

Periode : Semester Ganjil / Genap

Tahun : 2024

Skema Penelitian : Penelitian Mandiri

Tema RIP Penelitian : Enterprise System

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MANDIRI

Kerangka Kerja Blockchain Berbasis Smart Contract untuk Ketertelusuran, Integrasi dan Transparansi Halal



PENGUSUL

Ketua: Ir. Munawar., MMSI., M.Com., PhD (0324066901)

Anggota : Arif Mugiyono, S.Kom, M. Cs

**Fakultas Ilmu Komputer
Teknik Informatika
Universitas Esa Unggul
2024**

**Lembar Pengesahan Laporan Akhir
Program Penelitian
Universitas Esa Unggul**

1. Judul Kegiatan Penelitian : KERANGKA KERJA BLOCKCHAIN BERBASIS SMART CONTRACT UNTUK KETERTELUSSURAN, INTEGRASIDAN TRANSPARANSI HALAL
2. Nama Mitra Sasaran :
3. Ketua Tim
- a. Nama Lengkap : MUNAWAR, S.TP, MM, Ph.D.
- b. NIDN : 0324066901
- c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala (400)
- d. Fakultas/ Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer/ Fasilkom/Program Studi Magister Ilmu Komputer
- e. Bidang Keahlian :
- f. Nomor Telepon/ HP : 08128100435
- g. Email : munawar@esaunggul.ac.id
4. Jumlah Anggota Dosen : -
5. Jumlah Anggota Mahasiswa : -
6. Lokasi Kegiatan Mitra
- Alamat
- Kabupaten/ Kota
- Provinsi
7. Periode/ Waktu Kegiatan : 1 Februari 2024 s/d 2 Agustus 2024
8. Luaran yang Dihasilkan : Jurnal Internasional Bereputasi dan Berfaktor Dampak (Q2)
9. Usulan/ Realisasi Anggaran
- a. Dana Mandiri :
- b. Sumber Dana Lain (1) :

Jakarta, 19 Juni 2024

Ketua Peneliti,



(MUNAWAR, S.TP, MM, Ph.D.)

NIDN/K. 0324066901

Menyetujui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



(Dr. VITRI TUNDJUNGSAARI, ST., M.Sc.,
M.M)

NIP/NIK. 222010872

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Masyarakat Universitas Esa Unggul

(LARAS SITOAYU, S.Gz, M.K.M)

NIK. 215080596

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Daftar Isi	iii
Ringkasan.....	iv
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Kebaruan	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Luaran Penelitian.....	3
Bab 2. Renstra dan Peta Jalan Penelitian Fakultas Ilmu Komputer.....	4
2.1. Renstra Fakultas Ilmu Komputer.....	4
2.2. Peta Rencana Penelitian.....	6
Bab 3. Tinjauan Pustaka	7
3.1. Blockchain	7
3.2. Smart Contract.....	7
3.3. Standar Halal Global	7
3.4. Penelitian Sebelumnya dan Perbedaanya dengan Usulan	10
Bab 4. Metode Penelitian.....	11
Bab 5. Hasil dan Pembahasan.....	12
5.1. Kebutuhan Blockchain dalam Proses Sertifikasi Halal	12
5.2. Kerangka Usulan Blockchain Berbasis Kontrak Cerdas untuk Ketertelusuran, Integritas dan Transparansi Halal	13
5.3. Arsitektur Sistem Usulan.....	14
Bab 6. Kesimpulan dan Saran	17
Daftar Pustaka	18

Kerangka Kerja Blockchain Berbasis Smart Contract untuk Ketertelusuran, Integrasi dan Transparansi Halal

Abstrak

Saat ini status kehalalan suatu produk hanya dapat ditentukan dari sertifikat halal atau label halal yang tertera pada kemasan produk. Faktanya hingga saat ini beberapa isu terkait halal seperti kontaminasi silang, pemalsuan halal, keberterimaan halal secara global dll terus bermunculan. Untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut diperlukan suatu kerangka kerja yang dapat mendukung ketentuan halal di seluruh dunia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan kerangka kerja blockchain berbasis kontrak pintar (*smart contract*) untuk transparansi halal, integritas, dan ketertelusuran.

Teknologi blockchain bersama dengan kontrak pintar dapat memecahkan masalah penelusuran klasik termasuk kebocoran data, manipulasi, dan data yang tidak terlihat. Konsistensi organisasi dalam proses produksi halal dan ketersediaan bahan baku yang mematuhi hukum syariah adalah dua tantangan mendasar dalam sertifikasi halal. Dengan memanfaatkan blockchain dan kontrak pintar, persoalan tersebut dapat terselesaikan. Masalah ketertelusuran yang biasa terjadi, seperti ledakan data, kontaminasi silang material antara halal dan haram, dan terungkapnya informasi pribadi, semuanya dapat diselesaikan dengan kontrak pintar yang dikombinasikan dengan on-chain, off-chain, dan EPCIS (electronic product code information Services)

Kata kunci: halal, EPCIS, off-chain, on-chain, smart contract, traceability

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Halal sekarang dianggap sebagai elemen ketaatan beragama dan standar hidup Muslim. Namun, berbagai kekhawatiran terkait halal terus muncul, seperti kontaminasi silang (Ahianindiasdri & Bergmans, 2021), masalah logistik, pemalsuan halal, dan sebagainya (Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020). Saat ini, status kehalalan suatu produk hanya dapat ditentukan oleh sertifikat halal atau label halal yang tertera pada kemasan produk.

Proses sertifikasi meliputi audit, kalibrasi, penilaian, pengujian, inspeksi, dan memeriksa suatu standar untuk menentukan apakah standar tersebut telah dipenuhi (ISO-IEC 17067). Absennya secara global standar halal yang diakui telah menghambat upaya untuk menjamin integritas produk halal (Tan et al., 2017). Sebagai akibatnya pencarian standar halal kelas dunia yang konsisten untuk memperkuat sertifikasi produk halal menjadi hal yang sangat penting (Lutfika et al., 2022).

Penelusuran halal dari hulu ke hilir merupakan langkah penting dalam memenuhi kriteria halal. Halal ketertelusuran harus memastikan bahwa bahan mentah, bahan penolong, dan peralatan yang digunakan memproduksi, memproses, dan mendistribusikan produk sesuai syariah. Sayangnya, terutama di Indonesia, hanya mereka yang melakukan audit halal yang memenuhi syarat untuk menyatakan suatu bahan halal. Transparansi semuanya unsur-unsur tersebut akan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap status kehalalan suatu produk (Baralla et al., 2020).

Karena kompleksitasnya, rantai pasokan halal rentan terhadap penipuan dan kontaminasi silang hal-hal yang dapat membahayakan keutuhan produk halal (Ahianindiasdri & Bergmans, 2021; Novianti et al., 2020). Tidak diterimanya sertifikasi halal satu sama lain dan tidak adanya standarisasi standar halal menambah masalah ketidakakuratan dan keaslian di sektor ini (Casino et al., 2019; Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020). Permasalahan ini menunjukkan bahwa prosedur sertifikasi halal perlu dilakukan standarisasi untuk meningkatkan ketertelusuran, transparansi, dan integritas rantai pasokan halal.

Dengan diperkenalkannya teknologi blockchain ini, kesulitan-kesulitan modern terkait kepatuhan halal dapat diatasi dan diperbaiki (Tieman & Darun, 2017). Pengguna akhir dapat secara transparan mengetahui dan menelusuri kepatuhan halal suatu produk melalui sistem blockchain (Sander et al., 2018). Blockchain menyediakan fitur ketertelusuran yang diperlukan dalam rantai pasok halal dengan memungkinkan pelanggan memverifikasi integritas item,

meningkatkan tingkat kepercayaan, dan meningkatkan efisiensi proses (Ahianindiasdri & Bergmans, 2021) melalui kontrak pintar (Munawar, 2022). Perpaduan teknologi blockchain dan kontrak pintar dapat membantu ketertelusuran, transparansi, dan integritas untuk menjamin kepercayaan, reputasi, dan orisinalitas rantai pasokan halal suatu produk. Hal ini dimungkinkan dalam domain rekayasa perangkat lunak berorientasi blockchain (BOSE) (Faruk et al., 2022). BOSE adalah konsep yang menggunakan prinsip-prinsip rekayasa perangkat lunak untuk menciptakan sistem yang lebih metodis, terkendali, dan pendekatan kuantitatif untuk pengembangan perangkat lunak berbasis blockchain.

Penelitian ini memberikan kerangka konseptual untuk keterlacakan, integritas, dan transparansi halal berdasarkan blockchain dan kontrak pintar dalam bingkai rekayasa perangkat lunak untuk meningkatkan rantai pasok halal dan daging. Penelitian ini menggunakan kontrak pintar berbasis blockchain, standar halal global, dan layanan informasi elektronik kode produk (EPCIS) untuk mengatasi gangguan ledakan data dan menghindari pengungkapan informasi konfidensial sambil memastikan ketertelusuran, integritas, dan transparansi (Lin et al., 2019). Diharapkan hal ini akan meningkatkan kepercayaan pelanggan Muslim terhadap status kehalalan produk serta keberterimaannya di berbagai halal lembaga sertifikasi dunia.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Identifikasi persoalan-persolan seputar sertifikasi halal seperti kontaminasi halal, penelusuran halal dan pemalsuan halal
- Mempelajari standar halal global dari berbagai negara
- Mempelajari berbagai tool untuk penelusuran, transparansi dan integrasi berbasis blockchain
- Membuat analisis kebutuhan sertifikasi halal berbasis blockchain yang mengakomodir berbagai standar halal yang umum berlaku di berbagai negara
- Membangun kerangka kerja blockchain berbasis smart contract untuk ketertelusuran, integrasi dan transparansi halal

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Agar keberterimaan halal bisa berlaku global, perlu kiranya harmonisasi berbagai standar halal dari berbagai lembaga sertifikasi di berbagai negara. Untuk itu jika suatu standar diakui oleh minimal 2 lembaga sertifikasi baru akan diakomodir dalam kerangka kerja ini.

Sedangkan jika ada aturan yang tidak diatur oleh Lembaga sertifikasi lain, namun dalam aturan BPJPH ada, maka akan tetap digunakan aturan dari BPJPH.

Framework yang dikembangkan didasarkan kepada pola pembangunan perangkat lunak berbasis blockchain (BOSE) dengan tetap memperhatikan kemungkinan diintegrasikannya tool untuk penelusuran, integrasi dan transparansi.

1.4. Kebaruan

Sebagai bidang yang terus berkembang, kerangka kerja sertifikasi halal berbasis blockchain ini memungkinkan untuk dikembangkan dan diintegrasikan ke berbagai industri maupun lembaga sertifikasi. Dengan demikian keberterimaannya bisa mengcover wilayah yang lebih luas, tidak hanya terbatas di tingkat local Indonesia saja. Berikut adalah keberuan yang akan diwujudkan dalam penelitian ini:

- Harmonisasi berbagai standar halal
- Teknologi blockchain berbasis kontrak cerdas untuk penelusuran, transparansi dan integrasi

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bisa menjadi rekomendasi bagi BPJPH maupun LPH untuk menerapkan teknologi blockchain berbasis smart contract yang memungkinkan banyak pihak untuk berkontribusi dalam sebuah blok besar sistem penelusuran halal sesuai dengan peran dan tanggung jawabnya masing-masing.

1.7. Luaran Penelitian

Luaran (output) yang dihasilkan dari penelitian ini bisa dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Target Luaran

No	Jenis Luaran		Luaran	
			Tahun-1	Tahun-2
1	Publikasi Ilmiah	Internasional/ bereputasi	Submit Published	submit Published
		Conference		
		Jurnal		
		Nasional terakreditasi	-	-
		Buku		-
2	Kekayaan intelektual			
3	Model/ Purwarupa		TKT level 2	TKT Level 3

BAB II. RENSTRA DAN PETA JALAN PENELITIAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER

2.1. Renstra Fakultas Ilmu Komputer

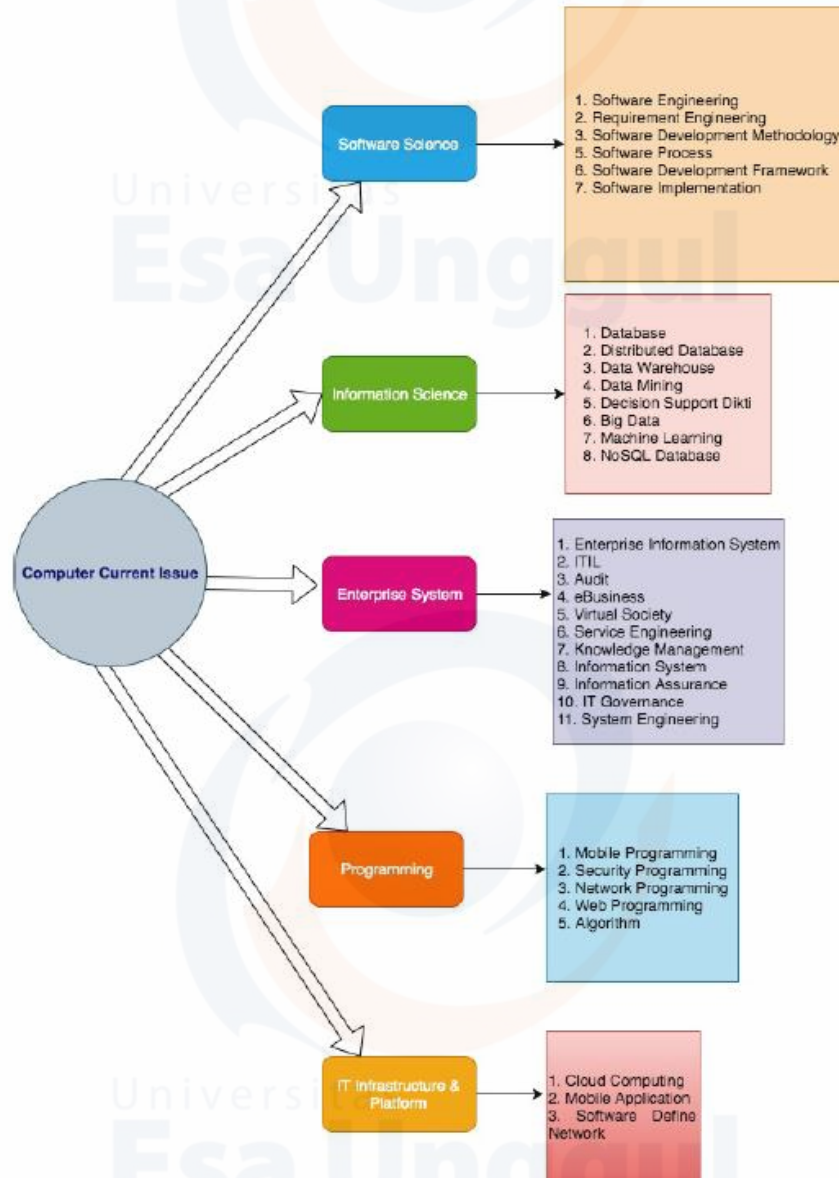
Roadmap Penelitian dan PkM Fasilkom-UEU meliputi topik-topik yang sesuai dengan bidang ilmu sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.1. Semua kegiatan penelitian dan PKM di Fasilkom-UEU adalah mengacu kepada topik yang memayunginya di tingkat kelompok studi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat merupakan implementasi hasil kegiatan penelitian. Kegiatan penelitian dan PkM merupakan satu paket yang tidak terpisahkan.

Rencana kegiatan penelitian di setiap kelompok studi didasarkan kepada beberapa kompetensi yang berbeda. Beberapa kelompok studi yang ada di Fasilkom-UEU mengadakan penelitian berbasis laboratorium, beberapa yang lain berbasis kelompok dosen. Payung Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat di Tingkat Fasilkom-UEU diuraikan seperti Nampak di Gambar 2.1. Sedangkan rencana kerja dan tahapan penelitian Fakultas Ilmu Komputer tersaji di Tabel 2.1.

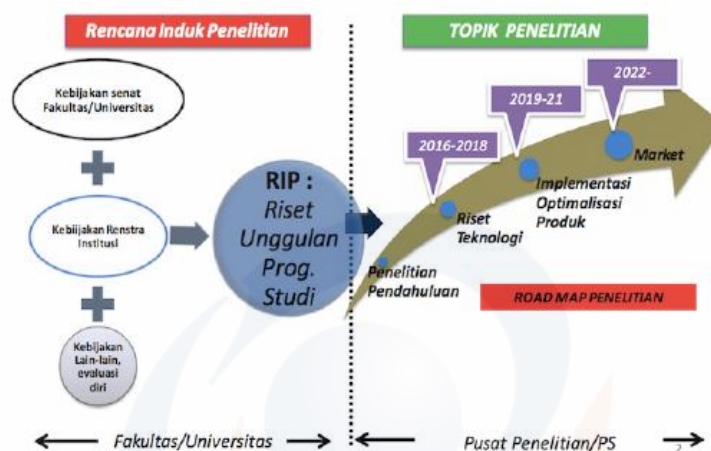
Tabel 2.1. Rencana kerja dan tahapan penelitian Fakultas Ilmu Komputer

Road Map Penelitian								
Kluster	Tema	2017	2018	2019	2020	2021	Pelaksana	
Industri dan Masyarakat								
Technopreneurship								
Technopreneurship	Penelitian Desentralisasi	Software Science	Software Engineering, Requirement Engineering	Software Development Methodology	Software Process	Software Development Framework	Software Implementation	Fasilkom-UEU Semua kelompok, bidang studi, laboratorium dalam kegiatan mandiri maupun terpadu
	Penelitian Kompetitif Nasional	Information Science	Database, Distributed Database	Data Warehouse, Data Mining	Decision Support System, Big Data	Machine Learning	No SQL Database	
	Insinas	Enterprise System	Enterprise Information System	ITIL, Audit, eBusiness, Virtual Society	Service Engineering, Knowledge Management	Information System, Information Assurance	IT Governance, System Engineering	
	Pengabdian kepada Masyarakat	Programming	Mobile Programming	Security Programming	Network Programming	Web Programming	Algorithm	
	Penelitian Internal	IT Infrastructure & Platform	Cloud Computing	Mobile Application	Software Define Network			
Dosen Aktif dan Mahasiswa Fasilkom-UEU								

Dengan melihat konsentrasi penelitian ini kepada perkembangan teknologi informasi terkini, terlihat bahwa penelitian ini sejalan dengan road map, rencana kerja dan tahapan penelitian Fakultas Ilmu Komputer.



Gambar 2.1. Road Map Penelitian Fakultas Ilmu Komputer



Gambar 2.2. Hubungan antara RIP dengan roadmap penelitian

2.2 Peta Rencana Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan berlangsung selama 2 tahun, dimana pada tahun pertama akan difokuskan untuk pembuatan framework blockchain berbasis kontrak pintar yang diintegrasikan dengan EPCIS untuk penelusuran, integrasi dan transparansi halal. Sedangkan di tahun kedua lebih difokuskan ke Pembangunan (development) aplikasi blockchain halal. Peta penelitian ini secara lebih terinci ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Road Map Usulan Penelitian

<p style="text-align: center;">Tahun 1 TKT level 2</p>	<p style="text-align: center;">Tahun 2 TKT level 3</p>
<p>Kajian tentang tantangan menghindari kontaminasi haram, penelusuran halal, pemalsuan halal serta mencari harmonisasi standar halal agar bisa diterima secara global.</p>	<p>Kajian tentang aplikasi blockchain berbasis kontrak pintar yang diintegrasikan dengan EPCIS</p>
<p>Program Utama:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studi literature tentang haram contamination, halal traceability, counterfeiting dan halal standard global • Pengkajian tentang off-chain, on-chain dan smart contract dalam kerangka BOSE (blockchain oriented software engineering) dan tool yang bisa diintegrasikan ke blockchain untuk mempermudah penelusuran dan integrasi serta transparansi <p>Sumber Data : sekunder</p> <p>Analisis Data : induktif deskriptif</p>	<p>Program Utama:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studi literature tentang bahasa pemrograman blockchain yang bisa diintegrasikan tool penelusuran dan integrasi serta transparansi. • Pembangunan aplikasi sertifikasi halal berbasis blockchain, smart contract dan EPCIS

BAB III. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Blockchain

Blockchain adalah transaksi ekonomi di buku besar yang terdistribusi yang transparan sehingga tidak dapat di korupsi. Yang menjadi keunikan teknologi ini adalah tidak diperlukannya pihak ketiga untuk transaksi sehingga transaksi menjadi lebih transparan. Cara kerja blockchain ini disebut sistem yang terdesentralisasi, buku besar yang terdistribusi dan menghilangkan peran pihak ketiga (Crosby et al., 2016)

Teknologi *blockchain* merupakan pola aplikasi baru yang menggabungkan penyimpanan data terdistribusi, jaringan *peer-to-peer*, mekanisme konsensus, algoritma enkripsi, dan teknologi lainnya. Melalui teknologi *blockchain* dapat dikembangkan mekanisme konsensus untuk tata kelola dan pengoperasian bersama. Dengan teknologi *blockchain*, status sistem dapat diverifikasi dan dapat mencegah dari kehilangan data. Integritas data dapat dijamin tanpa harus memiliki perantara terpusat (Srivastava et al., 2018)

3.2. Smart Contract

Perbedaan karakteristik antara *smart contract* dan kontrak tradisional belum sepenuhnya dapat diantisipasi oleh hukum yang berlaku. Disinilah urgensinya pembaharuan fiqih dan hukum di era *cyberspace*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa smart contract telah memenuhi asas-asas dalam perjanjian/ akad sesuai dengan hukum Islam (Munawar, 2022). Menurut UU ITE, smart contract dapat diartikan sebagai suatu perjanjian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1313 KUHPerdara, sebagai “suatu perbuatan dimana satu orang mengikatkan dirinya kepada satu orang atau lebih”. Meskipun penelitian tentang smart contract belum mencukupi, namun perlu dielaborasi dari perspektif hukum Indonesia. Beberapa catatan penting terkait dengan smart contract agar tidak melanggar ketentuan hukum Islam (Munawar, 2022) yaitu: urutan proses dalam smart contract harus dipastikan sesuai dengan ketentuan, obyek yang ditransaksikan harus halal, para pelakunya sudah memenuhi ketentuan hukum Islam, harga (jika ada) tidak boleh berfluktuasi selama periode masa kontrak. Adapun para pihak yang terlibat boleh bertambah seiring dengan berlalunya waktu, selama masih dalam periode kontrak yang sudah ditentukan.

3.3. Standard Halal Global

Untuk memenuhi berbagai permintaan pelanggan dan menjamin ketertelusuran, integritas, dan transparansi produk halal di pasar internasional, penerapan persyaratan dan standar halal sangat penting. Istilah persyaratan halal mengacu pada beberapa elemen berbeda

yang berkaitan dengan persiapan, pembuatan, dan sertifikasi barang. Spesifikasi ini diperlukan untuk menjamin bahwa barang tersebut mematuhi peraturan dalam Islam.

Persyaratan halal untuk sertifikasi halal di berbagai negara memiliki standar dan protokolnya sendiri. Perlu metode analisis komparatif untuk memetakan kesamaan antara standar halal di berbagai negara. Hal ini memerlukan studi literatur tentang standar halal internasional dan menentukan standar halal mana yang dikutip oleh Badan Sertifikasi Halal (HCB – halal certification body) di berbagai negara. Dasar usulan standar halal global dapat dibentuk dengan menggunakan analisis komparatif guna menemukan klausul dan kesamaan di antara berbagai standar halal.

Sertifikasi halal dari lembaga halal yang sudah dikenal sangat penting untuk mengetahui apakah standar halal tersebut telah dipenuhi atau belum. Setidaknya ada pengakuan dari dua standar halal agar bisa diusulkan sebagai standar global. Hanya saja jika ada ketentuan dari sistem jaminan halal MUI (HAS 23000) namun tidak ditemukan pada standar halal yang lain, maka akan digunakan standar HAS 23000. Lebih detailnya standar halal global usulan bisa dilihat pada Tabel 1, yang merupakan turunan dari ketentuan standar tersebut.

Tabel 3.1. Standar halal global (dimofifikasi dari (Lutfika et al., 2022))

Aspect	Halal Standard	Notes
Material		
Origin of material	Products must not be produced from haram, toxic, intoxicating, or harmful materials.	Global
Halal materials	The halalness of plants, halal animals (e.g., aquatic animals), and animals slaughtered according to Islamic law, etc	Global
Haram materials	The <i>haramness</i> of materials from pork, <i>khamr</i> , blood, carrion, animals that are not slaughtered according to Islamic law, etc	Global
Alcohol	Alcohol should not come from the <i>khamr</i> industry (alcoholic beverage industry)	Global
GMO material	GMO (Genetically modified organism) genes must not derive from <i>haram</i> materials	Global
Packaging material	Packaging material shall not be made from <i>haram</i> and hazardous materials.	Global
Material document	Materials must be supported by the material document that proves the halalness of material, except for non-critical materials.	Global
Material change procedure	HCB must approve the change of material before use to ensure the halalness of the new material.	HAS
Incoming material inspection procedure	There must be an inspection of the incoming or purchased material to ensure conformity with HCB's approved materials, which includes checking the material's name, the producer's name, and the country of origin.	HAS
Product		
Product name	Product name must not lead to <i>haram</i> products	Global
Sensory profile	Sensory profile of product should not lead to <i>haram</i> products	HAS
Packaging design/label	Stipulate the halal logo on the label (not mandatory)	Global
Brand of retail product	For retail products, all products with the same brand that are claimed as the halal product must be registered (not mandatory)	HAS
Traceability	Must ensure the traceability of certified products to ensure the certified products are made from approved materials in facilities that are free from <i>najis</i> . Traceability also includes material coding and repackaged/ relabeled materials.	HAS
Handling of non-halal product	Non-halal products must not be sold to consumers who require halal products and must be withdrawn if already sold.	HAS
Legal aspect	Products must comply with legislation	Global
Product testing	Testing of <i>haram</i> substances (such as ethanol and pork) for a particular product	Global
Facility		

Scope of facility	Production, storage, transportation, and serving equipment	Global
Production facility	Must be free from <i>najis</i> contamination.	Global
	Meet hygiene & sanitation requirements.	Global
	The halal facilities may be used interchangeably with the haram product on the condition that the haram product is pork-free and washing is conducted before halal production.	HAS
Production	Products are produced using halal materials and equipment that are free from contamination of <i>najis</i> .	Global
Storage and transportation	The halal facility may be used together with <i>haram</i> products but must ensure that there is no contamination of materials/ products by <i>najis</i> materials.	HAS
Display and serving	Facilities are only dedicated to halal products and are free from <i>najis</i> contamination.	Global
Converting non-halal facilities into halal facilities	Convert the facilities contaminated by pork through heavy <i>najis</i> washing before halal production. After washing, it can no longer be used to produce haram products.	Global

Jika suatu produk memenuhi persyaratan berikut, maka dapat dikategorikan halal berdasarkan ketentuan pada Tabel 3.1 dimana i) tidak mengandung bahan-bahan yang diharamkan menurut syariah, ii) pada saat produksi, pengiriman dan penyimpanan, bahan halal dan non halal tidak pernah bersentuhan, iii) bahan halal harus digunakan di semua bangunan, ruang penyimpanan, dan pengemasan. Kecuali ditentukan lain dalam larangan (seperti alkohol, darah, babi, dan penyembelihan yang melanggar hukum syariah) semua makanan dianggap halal (Bonne & Verbeke, 2008) (Ceranic & Bozinovic, 2009) (Soon et al., 2017) (Halim & Salleh, 2012).

Saat mengajukan permohonan sertifikasi halal, organisasi sertifikasi halal yang berwenang harus memverifikasi informasi. Produk, fasilitas manufaktur, bahan tambahan, bahan baku, sistem jaminan halal, dan semua dokumentasi halal yang tercantum dalam Tabel 3.2 semuanya akan diverifikasi oleh organisasi ini. Hal ini untuk menghindari kemungkinan terjadinya kontaminasi silang antara produk halal dan haram, yang dapat terjadi di tahap mana pun di rantai pasokan halal. Status kehalalan suatu barang harus dipastikan dengan mempertimbangkan keseluruhan tahap rantai pasok, mulai dari pengadaan bahan mentah hingga titik distribusi, dan memastikan bahwa setiap tahapan sesuai dengan persyaratan halal dalam Islam (Latif et al., 2014).

Table 3.2. Verifikasi item halal (dimodifikasi dari (Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020))

No	Process	Verified Items
1	Suppliers	Halal raw materials
		Halal additive materials
		Halal packaging materials
2	Manufactures	Separated machines and equipment for halal and haram products
3	Warehouses	Strict segregation between halal and haram products
		Adequate contamination control with haram products
4	Transportation	The tanning/ <i>Samak</i> process is carried out after using trucks to transport non-halal meat.
		The separation between halal and haram meat
5	Wholesalers	The proper separation between halal and haram products

		Adequate contamination control with non-halal products
6	Slaughterhouse	The tanning/ Samak process is carried out after slaughtering non-halal meat.
		The separation between halal and haram meat
		Do certain rituals before slaughtering.
7	Distributors	The proper separation between halal and non-halal products
		Adequate contamination control with non-Halal products
8	Retailers	The proper separation between halal and haram products
		Adequate contamination control with non-halal products
9	LPH (Halal Supervisory Agency)	Halal raw materials
		Halal additive materials
		Halal packaging materials
		Halal List of Product Names
		Product processing documents
		HAS (Halal Assurance System) document
		List of employees and their competence to HAS
10	BPJPH (Halal Certification Body)	List of recognized halal certification bodies (HCB)
		Country of origin of the product
		List of <i>madhab</i> followed related to halal practices or halal standards used.
		Halal certificate validity period
		Halal certification body that recognizes the product

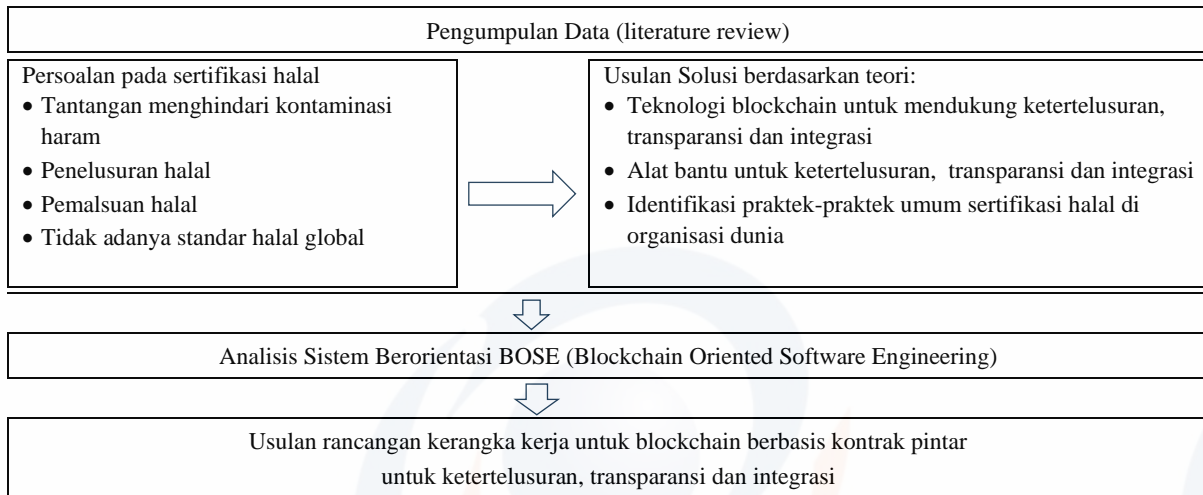
3.6. Penelitian Sebelumnya dan Perbedaannya dengan Usulan

Tabel 3.3. Perbandingan Usulan dengan Penelitian Sebelumnya

	Usulan	Blockchain based traceability system (Alamsyah et al., 2022)	Blockchain technology in halal food product verification (Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020)
Penggunaan teknologi	Blockchain, smart contract, off-chain, on-chain	Blockchain, smart contract, off-chain, on-chain	Blockchain and smart contract
Standar halal yang diadopsi	Standar halal global dan SJH (sistem jaminan halal)	MUI	JAKIM's (Jabatan Kemajuan Islam Malaysia)
Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak	BOSE (blockchain oriented software engineering)	-	-
Dukungan alat bantu	EPCIS	IOT (internet of things)	-
Ruang lingkup	Konsumen, supplier, rumah potong hewan (RPH) pabrik, Gudang, distributor, pengecer, lembaga sertifikasi halal	RPH, lembaga halal, distributor, pengecer, konsumen	Konsumen, supplier, pabrik, transportasi, Gudang, grosir, distributor, pengecer

BAB IV. METODE PENELITIAN

Penggunaan teknologi mutakhir dalam proses pengembangan perangkat lunak untuk blockchain adalah proyek penelitian yang menantang. Banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam membangun blockchain halal yang dapat memenuhi kebutuhan halal dari hulu hingga hilir yang mudah dilacak, transparan, terintegrasi. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan secara singkat di bawah ini.



Gambar 4.1. Metode Penelitian

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kebutuhan Blockchain dalam Proses Sertifikasi Halal

Kontaminasi silang pada produk halal disebabkan oleh pengendalian bahan baku yang tidak memadai. Kepatuhan syariah dan asal suatu produk dapat dikonfirmasi menggunakan kontrak pintar halal berbasis blockchain (Chandra et al., 2019). Perekaman dan tampilan informasi secara real-time dimungkinkan dengan teknologi blockchain.

Transparansi, ketertelusuran, dan pembagian informasi menjadi lebih mudah di seluruh rantai pasokan halal dengan blockchain. Penyediaan produk halal dan penggabungan halal ke dalam semua tahapan proses—mulai dari pengadaan, transportasi, dan penyimpanan, hingga layanan pelanggan dan pengiriman—membentuk rantai pasokan halal (Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020).

Ledakan data, transfer kepercayaan, dan pengungkapan informasi sensitif adalah beberapa elemen penting dari keterlacakan sistem pada blockchain yang perlu diperhatikan (Lin et al., 2019). Data di blockchain akan meledak, total biaya sistem akan meningkat, dan kinerja kueri dan manajemen data akan menurun seiring dengan peningkatan kemampuan penelusuran data.

Manajemen data kolaboratif untuk penanganan data on-chain dan off-chain diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut di atas (Lin et al., 2019). Penyimpanan off-chain, biasanya di server lokal atau cloud, menyimpan sebagian besar bukti proses interaksi dan beberapa data keterlacakan di luar blockchain. Dukungan operasional adalah tujuan utama data on-chain (misalnya, untuk meningkatkan ketergantungan informasi, menyediakan penemuan informasi, dan sebagainya). Masalah ledakan data dan pengungkapan privasi dapat diatasi dengan menerapkan model ini.

Tidak seperti pengembangan perangkat lunak tradisional, kontrak pintar berbasis blockchain bersifat permanen, dapat dipercaya, hanya dapat dimasukkan, dan terdesentralisasi (Sillaber et al., 2021). Oleh karena itu, salah satu teknik rekayasa perangkat lunak yang tersedia untuk rekayasa perangkat lunak berorientasi blockchain /BOSE (Faruk et al., 2022), harus dimodifikasi untuk mendapatkan kualitas unik blockchain dari prosedur rekayasa perangkat lunak tradisional. BOSE mengurangi dokumen dan catatan yang tidak dapat diubah dengan menggabungkan rekayasa perangkat lunak dan blockchain.

Kontrak pintar mengintegrasikan properti, fungsi, peristiwa, dan pengubah tanpa memerlukan perantara (Pranto et al., 2021). Peristiwa menandakan terjadinya pernyataan

tertentu, atribut mewakili variabel penyimpanan, fungsi mewakili pelaksanaan tugas, dan pengubah mewakili otoritas aktor. Ketika menyangkut masalah halal, ketentuan kontrak pintar yang telah ditentukan sebelumnya (seperti dimulainya penarikan produk, kebutuhan komunikasi internal dan eksternal, informasi tentang izin halal, dan sebagainya) memicu tindakan otomatis. Waktu yang diperlukan untuk mengatasi masalah halal dipersingkat dengan tindakan otomatis, sehingga mengurangi risiko reputasi (Tieman & Darun, 2017).

Teknologi Blockchain menjamin bahwa semua peserta dapat melihat seluruh informasi yang tersimpan dalam blockchain dan semua pemain seperti yang dijelaskan dalam kontrak pintar dapat berinteraksi secara adil, aman, dan transparan (Novianti et al., 2020). Untuk skalabilitas, kontrak ini dapat dihubungkan ke EPCIS (Electronic Product Code Information Services) (Wang et al., 2011). EPCIS dapat berbagi visibilitas peristiwa yang berkaitan dengan objek digital dan fisik. Ketertelusuran dan skalabilitas di EPCIS memerlukan penanganan empat peristiwa utama: ObjectEvent, AggregationEvent, QuantityEvent, dan TransactionEvent (Wang et al., 2011) Meskipun demikian, permasalahan manipulasi data dan pengambilan informasi pada sistem berbasis EPCIS masih memerlukan perhatian.

Solusi ketertelusuran berbasis blockchain yang terdistribusi mempunyai potensi untuk memitigasi kerentanan gangguan data tradisional. Namun, blockchain akan menghadapi sejumlah kesulitan dengan keterlacakan, termasuk ledakan data, transfer kepercayaan, dan masalah lainnya (Lin et al., 2019). Kontaminasi silang adalah masalah serius yang membahayakan integritas halal, seperti yang telah disebutkan sebelumnya (Ab Rashid & Bojei, 2020; Ahianindiasdri & Bergmans, 2021). Akibatnya, sistem ketertelusuran merupakan alat penting dalam industri pengolahan halal (Poniman et al., 2015).

5.2. Kerangka Usulan Blockchain berbasis Kontrak Cerdas untuk Ketertelusuran, Integritas, dan Transparansi Halal.

Tidak adanya standar halal internasional untuk pertukaran informasi antar lembaga sertifikasi halal merupakan salah satu kesenjangan besar (R et al., 2022). Hal ini menyebabkan kesenjangan informasi dan ketidaksesuaian dalam hal teknologi untuk integrasi dan pembagian data antar organisasi (Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020). Untuk mengatasi masalah ini, kontrak pintar halal yang mencakup prosedur standar yang diakui oleh beberapa lembaga sertifikasi halal mungkin bisa menjadi jawabannya.

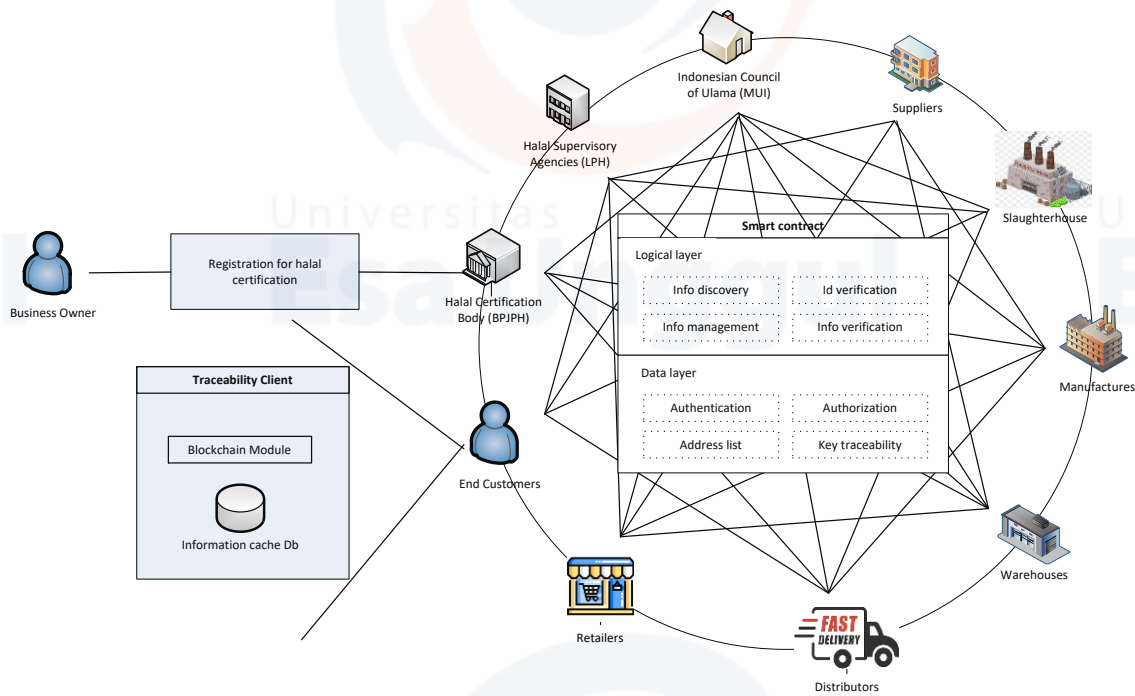
Kekhawatiran tentang ketertelusuran, integritas, dan transparansi dalam produk bersertifikat halal juga muncul dalam proses sertifikasi (Zainal Abidin & Putera Perdana, 2020).

Oleh karena itu, masih penting untuk memiliki sistem yang dapat menghentikan masalah ini. Masalah integritas dapat diselesaikan secara menyeluruh dengan menerapkan EPCIS. Melalui pelacakan dan penelusuran produk halal dengan pengidentifikasi unik, EPCIS menawarkan beberapa manfaat dalam hal ketertelusuran halal. Manfaat ini mencakup peningkatan komunikasi dan ekspor data selektif dengan memfasilitasi pertukaran informasi di antara mitra yang berbeda di seluruh jaringan rantai pasokan tanpa mengorbankan privasi dan keamanan (Chandra et al., 2019; Tieman & Darun, 2017). Namun, ada kekhawatiran mengenai keamanan dan privasi data yang disimpan dalam sistem EPCIS, karena akses ilegal terhadap data dalam teknologi ini dapat membahayakan integritas sistem pelacakan halal dan membahayakan kepercayaan konsumen terhadap legitimasi dan kehalalan produk yang ditawarkan (Novianti et al., 2020).

Teknik off-chain dan on-chain dapat digunakan untuk mengatasi kekurangan EPCIS. Untuk memastikan integritas data, solusi on-chain bermanfaat dalam menjaga catatan informasi tersebut transparan dan tidak dapat diubah (Tieman & Darun, 2017). Dengan memungkinkan pemangku kepentingan memantau produk halal sepanjang siklus hidupnya, solusi on-chain sangat membantu dalam meningkatkan ketertelusuran. Hal ini meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap rantai pasokan halal dan mendorong transparansi (Chandra et al., 2019). Solusi off-chain menawarkan lapisan validasi dan verifikasi tambahan, yang meningkatkan teknologi on-chain. Inspeksi fisik, sertifikasi, dan audit oleh badan pengatur dan lembaga sertifikasi halal, misalnya, merupakan proses off-chain yang penting yang mendukung integritas keseluruhan rantai pasokan halal (Hew et al., 2020).

5.3. Arsitektur Sistem Usulan

Blockchain kontrak pintar yang diusulkan dan arsitektur berbasis EPCIS mencakup server sertifikasi halal dan klien ketertelusuran. Server sertifikasi halal dibangun berdasarkan arsitektur EPCIS untuk mengumpulkan dan menangani informasi tentang ketertelusuran utama suatu produk. Sebaliknya, klien ketertelusuran halal dimaksudkan untuk mencari informasi produk halal mengenai bahan mentah, metode, dan hal lain yang berhubungan dengan kehalalan suatu produk. Gambar 5.2 menjelaskan secara singkat arsitektur yang diusulkan dari desain sistem.



Gambar 5.1. Arsitektur sistem penelusuran halal yang diusulkan

Server sertifikasi halal terdiri dari beberapa modul, yaitu sebagai berikut:

1. Modul untuk menangkap informasi ketertelusuran: Modul ini memperoleh informasi ketertelusuran penting terkait proses manufaktur, penyimpanan, dan sirkulasi produk dalam rantai pasokan halal. Hal ini dapat dilakukan secara manual atau dengan memasukkan data kejadian rinci dari siklus produk dalam rantai pasokan halal perusahaan.
2. Basis data informasi peristiwa: Fungsi utama basis data ini adalah untuk menyimpan dan memperbarui informasi yang terhubung ke modul penangkapan informasi ketertelusuran.
3. Modul ekstraksi informasi: Modul ini dibuat untuk mengambil data yang diperlukan dari database untuk informasi ketertelusuran. dan mempersiapkannya untuk diunggah ke blockchain.
4. Modul Blockchain: Fungsi utama modul ini adalah interaksi data, memungkinkan pengguna untuk menjadi node blockchain yang utuh atau ringan. Perbedaannya adalah apakah akan berpartisipasi dalam pemeliharaan blockchain atau tidak.
5. Modul untuk memverifikasi otoritas: Modul ini berperan untuk memeriksa identifikasi perusahaan untuk memastikan apakah ada pemohon yang mengajukan permintaan informasi acara dalam rantai pasokan halal.

Klien penelusuran halal terdiri dari dua komponen, yaitu sebagai berikut:

1. Modul Blockchain: Modul ini menangani koneksi sistem pelanggan dengan meminta dan mengonfirmasi informasi pada blockchain. Untuk mengurangi biaya pemeliharaan, node ini ringan.
2. Database cache informasi: database cache menyimpan dan melacak informasi kehalalan suatu produk tergantung permintaan pengguna.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berbagai kekhawatiran terkait halal, seperti kontaminasi silang, tantangan logistik, pemalsuan halal, penerimaan halal secara global, dan sebagainya, terus bermunculan. Diperkirakan bahwa kerangka kerja yang mendukung ketentuan halal global diperlukan untuk menangani banyak permasalahan yang disebutkan di atas. Proses produksi halal dan sumber bahan mentah yang sesuai dengan hukum syariah dapat diselesaikan dengan teknologi blockchain dan kontrak pintar.

Untuk mengatasi beberapa kendala dalam proses sertifikasi halal, seperti standardisasi, penerimaan dan pengakuan, transparansi, dan integritas, otoritas sertifikasi halal harus mengadopsi prosedur umum. Untuk mencapai hasil optimal terkait ketertelusuran halal, transparansi, dan integritas, perpaduan kontrak cerdas, off-chain, on-chain, dan EPCIS dapat diterapkan. Transparansi dan kepatuhan halal adalah dua bidang dimana EPCIS sangat membantu. Ketertelusuran dan integritas halal ditingkatkan dengan penggunaan kontrak pintar. Sementara itu, data sensitif diungkapkan kepada pihak yang tidak disetujui dan lebih sedikit data yang disimpan di blockchain berkat teknologi off-chain dan on-chain.

Masih diperlukan lebih banyak penelitian untuk menerapkan kerangka kerja yang direkomendasikan dalam salah satu bahasa pemrograman yang sesuai. Oleh karena itu, diperlukan bantuan dan kolaborasi dari seluruh pemangku kepentingan terkait untuk sertifikasi halal. Tujuannya adalah untuk meningkatkan penerimaan di berbagai badan sertifikasi halal global.

Daftar Pustaka

- Ab Rashid, N., & Bojei, J. (2020). The relationship between halal traceability system adoption and environmental factors on halal food supply chain integrity in Malaysia. *Journal of Islamic Marketing*, 11(1), 117–142. <https://doi.org/10.1108/JIMA-01-2018-0016>
- Ahianindiasdri, A., & Bergmans, S. B. (2021). Blockchain Technology As a Solution of Integration Issue in Halal Food Supply Chain. *Diponegoro Journal of Accounting*, 10, 1–15. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/accounting>
- Alamsyah, A., Hakim, N., & Hendayani, R. (2022). Blockchain-Based Traceability System to Support the Indonesian Halal Supply Chain Ecosystem. *Economies*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/economies10060134>
- Baralla, G., Pinna, A., Tonelli, R., Marchesi, M., & Ibba, S. (2020). Ensuring transparency and traceability of food local products: A blockchain application to a Smart Tourism Region. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 33(1), 1–18. <https://doi.org/10.1002/cpe.5857>
- Bonne, K., & Verbeke, W. (2008). Religious values informing halal meat production and the control and delivery of halal credence quality. *Agriculture and Human Values*, 25(1), 35–47. <https://doi.org/10.1007/s10460-007-9076-y>
- Casino, F., Kanakaris, V., Dasaklis, T. K., Moschuris, S., & Rachaniotis, N. P. (2019). Modeling food supply chain traceability based on blockchain technology. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 2728–2733. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.620>
- Ceranic, S., & Bozinovic, N. (2009). Possibilities and significance of has implementation (Halal assurance system) in existing quality system in food industry. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(3–4), 261–266. <https://doi.org/10.2298/bah0904261c>
- Chandra, G. R., Liaqat, I. A., & Sharma, B. (2019). Blockchain Redefining: The Halal Food Sector. *Proceedings - 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence, AICAI 2019, March 2021*, 349–354. <https://doi.org/10.1109/AICAI.2019.8701321>
- Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, June(2), 6–19. <https://doi.org/10.15358/0935-0381-2015-4-5-222>
- Faruk, M. J. H., Subramanian, S., Shahriar, H., Valero, M., Li, X., & Tasnim, M. (2022). Software Engineering Process and Methodology in Blockchain-Oriented Software Development: A Systematic Study. *2022 IEEE/ACIS 20th International Conference on*

- Software Engineering Research, Management and Applications, SERA 2022*, 120–127.
<https://doi.org/10.1109/SERA54885.2022.9806817>
- Halim, M. A. A., & Salleh, M. M. M. (2012). The possibility of uniformity on Halal standards in organization of Islamic Countries (OIC) country. *World Applied Sciences Journal*, 17(SPL.ISS1), 6–10.
- Hew, J. J., Wong, L. W., Tan, G. W. H., Ooi, K. B., & ... (2020). The blockchain-based Halal traceability systems: a hype or reality? ... *Chain Management: An ...*
<https://doi.org/10.1108/SCM-01-2020-0044>
- Latif, I. A., Mohamed, Z., Sharifuddin, J., Abdullah, A. M., & Ismail, M. M. (2014). A Comparative Analysis of Global Halal Certification Requirements. *Journal of Food Products Marketing*, 20(November 2014), 85–101.
<https://doi.org/10.1080/10454446.2014.921869>
- Lin, Q., Wang, H., Pei, X., & Wang, J. (2019). Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS. *IEEE Access*, 7, 20698–20707.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2897792>
- Lutfika, E., Kusnandar, F., & Hunaefi, D. (2022). Comparative Analysis and Harmonization of Global Halal Standards. *International Journal of Halal Research*, 4(1), 29–39.
- Munawar. (2022). The Legality of Smart Contract in the Perspectives of Indonesian Law and Islamic Law. *Al-Istinbath Jurnal Hukum Islam*, 7(1), 269–292.
- Novianti, D., Arkeman, Y., Almunawar, M. N., Haditjaroko, L., & Ismayana, A. (2020). Designing a Transparent Distributed Systems for Halal Supply Chains Using Blockchain Technology. *Journal of Business and Economic Analysis*, 03(02), 151–170.
<https://doi.org/10.36924/sbe.2020.3204>
- Poniman, D., Purchase, S., & Sneddon, J. (2015). Traceability systems in the Western Australia halal food supply chain. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 27(2), 324–348. <https://doi.org/10.1108/APJML-05-2014-0082>
- Pranto, T. H., Noman, A. A., Mahmud, A., & Haque, A. B. (2021). Blockchain and smart contract for IoT enabled smart agriculture. *PeerJ Computer Science*, 7, 1–29.
<https://doi.org/10.7717/PEERJ-CS.407>
- R, T. N., A, M. I., & Anggoro, Y. (2022). Blockchain Technology Adoption, Benefit and Challenges for Halal Food Traceability. *Proceedings of the International Conference on Social, Economics, Business, and Education (ICSEBE 2021)*, 205(Icsebe 2021), 1–4.
<https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220107.001>
- Sander, F., Semeijn, J., & Mahr, D. (2018). The acceptance of blockchain technology in meat

- traceability and transparency. *British Food Journal*, 120(9), 2066–2079.
<https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2017-0365>
- Sillaber, C., Walzl, B., Treiblmaier, H., Gallersdörfer, U., & Felderer, M. (2021). Laying the foundation for smart contract development: an integrated engineering process model. *Information Systems and E-Business Management*, 19(3), 863–882.
<https://doi.org/10.1007/s10257-020-00465-5>
- Soon, J. M., Chandia, M., & Regenstein, J. Mac. (2017). Halal integrity in the food supply chain. *British Food Journal*, 119(1), 39–51. <https://doi.org/10.1108/BFJ-04-2016-0150>
- Srivastava, A., Bhattacharya, P., & Singh, A. (2018). *A Systematic Review on Evolution of Blockchain Generations. December.*
- Tan, K. H., Ali, M. H., Makhbul, Z. M., & Ismail, A. (2017). The impact of external integration on halal food integrity. *Supply Chain Management*, 22(2), 186–199.
<https://doi.org/10.1108/SCM-05-2016-0171>
- Tieman, M., & Darun, M. R. (2017). Leveraging blockchain technology for halal supply chains. *ICR Journal*. <https://platform.almanhal.com/Files/2/115790>
- Wang, R., Prives, S., Fischer, R., Salfer, M., & Gunthner, W. A. (2011). Data analysis and simulation of Auto-ID enabled food supply chains based on EPCIS standard. *IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL, August*, 58–63.
<https://doi.org/10.1109/ICAL.2011.6024684>
- Zainal Abidin, N., & Putera Perdana, F. F. (2020). A Proposed Conceptual Framework for Blockchain Technology in Halal Food Product Verification. *Journal of Halal Industry & Services*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.36877/jhis.a0000079>