampah daerah yang mampu menghasilkan data analitik sirkularitas secara *real-time*. Data tersebut selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai basis perancangan kebijakan

mitigasi perubahan iklim yang berakar pada bukti empiris (*evidence-based policy*) dan bukan sekadar estimasi kasar.

Penelitian ini beroperasi dalam dua keterbatasan utama. Pertama, keterbatasan skalabilitas lokus: pengujian dilakukan hanya di satu wilayah kabupaten dengan karakteristik demografis dan sosio-kultural yang spesifik, sehingga generalisasi temuan ke konteks yang lebih luas memerlukan verifikasi lebih lanjut. Kedua, keterbatasan infrastruktur: sistem belum mengakomodasi mekanisme pencairan nilai tabungan nasabah secara digital langsung karena belum terintegrasinya dengan infrastruktur *payment gateway* nasional. Berdasarkan dua keterbatasan tersebut, agenda riset lanjutan diarahkan pada: (a) pengujian efikasi longitudinal melalui studi multi-situs lintas kabupaten dan demografi yang beragam; serta (b) pengembangan integrasi API perbankan terbuka (*open banking*) guna mentransformasikan SiRKAH menjadi instrumen inklusi keuangan sirkular (*circular fintech*) yang beroperasi secara penuh dan terotomatisasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa krisis tata kelola bank sampah komunal yang ditandai oleh asimetri informasi, opasitas valuasi, dan pengabaian limbah organik dapat diatasi secara komprehensif melalui rekayasa sistem informasi yang berlandaskan nilai-nilai *Maqashid Syariah*. Melalui pendekatan *Design Science Research Methodology* (DSRM), studi ini menghasilkan artefak berupa platform digital terintegrasi bernama SiRKAH (*Sistem Rekayasa Komunal Bank Sampah Berbasis Syariah*). Platform ini berhasil menerjemahkan prinsip-prinsip etis Islam ke dalam spesifikasi teknis yang konkret dan terukur. Penerapan protokol akad digital dan *immutable ledger* terbukti efektif sebagai instrumen mitigasi *gharar*, yang dikonfirmasi oleh tingkat validitas pakar yang tinggi (S-CVI = 0,939). Secara operasional, sistem ini mampu mengurangi durasi transaksi hingga 94,2%, menghilangkan seluruh kesalahan pencatatan dan perselisihan saldo (100%), serta meningkatkan partisipasi nasabah aktif sebesar 46,4% selama periode uji coba.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan dua kelompok kontribusi utama:

Kontribusi Teoritis:

- Memperkenalkan konsep "Arsitektur Sistem Bebas-Gharar" sebagai pendekatan baru dalam perancangan sistem informasi yang mengintegrasikan prinsip transparansi Islam ke dalam spesifikasi teknis algoritmik.
- Membuktikan bahwa nilai-nilai Islam khususnya *Hifzh al-Biah* dan *Hifzh al-Mal* dapat berfungsi sebagai faktor pendorong penerimaan teknologi yang efektif di komunitas Muslim, sekaligus memperluas perspektif literatur Green IS yang selama ini bersifat tekno-sentris.
- Mengusulkan "Kerangka DSRM-Syariah" sebagai model pengembangan artefak sistem informasi yang menempatkan etika agama sebagai persyaratan inti (*core requirements*) sejak awal proses perancangan.

Kontribusi Praktis:

- Menyediakan model platform digital yang siap diadopsi oleh pengelola bank sampah komunal untuk meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan kepercayaan publik.
- Menawarkan kerangka standardisasi bagi pemerintah daerah dalam mengembangkan sistem digital pengelolaan sampah berbasis data yang dapat mendukung kebijakan lingkungan berbasis bukti.
- Membuktikan bahwa integrasi nilai syariah dalam sistem teknologi bukan hambatan, melainkan justru katalis yang mempercepat adopsi dan partisipasi masyarakat.

Meskipun demikian, penelitian ini masih terbatas pada skala uji coba di satu wilayah kabupaten dan belum mengakomodasi mekanisme pencairan tabungan secara digital. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk: (a) menguji efektivitas platform secara jangka panjang melalui studi multi-lokasi dengan karakteristik demografis yang beragam; serta (b) mengembangkan integrasi dengan layanan perbankan terbuka (*open banking*) agar SiRKAH dapat berkembang menjadi instrumen inklusi keuangan sirkular yang beroperasi secara penuh di tingkat nasional.

LAMPIRAN

Lampiran, jika diperlukan dapat ditampilkan sebelum Ucapan terima kasih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih juga merupakan bagian

yang tidak wajib ada. Jika ada pihak luar yang terlibat di dalam pembuatan artikel ini, maka dapat dituliskan pada bagian ini.

REFERENSI

- [1] U. N. Environment, “Global Waste Management Outlook 2024 | UNEP - UN Environment Programme.” Diakses: 30 Maret 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>
- [2] Kementerian PPN/Bappenas, “Peta Jalan dan Rencana Aksi Nasional Ekonomi Sirkular Indonesia 2025–2045,” Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Jakarta, 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2024/07/RAN-ES-2025-2045.pdf>
- [3] “SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional.” Diakses: 15 April 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- [4] Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Timur, “Kabupaten Lombok Timur Dalam Angka 2024,” BPS Kabupaten Lombok Timur, Selong, 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://lomboktimurkab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/fd47edc0d6206b8e38548962/kabupaten-lombok-timur-dalam-angka-2024.html>
- [5] W. Wahyudin dan A. R. Dwinanda, “Perencanaan Perluasan TPA Ijobalit Kabupaten Lombok Timur Dengan Sistem Controlled Landfill,” *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 16, no. 2, 2024, doi: 10.33005/envirotek.v16i2.348.
- [6] F. B. Awino dan S. E. Apitz, “Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review,” *Integrated Environmental Assessment and Management*, vol. 20, no. 1, hlm. 9–35, Jan 2024, doi: 10.1002/ieam.4774.
- [7] J. E. Aryansah, A. Alfitri, S. P. Prabujaya, M. Y. Abror, dan A. Kholek, “Sosialisasi Dan Pendampingan Pembentukan Bank Sampah Dengan Menggunakan Modal Sosial Masyarakat Untuk Menciptakan Desa Bersih Dan Sehat Di Desa Burai Kecamatan Tanjung Batu Kabupaten Ogan Ilir,” *SWARNA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 3, hlm. 296–304, Nov 2022, doi: 10.55681/swarna.v1i3.126.
- [8] A. Muhardono, D. Susilo, N. R. S. Fitri, dan M. Khasanah, “Sistem Informasi Bank Sampah Berbasis Web untuk Manajemen Pengelolaan Sampah di Desa Sumurjomblangbogo Kabupaten Pekalongan,” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 4, hlm. 1540–1549, Okt 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3248.
- [9] A. Ahdiat, “41% Sampah Indonesia Berupa Sisa Makanan.” Diakses: 15 April 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://databoks.katadata.co.id/lingkungan/statistik/53d874fcaa95041/41-sampah-indonesia-berupa-sisa-makanan>
- [10] I. Rachman, N. Komalasari, dan I. Hutagalung, “Community Participation on Waste Bank to Facilitate Sustainable Solid Waste Management In a Village,” *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, vol. 4, no. 2, hlm. 327–345, Des 2021, doi: 10.7454/jessd.v4i2.1123.
- [11] J. Shadiq, H. S. Yudianto, D. I. Putri, F. Mantovani, dan P. Teja, “Implementasi Sistem Timbangan Sampah Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional Bank Sampah,” *INFORMATICS FOR EDUCATORS AND PROFESSIONAL: Journal of Informatics*, vol. 10, no. 2, hlm. 50–58, Desember 2025, doi: <https://doi.org/10.51211/itbi.v10i2.3793>.
- [12] Y. A. Fatimah, K. Govindan, R. Murniningsih, dan A. Setiawan, “Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 269, hlm. 122263, Okt 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122263.
- [13] V. Tundjungsari, B. P. D. Putranto, M. B. Ulum, dan N. Anwar, “An integrated model for circular waste management using the internet of things, semantic web, and gamification (Circonomy): Case study in Indonesia,” *JMIR Serious Games*, vol. 13, no. 1, hlm. e66781, 2025.
- [14] P. Sukmasetya dan P. Dwihantoro, “Pemanfaatan Pendekatan User-Centered Design dan Komunikasi Pembangunan dalam Pengembangan Aplikasi Clean Earth untuk Pengelolaan Sampah Cerdas,” *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi (JISI)*, vol. 4, no. 2, hlm. 136–144, 2025.
- [15] S. M. Ghazanfar dan A. A. Islahi, “Economic Thought of an Arab Scholastic: Abu Hamid Al-Ghazali (A.H. 450–505/A.D. 1058–1111),” *History of Political Economy*, vol. 22, no. 2, hlm. 381–403, Jun 1990, doi: 10.1215/00182702-22-2-381.
- [16] Isman, S. Hidayat, I. Rosyadi, M. S. Firman, dan N. A. Sholehah, “Empirical Legal Research based on Jasser Auda’s Maqashid Syariah Theory,” *al-Afkar, Journal For Islamic Studies*, vol. 6, no. 4, hlm. 14–29, Agu 2023, doi: 10.31943/afkarjournal.v6i4.730.
- [17] I. Sari, Nurhayati, dan Y. S. J. Nasution, “Smart Sukuk: Model Blockchain Untuk Meningkatkan Transparansi Dan Mengurangi Gharar,” *AL-MIKRAJ Jurnal Studi Islam dan Humaniora*, vol. 6, no. 1, hlm. 1306–1315, Des 2025, doi: 10.37680/almikraj.v6i1.8578.
- [18] R. L. P. Kushwaha, “AI-Enhanced Blockchain Frameworks For Circular Economy: Driving Transparency In Waste Management And Resource Recovery,” *International Journal of Environmental Sciences*, vol. 11, no. 24s, hlm. 31–40, 2025.
- [19] Z. Murti, Dharmawan, Siswanto, D. Soedjati, A. Barkah, dan P. Rahardjo, “Review of the Circular Economy of Plastic Waste in Various Countries and Potential Applications in Indonesia,” *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 1098, no. 1, hlm. 012014, Okt 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1098/1/012014.

- [20] A. Bathaei, B. Bahramimianrood, dan S. R. Awang, "Blockchain-enabled circular economy: Rethinking waste management in global manufacturing," *Transformations and Sustainability*, vol. 1, no. 2, hlm. 118–131, Mei 2025, doi: 10.63775/1xwx6s13.
- [21] H. Herdiansyah, B. L. Gustiawati, dan E. Frimawaty, "Digital-based Plastic Waste Collection System in the Context of Sustainable Development Goals," *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, vol. 13, no. 3, hlm. 17–28, Des 2025, doi: 10.14710/jwl.13.3.17-28.
- [22] S. R. Seyyedi, E. Kowsari, M. Gheibi, A. Chinnappan, dan S. Ramakrishna, "A comprehensive review integration of digitalization and circular economy in waste management by adopting artificial intelligence approaches: Towards a simulation model," *Journal of Cleaner Production*, vol. 460, hlm. 142584, Jul 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.142584.
- [23] A. Hevner dan S. Chatterjee, *Design Research in Information Systems: Theory and Practice*, vol. 22. dalam Integrated Series in Information Systems, vol. 22. Boston, MA: Springer US, 2010. doi: 10.1007/978-1-4419-5653-8.
- [24] N. Hakim, M. R. Pairan, dan M. I. Zakaria, "Step-By-Step guide to calculating content validity index (CVI) for single constructs using excel," *Int J Res Innov Social Sci*, vol. 9, no. 3, hlm. 1717–26, 2025.
- [25] V. Braun dan V. Clarke, *Thematic Analysis: A Practical Guide*. SAGE, 2021.
- [26] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, "Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN): Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah Tingkat Nasional," SIPSN - KLHK. Diakses: 15 April 2026. [Daring]. Tersedia pada: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- [27] A. Farikhin dan H. Mulyasari, "Gharar, Fraud and Dispute in Islamic Business Transaction an Islamic Law Perspectives," *International Economic and Finance Review*, vol. 1, no. 2, hlm. 40–53, Sep 2022, doi: 10.56897/iefr.v1i2.18.
- [28] Direktorat Statistik Ketahanan Sosial, *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2022.
- [29] R. R. A. Fitriah dan F. Prameswari, "Kemaslahatan Green economy dalam perspektif Maqashid Syariah pada Viernamo Ecoprint UMKM Griya Busana Racel Kota Samarinda," *Jurnal Oportunitas: Ekonomi Pembangunan*, vol. 4, no. 2, hlm. 181–189, Agu 2025, doi: 10.29303/oportunitas.v4i2.2163.
- [30] R. E. K. Wardani, "The Implementation of Blockchain-Based Smart Contracts in Islamic Finance: Opportunities and Challenges," *Dalwa Islamic Economic Studies: Jurnal Ekonomi Syariah*, vol. 4, no. 2, hlm. 130–152, Des 2025, doi: 10.38073/dies.v4i2.3760.