



# Penerapan Smart Contract dalam Industri Konstruksi di Indonesia: Potensi dan Tantangan Hukum

Christianto Youstra Valentino<sup>1\*</sup>, Busyra Azheri<sup>2</sup>, Sri Oktavia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta, Indonesia

<sup>2,3</sup> Fakultas Hukum Universitas Andalas, Padang, Indonesia

\* Corresponding author's e-mail: [christ.tarigan@pu.go.id](mailto:christ.tarigan@pu.go.id)

## ARTICLE INFO

### Keywords :

Smart Contract; Industri Konstruksi ; Tantangan Hukum.

### How To Cite :

Valentino, C., Azheri, B., & Oktavia, S. (2023). Penerapan Smart Contract dalam Industri Konstruksi di Indonesia: Potensi dan Tantangan Hukum. *Nagari Law Review*, 7(1), 59-78.

### DOI :

10.25077/nalrev.v.7.i.1.p.59-78.2023

## ABSTRACT

Technological advancements in Indonesia's Construction have initiated a digital transformation in the sector. The necessity of incorporating automated systems in contract performance to meet future digital needs has become increasingly apparent. This paper presents to spearhead research into the possibility of the Indonesian construction industry adopting smart contracts. The chosen research approach is a qualitative scientific methodology involving a systematic review highlighting the benefits and obstacles associated with adopting smart contracts within the construction industry. Further data were collected from construction contract management experts through interview sessions. The findings reveal that the self-execution feature of smart contracts could better distribute risks within a contract. However, the study also uncovers substantial challenges in applying smart contracts, such as their immutability, irreversibility, and vulnerability to human errors. The study concludes that smart contracts are best suited for short-term contracts that do not require variations. Smart contracts could streamline contract management, reducing time and effectively addressing conflicts and disputes during the contract's lifespan. The devised implementation framework holds significance for construction professionals, particularly those involved in contract administration. Incorporating smart contracts into construction could enhance contract administration and management discipline by fostering investment in this emerging technology.

## 1. Introduction

*Smart Contract* merupakan mekanisme kontrak baru karena adanya teknologi baru yang muncul karena peluang dan manfaat yang ditawarkan, yaitu terciptanya inovasi yang membuat ketentuan yang disetujui oleh para pihak untuk mengatur hubungan mereka dijalankan secara otomatis oleh program komputer. *Smart contract* atau dikenal juga dengan *smart contract* , kontrak cerdas, kontrak yang dapat terlaksana dengan sendirinya, atau kontrak *blockchain*, Terminologi *Smart Contract* pertama kali dicetuskan oleh Nick Szabo seorang sarjana hukum, pakar kriptografi, dan juga ilmuwan komputer, Nick menggagas konsep ini pada tahun 1994<sup>1</sup>

*Smart contract* sebagaimana nama dari kontrak tersebut, merupakan smart contract berbentuk *digital* yang dirancang menggunakan teknologi modern, mengikuti perkembangan zaman yang berkembang pesat. Perpaduan antara kebutuhan manusia dengan teknologi canggih menghasilkan *smart contract*, sebagai sebuah "kontrak masa depan" sedangkan kontrak-kontrak yang lain dikenal juga dengan sebutan "kontrak tradisional" pasca kemunculan *smart contract*.

<sup>1</sup> Max Raskin, *The Law And Legality Of Smart Contracts*", Georgetown Law Technology Review, Vol 1:2, 2017, hlm. 320

Nick Szabo, selaku pencetus *smart contract* menyadari bahwa *ledger* atau yang disebut juga buku besar yang terdesentralisasi, atau dikenal juga dengan *blockchain*, dapat digunakan untuk *smart contract*. Dalam *blockchain* dikenal suatu susunan algoritma yang membentuk *smart contract*. Teknologi *Blockchain* sendiri merupakan platform desentralisasi atau *digital ledger*, dimana transaksi dapat terekam dan terintegrasi secara digital. Sistem ini tidak menggunakan pihak ketiga. Sederhananya, catatan transaksi-transaksi yang sudah terjadi, disimpan oleh lebih dari satu komputer sehingga akan lebih susah untuk melakukan peretasan sistem ratusan bahkan ribuan komputer. Dalam format ini, kontrak bisa diubah menjadi kode komputer, disimpan dan kemudian diperbanyak dalam sistem dan diawasi oleh jaringan komputer yang menjalani *blockchain* tersebut. Hal ini juga akan menghasilkan *ledger feedback* seperti transfer uang dan menerima suatu produk atau jasa, sehingga terjadinya hubungan timbal balik dalam kontrak tersebut.

*Smart contract* yang merupakan protokol komputer tersebut, dimaksudkan untuk memfasilitasi, memverifikasi, atau menegakkan negosiasi atau kinerja suatu kontrak secara digital, atau ringkasnya dapat dikatakan *smart contract* yang dapat melakukan kegiatan sebagaimana keinginan para pihak. *Smart contract* memungkinkan kinerja transaksi yang kredibel tanpa pihak ketiga. Transaksi ini dapat dilacak dan *immutable*/tidak dapat diubah. Nick Szabo menjelaskan pula bahwa *smart contracts* menggabungkan protokol dengan antarmuka pengguna untuk memformalkan dan mengamankan hubungan melalui jaringan komputer. Szabo mendeskripsikan bagaimana prinsip-prinsip hukum, teori ekonomi, dan teori protokol yang dapat diandalkan dan aman digunakan untuk merancang sistem ini. Szabo juga membahas perbedaan dan persamaan antara *smart contracts* dan prosedur bisnis tradisional yang didasarkan pada kontrak tertulis, kontrol, dan formulir statis. Dia mencatat bahwa dengan menggunakan mekanisme kriptografi dan keamanan lainnya, kita dapat mengamankan banyak hubungan yang dapat ditentukan algoritma dari pelanggaran oleh prinsipal, dan dari penyadapan atau gangguan jahat oleh pihak ketiga<sup>2</sup>

Max Raskin berpendapat bahwa *smart contract* adalah perjanjian yang pelaksanaannya otomatis (*self-executing*). Eksekusi otomatis ini dilakukan melalui kode komputer yang telah diterjemahkan prosa hukum menjadi program yang dapat dieksekusi. Program ini memiliki kontrol atas objek fisik atau digital yang diperlukan untuk melakukan eksekusi.<sup>3</sup> Eksekusi dalam hal ini ialah pelaksanaan dari isi kontrak tersebut. *Smart contract* berusaha memastikan agar tidak terjadinya wanprestasi atau adanya kesalahan selama transaksi berlangsung yang dapat mengakibatkan kerugian oleh salah satu pihak, maka dari itu *smart contract*, kode yang telah dibuat sifatnya permanen dan tidak dapat diubah, sehingga tak ada orang yang bisa melanggar kontraknya.<sup>4</sup>

Sifat *self-executing* atau eksekusi secara otomatis dalam *smart contract* inilah yang membedakan *smart contract* dengan kontrak elektronik lainnya, karena sifat ini yang menjamin keamanan data dan terlaksananya isi perjanjian dalam *smart contract*. Eksekusi otomatis dalam *smart contract* terjadi apabila kondisi-kondisi tertentu yang menjadi *triggering event* terpenuhi.<sup>5</sup> *Triggering event* ini sendiri merupakan rumusan peristiwa-peristiwa yang telah disepakati oleh para pihak sebagai dasar pelaksanaan isi kontrak. Contohnya penggunaan *smart contract* dalam *agri-blockchain*, *smart contract* mampu mengefisiensikan proses tersebut dengan mengkombinasikan data rekaman cuaca melalui satelit yang dicatatkan sebagai dasar penentuan *triggering event*.<sup>6</sup>

Selain itu dengan menggunakan *smart contract*, para pihak dapat melakukan pertukaran uang, properti, saham atau apapun secara transparan, tanpa konflik dan tanpa perantara. *Smart contract* dapat memberikan keamanan yang lebih unggul dari hukum kontrak tradisional serta mengurangi

<sup>2</sup> Ibid

<sup>3</sup> Max Raskin, Op.Cit., hlm. 309-310.

<sup>4</sup> Ibid

<sup>5</sup> Nick Szabo, Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. First Monday, 2(9). 1997 <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>

<sup>6</sup> Bima Danubrata Adhijoso, Penerapan Smart Contract Dalam Asuransi Pertanian DiIndonesia, Skripsi, Fakultas Hukum Universitas Airlangga, Surabaya, 2019, hlm. 43

biaya transaksi lainnya yang terkait dengan kontrak.<sup>7</sup> Hal tersebut akan bermanfaat jika dapat diterapkan dalam berbagai sektor, khususnya bidang konstruksi baik kontrak konstruksi yang dilakukan pemerintah maupun kontrak konstruksi secara umum.

Industri konstruksi di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, yang didukung oleh belanja pemerintah. Menurut data yang dirilis oleh Databoks, sektor konstruksi di Indonesia tumbuh 2,81% pada tahun 2021. Pertumbuhan ini didorong oleh peningkatan belanja pemerintah dalam sektor ini<sup>8</sup>. Pada tahun 2020, pemerintah Indonesia mengalokasikan anggaran belanja sebesar Rp423,3 triliun untuk pembangunan infrastruktur, menurut laporan dari TechnoBusiness. Angka ini menunjukkan peningkatan sebesar 5,9% dibandingkan dengan tahun 2019, yang anggarannya sebesar Rp399,7 triliun.<sup>9</sup> Selain itu, Bisnis juga melaporkan bahwa sektor konstruksi tumbuh 4,42 persen, didukung oleh kenaikan realisasi belanja modal pemerintah untuk sektor konstruksi sebesar 50,22 persen.<sup>10</sup>

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sebagai kementerian yang dipercayakan untuk mendapat amanah untuk mengelola APBN dalam membelanjakan yang khusus di sektor Konstruksi pada Tahun Anggaran 2022 mendapat alokasi sebesar Rp. 100.6 Triliun<sup>11</sup> akan selalu berkaitan dengan kontrak dalam hal ini kontrak konstruksi penyediaan barang dan jasa pemerintah. Adapun Jumlah total paket yang dilelangkan pada Tahun Anggaran 2022 adalah sebanyak 4.846 paket<sup>12</sup> ditambah lagi adanya peningkatan anggaran yang cukup signifikan dari tahun ke tahun sebagaimana diketahui Pagu anggaran Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dalam RAPBN Tahun Anggaran 2023 disetujui Komisi V DPR RI sebesar Rp125,2 triliun<sup>13</sup>, dengan jumlah anggaran yang begitu besar sudah dapat dipastikan akan memerlukan Sumber Daya Manusia yang cukup besar dalam pelaksanaannya.

Jika memperhatikan dari kondisi yang ada saat ini terkait dengan beban kerja yang diemban oleh Kementerian PUPR, maka penulis melihat adanya peluang untuk mengakselerasi dan juga membantu *Stakeholder* terkait dalam proses penyelenggaraan kontrak konstruksi melalui Penerapan *Smart Contract* Sebagai Alternatif dalam Proses Pengadaan Barang dan Jasa. Sehingga proses di industri konstruksi lebih efisien, aman, dan akuntabel dapat diwujudkan.

Sektor konstruksi, merupakan salah satu sektor terbesar dalam ekonomi global, menghadapi tantangan signifikan dalam hal produktivitas. Menurut penelitian oleh McKinsey Global Institute, transformasi digital dalam sektor ini dapat menghasilkan peningkatan produktivitas sebesar 14 hingga 15 persen dan pengurangan biaya sebesar 4 hingga 6 persen.<sup>14</sup> Meski demikian, sektor ini masih dianggap sebagai salah satu sektor yang paling tidak tergitalisasi.

McKinsey Global Institute juga memperkirakan bahwa dunia akan perlu menghabiskan \$57 triliun pada infrastruktur hingga 2030 untuk mengimbangi pertumbuhan GDP global. Ini menunjukkan insentif besar bagi pemain di industri konstruksi untuk mengidentifikasi solusi yang dapat

<sup>7</sup> Nick Szabo, Op.Cit., hlm. 3

<sup>8</sup> Databoks: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/03/11/didukung-belanja-pemerintah-sektor-konstruksi-tumbuh-281-pada-2021>

<sup>9</sup> TechnoBusiness : <https://technobusiness.id/insight/spire-insights/2021/05/06/spire-insights-potensi-industri-konstruksi-di-indonesia/>

<sup>10</sup> Bisnis: (<https://ekonomi.bisnis.com/read/20210805/45/1426247/akhirnya-zona-positif-kuartal-ii-2021-konstruksi-tumbuh-567-persen>)

<sup>11</sup> <https://www.pu.go.id/berita/kementerian-pupr-terus-berkomitmen-tingkatkan-penggunaan-produk-dalam-negeri-pada-ta-2022> diakses pada tanggal 17 April 2022

<sup>12</sup> Ibid

<sup>13</sup> <https://pu.go.id/berita/pagu-anggaran-kementerian-pupr-tahun-2023-sebesar-rp1252-triliun-disetujui-komisi-v-dpr-ri> diakses pada tanggal 6 Februari 2023

<sup>14</sup> McKinsey. (2023a). Decoding digital transformation in construction. Diakses dari <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/decoding-digital-transformation-in-construction>

mengubah produktivitas dan pengiriman proyek melalui teknologi baru dan praktik yang ditingkatkan.<sup>15</sup>

Pengiriman dokumentasi dan kontrak tepat waktu adalah kebutuhan penting untuk keberhasilan proyek. Namun, industri konstruksi masih bergantung pada proses kontrak tradisional yang memakan waktu, yang berdampak negatif pada produktivitas keseluruhan proyek dalam industri. Penggunaan smart contract (SCs) ditekankan sebagai teknologi baru yang cocok untuk mempercepat proses kontrak dan mendirikan lingkungan pembayaran yang dapat diandalkan dalam industri konstruksi.<sup>16</sup>

Namun, meski ada potensi peningkatan produktivitas yang signifikan melalui digitalisasi, industri konstruksi masih menghadapi masalah produktivitas yang signifikan. Menurut ForConstructionPros, jika produktivitas konstruksi dapat mengejar produktivitas ekonomi total, maka ada potensi untuk menutup kesenjangan produktivitas sebesar \$1.6 triliun.<sup>17</sup>

Meskipun sudah ada kesadaran bahwa digitalisasi mempengaruhi industri, masih banyak potensi yang bisa dilakukan jika industri lebih mengejar inisiatif digitalisasinya. Meskipun demikian, selama beberapa tahun terakhir, industri konstruksi telah menorehkan langkahnya menuju berbagai kemajuan teknologi, yang menonjol adalah Building Information Model (BIM), Internet of Things (IoT), dan Sistem Pengadaan Secara Elektronik/SPSE (*E-Procurement*), yang merupakan hasil dari ekspektasi klien, kemampuan teknologi baru, dan kerangka hukum yang berkembang serta persyaratan dari proyek infrastruktur besar.<sup>18</sup> Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja kontrak konstruksi di industri konstruksi Indonesia melalui identifikasi manfaat penerapan smart contract di industri konstruksi Indonesia dan tantangan penerapan smart contract dibandingkan dengan kontrak tradisional di Indonesia. Terakhir, studi ini mengembangkan kerangka implementasi kontrak cerdas untuk industri konstruksi Indonesia. Namun, perlu dicatat bahwa smart contract masih dianggap sebagai teknologi yang sangat canggih, dan masih banyak kesenjangan dalam ilmu pengetahuan dalam penerapan smart contract di industri konstruksi di Indonesia. Oleh karena itu, evaluasi ini dapat menjadi tolok ukur dan alat keputusan dalam mengukur dan merangkul *smart contract* dalam pertimbangan dan persiapan berbagai manfaat dan tantangannya.

### 1.1. Kontrak Tradisional vs Smart Contract

Dalam konteks industri konstruksi, kompleksitas relatif dari proyek konstruksi memerlukan penggunaan kontrak tertulis yang hati-hati untuk menentukan aspek hukum, keuangan, dan teknis proyek. Kontrak konstruksi mendefinisikan hubungan, termasuk tanggung jawab antara pihak kontraktor, dan menjabarkan persyaratan komersial dan aturan proyek umum.<sup>19</sup>

Sebelum era digital, kontrak secara tradisional ditandatangani di atas kertas dan antar pihak pada saat yang bersamaan. Praktik kontrak tradisional saat ini memungkinkan distribusi kertas alih-alih menyimpan secara elektronik dalam sistem manajemen kontrak. Namun, dengan kemajuan teknologi, terutama dalam era Industri 4.0, proses ini mulai berubah.<sup>20</sup>

<sup>15</sup> McKinsey. (2023b). Imagining construction's digital future. Diakses dari <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>

<sup>16</sup> Rathnayake, I., Wedawatta, G., & Tezel, A. (2022). Smart Contracts in the Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 12(12), 2082. doi: 10.3390/buildings12122082.

<sup>17</sup> ForConstructionPros. (2023). Construction Digitization: Understanding the Impact on Profitability. Diakses dari <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/21451673/construction-digitization-understanding-the-impact-on-profitability>

<sup>18</sup> Dewi Noorain Bolhassan, Chai Changsaar, Ali Raza Khoso, Loo Siawchuing, Jibril Adewale Bamgbade1 and Wong Ngie Hing (2021). *Towards Adoption of Smart Contract in Construction Industry in Malaysia*. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 30 (1): 141 - 160. doi: <https://doi.org/10.47836/pjst.30.1.08>

<sup>19</sup> *Ibid*

<sup>20</sup> Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. J. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review doi: <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

Adopsi teknologi digital dalam kontrak konstruksi, seperti blockchain, telah menjadi topik penelitian yang menarik.<sup>21</sup> Teknologi ini memungkinkan pembuatan smart contract yang dapat dieksekusi dan dikelola secara otomatis, mengurangi kebutuhan akan intervensi manusia dan potensi kesalahan atau penyalahgunaan.

Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan penyimpanan data kontrak secara elektronik, yang tidak hanya lebih efisien tetapi juga lebih aman dan dapat diakses oleh semua pihak yang berkepentingan.<sup>22</sup> Ini berpotensi mengubah cara kerja industri konstruksi, dan memungkinkan peningkatan efisiensi dan transparansi.

Namun, meskipun potensi manfaatnya, adopsi teknologi ini masih menghadapi berbagai tantangan. Misalnya, masih ada banyak pekerjaan yang tidak dapat diotomatisasi, dan masih ada kebutuhan untuk intervensi manusia dalam banyak aspek proyek konstruksi (Autor, 2015)<sup>23</sup>. Selain itu, ada juga tantangan hukum dan regulasi yang perlu diatasi sebelum teknologi ini dapat diadopsi secara luas.

Dalam konteks Indonesia, perkembangan teknologi digital telah diakomodasi dalam peraturan perundang-undangan. Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2016 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) mengatur tentang informasi dan/atau dokumen elektronik serta tanda tangan elektronik.

Pasal 5 UU ITE menyatakan bahwa informasi dan/atau dokumen elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah. Selanjutnya, Pasal 11 dan 12 UU ITE menyatakan bahwa tanda tangan elektronik yang memenuhi ketentuan dalam undang-undang ini dianggap memiliki kekuatan hukum dan keabsahan hukum yang sah.

Dalam konteks kontrak konstruksi, jika menggunakan teknologi digital seperti smart contract, maka informasi dan/atau dokumen dalam bentuk elektronik serta tanda tangan elektronik dalam kontrak tersebut memiliki kekuatan hukum dan keabsahan hukum yang sah, sebagaimana diatur dalam UU ITE.

Namun, perlu diingat bahwa meskipun UU ITE telah mengakomodasi penggunaan teknologi digital dalam transaksi, termasuk kontrak konstruksi, masih ada berbagai aspek lain yang perlu dipertimbangkan, seperti aspek teknis, keamanan, dan privasi data, serta aspek hukum lainnya yang mungkin terkait dengan penerapan teknologi ini dalam kontrak konstruksi. Perbedaan-perbedaan mendasar antara kontrak tradisional dan *smart contract*.

**Table 1 Perbedaan Kontrak Tradisional dan Smart Contract**

Aspek	Kontrak Tradisional	Smart Contract
Hukum	Ditentukan oleh hukum nasional dan internasional (Kitab Undang-Undang Hukum Perdata (KUHPPerdata): Buku III dari KUHPPerdata mengatur tentang Perjanjian dan Kontrak. Khususnya dalam Pasal 1313)	Ditentukan oleh kode program dan hukum nasional dan internasional jika berlaku (KUHPPerdata Pasal 1313 dan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2016 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik)
Platform	Berbasis Kertas	Jaringan Peer to Peer (P2P) & Teknologi

<sup>21</sup> Turk, Ž., & Klinc, R. (2017). Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.052>

<sup>22</sup> Xia, Q., Sifah, E. B., Asamoah, K., Gao, J., Du, X., & Guizani, M. (2017). MeDShare: Trust-Less Medical Data Sharing Among Cloud Service Providers via Blockchain. url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7990130>

<sup>23</sup> Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. doi: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3>

Aspek	Kontrak Tradisional	Smart Contract
		<i>Distributed Ledger</i>
Penyimpanan	Dokumen fisik atau digital, disimpan oleh pihak-pihak yang terlibat	Disimpan di <i>blockchain</i> , dapat diakses oleh semua pihak yang terlibat
Pelaksanaan	Dilaksanakan oleh pihak-pihak yang terlibat, memerlukan intervensi manusia	Dilaksanakan secara otomatis oleh kode program, intervensi manusia minimal
Penyelesaian Sengketa	Melalui proses hukum tradisional (pengadilan, arbitrase, mediasi)	Melalui mekanisme yang ditentukan oleh kode program, bisa juga melalui proses hukum tradisional jika berlaku
Keamanan	Tergantung pada keamanan fisik dan digital dokumen	Tergantung pada keamanan <i>blockchain</i> dan kode program

Sumber : data yang diolah dari berbagai sumber

## 1.2. Smart Contract dalam Konstruksi

Industri konstruksi, seperti banyak sektor lainnya, sedang berada dalam fase transformasi digital yang signifikan. Teknologi modern dan inovatif sedang membuka jalan mereka ke dalam operasi sehari-hari industri ini, mendorong efisiensi dan produktivitas yang belum pernah terjadi sebelumnya.<sup>24</sup> Dalam beberapa tahun terakhir, kita telah melihat peningkatan adopsi teknologi seperti *Building Information Model (BIM)*, *3D Modelling*, dan *Internet of Things (IoT)*.<sup>25</sup>

Namun, teknologi yang mungkin memiliki dampak paling signifikan pada industri konstruksi adalah *smart contract* yang didukung oleh teknologi *blockchain*. *Blockchain*, teknologi yang mendasari *smart contract*, telah diidentifikasi sebagai solusi potensial untuk berbagai masalah yang ada dalam industri, termasuk transparansi, efisiensi, dan keamanan (Al-Jaroodi & Mohamed, 2019).<sup>26</sup>

Dalam konteks konstruksi, *smart contract* dapat memberikan tingkat otomatisasi dan akuntabilitas yang belum pernah ada sebelumnya dalam proses kontrak. Dengan demikian, *smart contract* dapat menjadi teknologi yang diadopsi berikutnya untuk mendorong transformasi industri konstruksi menuju Industri 4.0.<sup>27,28</sup>

Dalam proses realisasi proyek konstruksi, tahap pengadaan seringkali membutuhkan waktu yang cukup lama, dengan banyak kontrak yang terlibat dalam rantai pasokan. Mulai dari pemasok, subkontraktor, hingga kontraktor utama. Kepercayaan antara pihak-pihak yang terlibat dalam kontrak, seperti dalam transaksi keuangan dan manajemen proyek, biasanya didasarkan pada validitas kontrak dan fasilitas seperti Surat Kredit (LC) yang melibatkan pihak ketiga seperti bank untuk menciptakan kepercayaan antara pihak-pihak yang terlibat. Dalam konteks ini, peran institusi keuangan seperti bank adalah untuk memastikan kepercayaan antara kedua belah pihak dan

<sup>24</sup> Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2017.05.015>

<sup>25</sup> Zheng, R. Y., Jiang, J., Hao, X., Ren, W., Xiong, F., & Ren, Y. (2019). bcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019, 5349538. Doi: <https://doi.org/10.1155/2019/5349538>

<sup>26</sup> Al-Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Blockchain in Industries: A Survey. *IEEE Access*, 7, 36500–36515. Doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2903554>

<sup>27</sup> Maskuriy, R., Selamat, A., Ali, K. N., Maresova, P., & Krejcar, O. (2019). Industry 4.0 for the Construction Industry – How Ready Is the Industry? *Applied Sciences*, 9(14), 2819. <https://doi.org/10.3390/app9142819>

<sup>28</sup> Tijan, E., Aksentijević, S., Ivanić, K. Z., & Jardas, M. (2019). Blockchain Technology Implementation in Logistics. *Sustainability*, 11(4), 1185. <https://doi.org/10.3390/su11041185>

menjamin bahwa penjual akan menerima pembayaran setelah memenuhi kondisi yang telah ditentukan.

Dalam konteks proyek konstruksi, stabilitas pembayaran sangat penting untuk menghindari konflik. Dalam lingkungan *smart contract*, karena transaksi dilakukan antara pihak-pihak yang terlibat, tidak diperlukan perantara seperti dalam kontrak tradisional. Oleh karena itu, hal ini dianggap menguntungkan karena bank dan pihak ketiga tidak perlu terlibat secara langsung. Ada juga kesepakatan bahwa biaya *overhead* dalam *smart contract* dapat sangat dikurangi karena menghilangkan kebutuhan akan 'perantara' untuk biaya hukum dan biaya administrasi untuk persiapan dan pengawasan kontrak tradisional.<sup>29</sup>

Dalam proses pengadaan dalam proyek konstruksi, *smart contract* memungkinkan pihak-pihak terlibat untuk menetapkan kode dan klausul tertentu, seperti jumlah pembayaran yang harus dilakukan oleh suatu pihak. Hal ini memastikan transparansi transaksi dan kedua belah pihak tidak dapat mengakses dana hingga tanggal pembayaran yang telah ditentukan. Ini dimungkinkan oleh fitur *self-executing* dari *smart contract*. Namun, penting untuk dicatat bahwa dana dan transaksi yang akan ditransfer ke *smart contract* saat ini berada dalam akun *cryptocurrency*. Teknologi ini memungkinkan penghapusan biaya administrasi pihak ketiga dan mengurangi masalah yang terkait dengan proses dan verifikasi pembayaran yang lambat (Treiblmaier, 2018).<sup>30</sup> Hal ini penting karena penundaan pembayaran kemajuan telah menjadi masalah signifikan dalam konstruksi karena berkontribusi pada kesulitan arus kas dalam rantai pasokan konstruksi.<sup>31</sup> Selain itu, pembayaran dijamin dan secara otomatis dijalankan dengan mata uang kripto, yang dianggap sebagai kontribusi besar bagi sektor konstruksi.<sup>32</sup>

Meski *smart contract* menawarkan banyak manfaat dalam industri konstruksi modern, ada beberapa tantangan yang harus dihadapi, termasuk isu-isu kolaborasi. Industri konstruksi seringkali lambat dalam menerima perubahan dan bisa bersikap tidak adil terhadap subkontraktor. Oleh karena itu, kolaborasi menjadi agenda penting dalam industri ini, di mana kepercayaan menjadi kunci utama.<sup>33</sup>

Meski menjanjikan, Teknologi ini memiliki beberapa tantangan dan risiko. Salah satunya adalah potensi serangan pada *blockchain* itu sendiri. Misalnya, penambang yang tidak berperilaku baik dapat merilis blok yang merusak dan menyerang *blockchain*, yang dapat merusak integritas buku besar (ledger). Selain itu, ada fungsi tertentu dalam teknologi *blockchain* yang dapat menciptakan catatan dan pustaka yang merusak, seperti fungsi 'penghancuran diri', yang dapat menonaktifkan kontrak.

Pada tahun 2016, Ethereum, salah satu *platform blockchain* yang populer, mengalami kehilangan sebesar \$50 juta dalam transaksi kontrak pintar, menunjukkan bahwa keandalan kontrak pintar masih perlu ditingkatkan. Salah satu tantangan utama lainnya adalah bahwa setelah kontrak pintar dikodekan, itu tidak dapat diubah. Kesalahan dalam pengkodean kontrak pintar dapat berakibat fatal. Selain itu, *blockchain* membutuhkan data yang besar, sehingga sulit untuk mengelola perubahan dalam sistem. Penggunaan *cryptocurrency* dalam kontrak pintar juga menimbulkan tantangan tersendiri. Meski menawarkan banyak keuntungan, penggunaan *cryptocurrency* masih menghadapi banyak hambatan, termasuk risiko fluktuasi dan kebutuhan data dan kapasitas yang besar. Terakhir, manajemen kontrak merupakan bagian penting dari pelaksanaan kontrak. Namun, diperlukan pengetahuan khusus dalam penerapan kontrak pintar. Saat ini, masih ada kekurangan

<sup>29</sup> Dewi Noorain Bolhassan, Chai Changsaar, Ali Raza Khoso, Loo Siawchuing, Jibril Adewale Bamgbade1 and Wong Ngie Hing (2021). Towards Adoption of Smart Contract in Construction Industry in Malaysia. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 30 (1): 141 - 160. doi: <https://doi.org/10.47836/pjst.30.1.08>

<sup>30</sup> Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. Doi : <https://doi.org/10.1108/scm-01-2018-0029>

<sup>31</sup> Tezel, A., Papadonikolaki, E., Yitmen, I., & Hilletofth, P. (2020). Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions. [Link](<https://doi.org/10.1007/s42524-020-0110-8>)

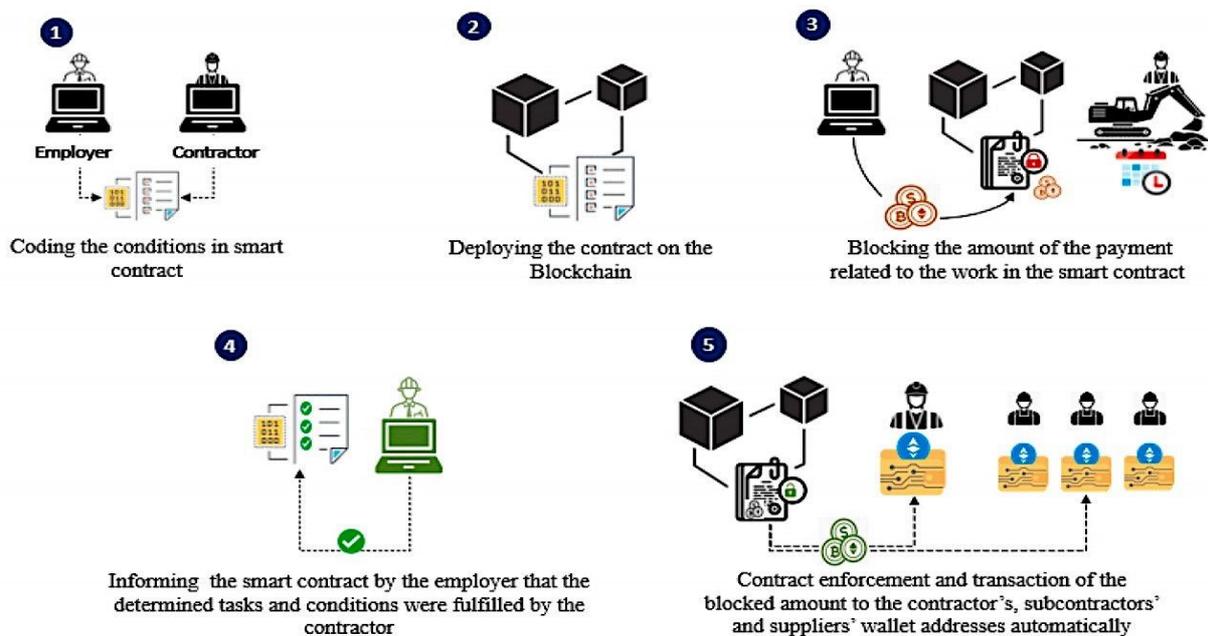
<sup>32</sup> Liu, Z., Jiang, L. J., Osmani, M., & Demian, P. (2019). Building Information Management (BIM) and Blockchain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework. [Link](<https://doi.org/10.3390/electronics8070724>)

<sup>33</sup> Bouchlaghem, D., & Shelbourn, M. (2011). An information exchange model for improved multidisciplinary collaboration. *ITcon Vol. 6, Special Issue CIB W78 Workshop on Construction Information Technology in Education*, pg. 85-96.

keahlian yang signifikan untuk mengeksekusi dan mengelola kontrak pintar. Oleh karena itu, sebelum merancang sistem *blockchain* untuk proyek konstruksi, diperlukan banyak informasi dari pihak multidisiplin.<sup>34</sup>

Dalam persiapan penelitian ini, kami mengadopsi sistem keamanan pembayaran kontrak pintar baru yang dikembangkan oleh Ahmadisheykhsarmast dan Sonmez.<sup>35</sup> Adopsi ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai fakta dan tantangan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Tujuan utama dari adaptasi ini adalah untuk memanfaatkan perbandingan sebagai alat penting untuk peningkatan kualitas yang berkelanjutan, seperti yang diakui oleh Dattakumar dan Jagadeesh.<sup>36</sup>

Namun, penting untuk dicatat bahwa penerapan kontrak pintar di Indonesia belum sepenuhnya dievaluasi. Kerangka kerja yang dikembangkan oleh Ahmadisheykhsarmast dan Sonmez mencakup pengaturan sistem pembayaran yang aman untuk penerapan kontrak pintar. Kerangka kerja ini telah berhasil mengatasi berbagai masalah, menyelesaikan sistem keamanan pembayaran, dan telah diuji dalam praktek pada proyek konstruksi nyata. Oleh karena itu, kerangka kerja ini dianggap sangat cocok untuk penelitian ini. Ini menunjukkan contoh sukses dari penerapan kontrak pintar di industri konstruksi dan berpotensi memberikan wawasan berharga untuk penerapan teknologi serupa di Indonesia. Sistem pembayaran kontrak pintar yang disarankan menawarkan jaminan keamanan untuk pembayaran pekerjaan konstruksi yang sedang berlangsung dan menyediakan platform yang aman dan transparan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka Kerja (Ahmadisheykhsarmast & Sonmez, 2020)

## 2. Method

Studi ini menerapkan metode kualitatif yang terstruktur dengan baik, Kelebihan dari pendekatan penelitian kualitatif ini terletak pada sifatnya yang induktif dan eksploratif, yang menjadikannya sangat sesuai untuk mengeksplorasi dampak potensial dari smart contract. Isu-isu seperti tantangan dan keuntungan dari *smart contract* saat ini diteliti. Teknik-teknik kualitatif seperti wawancara semi-

<sup>34</sup> Alexander Salvayef, (2017). Copyright In The Blockchain Era: Promises And Challenges, HSE, Url: <https://wp.hse.ru/data/2017/11/21/1160790875/77LAW2017.pdf>

<sup>35</sup> Ahmadisheykhsarmast, S., & Sonmez, R. (2020). A smart contract system for security of payment of construction contracts. *Automation in Construction*, 120, Article 103401. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103401>

<sup>36</sup> Dattakumar, R., & Jagadeesh, R. (2003). A review of literature on benchmarking. *Benchmarking: An International Journal*, 10(3), 176-209. <https://doi.org/10.1108/14635770310477744>

terstruktur, analisis konten, dan metode analisis kerangka kerja digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.

**Studi Kualitatif:** Ini adalah pendekatan utama yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Pendekatan Induktif dan Eksploratif: Ini adalah karakteristik utama dari metode penelitian kualitatif yang digunakan.
2. Eksplorasi Dampak Potensial Smart contract : Ini adalah fokus utama dari penelitian ini.
3. Analisis Tantangan dan Keuntungan Smart contract : Ini adalah salah satu aspek kunci yang diteliti dalam penelitian ini.

**Teknik Kualitatif:** Ini adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Wawancara Semi-Terstruktur: Ini adalah salah satu teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data.
2. Analisis Konten: Ini adalah teknik lain yang digunakan untuk menganalisis data yang dikumpulkan.
3. Analisis Kerangka Kerja: Ini adalah metode yang digunakan untuk menganalisis dan memahami data.

### Wawancara Semi-Terstruktur

Teknik wawancara semi-terstruktur digunakan dalam penelitian ini, yang melibatkan penggunaan serangkaian pertanyaan yang telah dirancang sebelumnya. Pendekatan ini memfasilitasi pengumpulan pengetahuan kontekstual yang penting untuk mencapai tujuan penelitian dan menghasilkan temuan yang relevan untuk konfirmasi dan validasi data. Mengingat sensitivitas potensial dan sifat pribadi dari data dan informasi yang mungkin diperoleh selama wawancara, wawancara pribadi dipilih sebagai metode pengumpulan data. Persetujuan dari responden diperlukan sebelum wawancara. Responden yang dipilih untuk wawancara berasal dari latar belakang yang memiliki pengalaman dalam administrasi kontrak termasuk para ahli. Lihat Tabel 2 sebagai ilustrasi.

*Table 2 Latar Belakang Responden*

Orang yang Diwawancarai	Profesi	Jabatan	Masa Kerja/Pengalaman
Responden 1 / ES	PNS	Kepala Sub Bidang / Pejabat Eselon III	Lebih dari 15 Tahun
Responden 2 / FF	PNS	Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Lebih dari 10 Tahun
Responden 3 / YP	PNS	Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Lebih dari 10 Tahun
Responden 4 / SF	PNS	Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Lebih dari 10 Tahun
Responden 5 / RD	PNS	Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Lebih dari 10 Tahun
Responden 6 / SP	PNS	Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Lebih dari 15 Tahun
Responden 7 / EW	PNS	Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)	Lebih dari 10 Tahun

Orang yang Diwawancarai	Profesi	Jabatan	Masa Kerja/Pengalaman
Responden 8 / EM	PNS	Akademisi	Lebih dari 15 Tahun

### Analisis Konten

Analisis konten adalah teknik penelitian kualitatif yang banyak digunakan. Menurut Hsieh dan Shannon (2005), terdapat tiga pendekatan utama dalam analisis konten: konvensional, terarah, dan ringkas. Ketiga pendekatan ini digunakan untuk menginterpretasikan makna dari data teks dan mengikuti paradigma naturalistik. Perbedaan utama antara pendekatan-pendekatan ini terletak pada proses pengkodean.<sup>37</sup>

Analisis konten sumatif adalah pendekatan yang lebih spesifik dalam analisis konten yang berfokus pada identifikasi dan pemahaman penggunaan kata atau konteks tertentu dalam teks. Tujuan utamanya bukan untuk menyimpulkan makna, tetapi untuk mengeksplorasi penggunaan kata dan konten dalam konteks tertentu. Pendekatan ini dianggap cocok dalam konteks penelitian ini karena tujuan penelitian.<sup>38</sup>

Penelitian ini dimulai dengan melakukan tinjauan literatur akademis mengenai smart contract dalam bidang konstruksi. Fokus utama dari tinjauan dokumen ini adalah pada jurnal elektronik maupun buku-buku. Sejumlah kriteria seleksi diterapkan untuk mengumpulkan data yang relevan untuk ditinjau. Kriteria pertama adalah membatasi periode peninjauan dari tahun 2010 hingga 2022. Interval waktu ini diharapkan dapat mencakup perkembangan dan tren masa depan dalam *smart contract*, *blockchain*, dan konstruksi. Mengingat bahwa *smart contract* beroperasi di atas *blockchain*, pencarian juga mencakup *blockchain* dalam konstruksi. Mengingat teknologi ini masih baru, hanya ada sedikit dokumen yang secara eksplisit membahas *Smart Contract* dalam konstruksi; sebaliknya, dokumen-dokumen ini membahas *blockchain* dalam konstruksi dan *blockchain* serta *smart contract*. Dari tinjauan literatur ini, beberapa tema muncul dan didiskusikan seputar *smart contract*.

### Analisis Kerangka Kerja

Mengingat bahwa smart contract masih dianggap sebagai teknologi 'mutakhir', terdapat berbagai celah pengetahuan mengenai implementasi smart contract, khususnya di Indonesia, yang akan bermanfaat untuk diadopsi. Saat ini, informasi yang ada untuk sektor konstruksi dalam menerapkan perubahan disruptif ini masih sangat terbatas. Kerangka teoritis bertujuan untuk memberikan struktur analitis dan mengkontekstualisasikan teori formal menjadi panduan (Adom & Hussain, 2018). Hal ini sejalan dengan tujuan penelitian untuk mengidentifikasi dampak dari penerapan smart contract di Indonesia. Kerangka teoritis yang diuraikan dari penelitian ini diharapkan dapat memfasilitasi penelitian di masa depan untuk mengidentifikasi implikasi praktis dari smart contract dalam industri konstruksi lokal.

Selanjutnya, analisis kerangka digunakan untuk menganalisis data wawancara. Kerangka ini menciptakan struktur baru bagi data untuk merangkum atau mereduksi data sekaligus mampu menjawab pertanyaan penelitian (Gale et al., 2013). Mengikuti metode analisis kerangka, data dianalisis dalam lima tahap: Pengenalan, identifikasi kerangka tematik, pengindeksan, pembuatan bagan, pemetaan, dan interpretasi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel berikut.

<sup>37</sup> Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288.

<sup>38</sup> Erlingsson, C., & Brysiewicz, P. (2017). A hands-on guide to doing content analysis. *African Journal of Emergency Medicine*, 7(3), 93-99. doi: 10.1016/j.afjem.2017.08.001

Table 2 Tahapan Analisis Kerangka Kerja

No	Tahapan	Penjelasan/Keterangan
1	Pengenalan	Tahap awal di mana peneliti mengenali dan memahami data yang dikumpulkan.
2	Identifikasi Kerangka Tematik	Peneliti mengidentifikasi tema atau pola yang muncul dari data. atau penilaian berdasarkan tema atau pola yang telah diidentifikasi.
3	Pengindeksan	Tahap di mana tema atau pola yang telah diidentifikasi diberi label atau 'diindeks'.
4	Pembuatan Bagan	Peneliti membuat bagan atau diagram untuk menggambarkan hubungan antara tema atau pola yang telah diidentifikasi.
5	Pemetaan	Peneliti 'memetakan' data, yaitu, mengorganisir data berdasarkan tema atau pola yang telah diidentifikasi.
6	Interpretasi	Peneliti menafsirkan data, yaitu, membuat kesimpulan

### 3. The Analysis and Results

#### 3.1. Manfaat Penerapan Smart Contract pada Industri Konstruksi di Indonesia

Pada sistem kontrak tradisional, kontrak dibentuk antara pihak-pihak yang membutuhkan pihak ketiga (perantara). Sebaliknya, pihak ketiga tidak diperlukan dalam *smart contract*, karena atribut *smart contract* dieksekusi secara otomatis melalui sistem *blockchain*. Dalam wawancara, data menunjukkan bahwa Responden 1 s.d 7 setuju untuk menghilangkan perantara dan menyarankan untuk mengurangi waktu pemrosesan pembayaran. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk mengevaluasi manfaat beralih ke kontrak pintar dibandingkan dengan kontrak tradisional. Selain itu, hal ini harus memberikan gambaran dan dasar migrasi ke basis data yang didigitalisasi. Selain itu, karena atribut otomatisasi atau eksekusi sendiri, ini juga akan menjamin pembayaran kepada kontraktor.

Dalam kontrak tradisional, selalu ada penekanan pada keterlibatan pemangku kepentingan, dan kontrak konstruksi biasanya dibangun pada pihak multi-dimensi. Pemangku kepentingan ini perlu mengelola kontrak dan menginterpretasikannya berdasarkan disiplin ilmu mereka secara manual. Oleh karena itu, ini dapat berkontribusi pada prosedur dan administrasi kontrak yang tidak efisien. Dalam lingkungan kontrak pintar, kewajiban pemberi kerja dan kontraktor dikodekan dalam sistem kontrak pintar yang dieksekusi secara otomatis dalam platform yang aman dan terdesentralisasi tanpa keterlibatan pihak ketiga. Otomatisasi tanggung jawab mengurangi kemungkinan perselisihan antara pihak-pihak, yang telah ditetapkan sebagai faktor penyumbang dalam perselisihan konstruksi.

Dalam penelitian ini, Responden 1 s.d 7 percaya bahwa mendigitalkan kontrak akan meningkatkan administrasi kontrak. Ini akan mengurangi jumlah komunikasi persyaratan apa pun kepada pihak-pihak karena sekarang ada pembagian tanggung jawab yang tepat di antara mereka. Responden juga percaya bahwa bagian pembayaran administrasi kontrak sangat diuntungkan dari atribut ini, di mana otomatisasi pembayaran akan meningkatkan pemrosesan pembayaran, memastikan bahwa arus kas kontraktor dijamin sejalan dengan pandangan seluruh responden yang menyarankan bahwa kontrak pintar adalah jalur yang dapat menggantikan intervensi manusia dalam eksekusi kontrak. Kontrak terkadang dimasukkan tanpa pengetahuan lengkap tentang hasil potensial, dan administrasi kontrak manual dalam kontrak tradisional berkontribusi pada inefisiensi yang luar biasa, dan ini dapat menyebabkan perselisihan dengan tingkat *traceability* yang rendah. Implementasi

kontrak pintar mempromosikan kolaborasi antara pihak-pihak dengan transparansi yang lebih besar daripada kontrak tradisional, yang akan menciptakan lingkungan yang stabil dalam proyek dalam hal pembagian risiko.

*Smart Contract*, berbeda dengan kontrak tradisional, menawarkan aksesibilitas yang lebih baik berkat basis data digitalnya. Menurut Responden 1 s.d 5, kontrak pintar menambah nilai dan efisiensi karena memungkinkan pihak-pihak terkait untuk mengakses syarat dan ketentuan dengan mudah, sehingga memberikan ruang interpretasi yang minimal. Dalam konteks pencatatan, Responden 1 berpendapat bahwa kontrak pintar memperbaiki administrasi kontrak karena syarat-syaratnya telah didigitalkan. Selain itu, status kontrak pintar diperbarui secara otomatis, dan mata uang digital hanya akan dikeluarkan setelah kondisi yang telah ditentukan sebelumnya terpenuhi. Hal ini dapat mengurangi kekhawatiran tentang penundaan pembayaran dan meningkatkan efisiensi. Efisiensi ini merupakan produk dari atribut utama *smart contract* itu sendiri, yaitu *self-executing*.

Dengan memanfaatkan teknologi blockchain dalam kontrak pintar, pembayaran seketika menjadi realitas karena semua peserta berada dalam jaringan yang sama, memungkinkan penutupan semua saluran pembayaran tanpa perlu melibatkan pihak ketiga. Isu-isu seperti keterlambatan pembayaran dapat diminimalisir karena sistem dapat dikodekan. Begitu pemberi kerja memverifikasi pekerjaan yang telah dilakukan dan memastikan keakuratan jumlah total, pembayaran dapat segera dilakukan dalam bentuk mata uang kripto. Penghapusan perantara dalam kontrak pintar dapat mengurangi perlakuan yang tidak adil terhadap subkontraktor, yang dapat mengarah pada kebangkrutan, dan keamanan pembayaran akan menghasilkan rantai pasokan yang lebih stabil. Singkatnya, manfaat dari implementasi kontrak pintar telah diidentifikasi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.<sup>39</sup>

*Table 3 Manfaat Penerapan Smart Contract*

No	Deskripsi	Catatan
1	Pembagian Risiko dan Tanggung Jawab yang Lebih Baik	Tanggung jawab ditetapkan selama pembentukan kontrak, yang mengarah pada pembagian risiko yang lebih baik dalam pihak multi-dimensi karena kewajiban dieksekusi secara otomatis.
2	Ruang yang Lebih Sedikit untuk Sengketa	Kebutuhan untuk interpretasi kewajiban pihak-pihak berkurang.
3	Kontrak yang Dieksekusi Secara Otomatis	Otomatisasi tanggung jawab kontrak meningkatkan efisiensi dalam administrasi dan manajemen kontrak karena digitalisasi.
4	Mengeliminasi Pihak Ketiga	Waktu proses dan biaya pembayaran kepada kontraktor berkurang.
5	Pembayaran yang Dijamin	Arus kas kontraktor diharapkan akan meningkat karena otomatisasi dalam pemrosesan pembayaran.

### 3.2. Tantangan Implementasi *Smart Contract* Dibandingkan dengan Kontrak Tradisional

*Smart Contract* yang merupakan Teknologi terdepan, masih memiliki beberapa tantangan yang harus diatasi, meningkatkan aksesibilitas dan penggunaan kontrak pintar dibandingkan dengan kontrak tradisional. Salah satu tantangan yang harus diatasi adalah keamanan siber. Responden 1 dan 8 mengungkapkan kekhawatiran tentang penggunaan keamanan siber karena seringkali ada informasi rahasia dalam kontrak. Biasanya, ada banyak upaya untuk menjaga kerahasiaan kontrak konstruksi khususnya terkait kontrak pemerintah. Selain itu, seperti yang dilihat oleh Responden 8, yang berasal

<sup>39</sup> Lu, H., Huang, K., Azimi, M., & Guo, L. (2019). Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges, and Risks. [DOI](<https://doi.org/10.1109/access.2019.2907695>)

dari latar belakang akademisi bidang hukum, masalah transaksi yang salah dan akun yang dicuri di industri perbankan masih belum terselesaikan. Oleh karena itu, hal tersebut telah menimbulkan masalah di industri perbankan. Oleh karena itu, menangani risiko keamanan siber akan menjadi tantangan dalam mengelola lingkungan kontrak pintar ini.

Mengingat bahwa kontrak pintar menggunakan jaringan peer-to-peer dimana data hanya didistribusikan antara pihak yang dimaksud, dan tidak ada pihak ketiga yang terlibat, itu sepenuhnya bergantung pada pihak yang membuat kontrak dan kode untuk melanjutkan transaksi. Dipastikan akan ada kode berbahaya (*malicious code*) di antara *blockchain*; ini mempengaruhi node lain dalam sistem *blockchain* dan memastikan transparansi dalam transaksi. Namun, tidak dapat disangkal bahwa kontrak pintar bisa rentan terhadap niat jahat terhadap sistem pengkodean. Data yang diunggah dalam buku besar harus sah dan terlegitimasi, dan ada kemungkinan aktivitas penipuan yang akan berjalan melalui rantai pasokan (Li et al., 2019).<sup>40</sup> Ini berbeda dalam lingkungan kontrak tradisional dimana transaksi dilakukan secara manual, dan ancaman yang diduga dapat dihentikan dan mungkin tidak akan mempengaruhi aktivitas berikutnya.

Karakteristik *Smart Contract* yang tidak dapat dibalikkan kepada keadaan semula (*irreversibility*) dan tidak dapat diubah (*immutability*) juga menjadi tantangan dalam implementasinya, karena kontrak yang dikodekan secara salah akibat kesalahan manusia bisa berakhir menjadi bencana. Responden 1 s.d. 7 khawatir jika perubahan dalam hukum dan pajak membutuhkan pengurangan ataupun penambahan dari suatu pembayaran, kontrak pintar tidak bisa mengakomodasi hal ini karena sifatnya yang tidak dapat dibalik (*irreversibility*). Oleh karena itu, disarankan agar proyek yang rentan terhadap variasi tidak menggunakan kontrak pintar. Hal ini bisa menjadi masalah bagi proyek jangka panjang karena banyak faktor eksternal yang bisa memungkinkan addendum dalam struktur kontrak. Jenis kontrak yang lebih sederhana akan lebih mudah untuk dikelola. Responden 1 menekankan bahwa harus ada kesepakatan kuat antara klien dan kontraktor sebelum mengeksekusi kontrak pintar karena sifatnya yang tidak dapat dibalik. Oleh karena itu, komunikasi dan konsensus antara para pihak sangat penting dalam implementasi. Jika salah satu pihak memutuskan perubahan dalam struktur atau syarat kontrak, hal ini tidak akan mudah untuk dikelola di masa depan. Sifat yang tidak dapat diubah dari kontrak pintar akan menimbulkan inefisiensi dalam 'kewajaran' yang melekat dalam manajemen kontrak, biasanya ditemukan dalam klausul diskresioner (Giancaspro, 2017).<sup>41</sup> Hal ini menimbulkan kebutuhan bagi profesional yang mahir dalam pemrograman untuk berkolaborasi dengan pengacara atau tim hukum untuk memantau atau menegakkan kontrak manakala *smart contract* akan dibuat.

Pemanfaatan *cryptocurrency* merupakan fitur utama dalam penerapan *smart contract*, karena otomatisasi eksekusi akan selanjutnya merilis pembayaran dalam bentuk *cryptocurrency*. Namun, semua responden setuju bahwa mereka tidak tahu banyak tentang *cryptocurrency*, karena belum dipraktikkan sebagai bentuk pembayaran dalam industri konstruksi. Para responden khawatir tentang fleksibilitas dalam menggunakan *cryptocurrency* dalam industri konstruksi. Namun, Responden juga percaya bahwa mungkin saja untuk pertukaran barang jika layanan dan pekerjaan lain juga menggunakan *cryptocurrency*. Responden 1 s.d. 7 juga tidak bisa memberikan pendapat tentang penggunaan *cryptocurrency* karena kurangnya pengetahuan tentang penggunaan *cryptocurrency* dalam dunia konstruksi. Responden 8, dari latar belakang akademisi merupakan ahli dibidang hukum dan teknologi, menekankan bahwa apapun sistem informasi khususnya bersinggungan dengan cyber maupun Teknologi *blockchain*. Harus berjalan dalam koridor peraturan-peraturan hukum yang berlaku di Indonesia dimana harus handal, aman dan bertanggung jawab. Sehingga untuk sistem maupun Teknologi yang ada di Indonesia sebaiknya sudah di Audit

<sup>40</sup> Li, J., Greenwood, D., & Kassem, M. (2019). Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*, 102, 288-307. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>

<sup>41</sup> Giancaspro, M. (2017). Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective. *Computer Law and Security Review*, 33(6), 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>

oleh pemerintah. Sesuai dengan UU ITE & PP No 82/2012 yang telah diubah menjadi PP No 71/2019 maka setiap sistem/teknologi yang akan digunakan untuk pelayanan public maupun penyelenggaraan *administrative* pemerintah harus melalui Sertifikasi Kelaikan untuk menjamin pelaksanaan IT Governance. Untuk System Engineering non pelayanan public maka harus dilakukan pendaftaran dan sertifikasi keandalan (opsional/fakultatif). Apabila hal tersebut dipenuhi maka output dari sistem tersebut yang berbentuk digital maka akan dapat dijadikan alat bukti otentik. Oleh karena itu, menunjukkan adanya celah yang perlu ditutup dalam implementasi kontrak pintar. Harus ada lebih banyak pelatihan profesional konstruksi yang perlu mendidik praktisi jika *cryptocurrency* digunakan dalam industri konstruksi kedepannya.

Tantangan lain dalam implementasi kontrak pintar adalah kurangnya preseden hukum dan produk hukum. Responden 1 dan Responden 8 percaya bahwa menemukan preseden hukum dan menutupi yurisdiksi hukum akan menjadi tantangan. Seperti yang diinformasikan oleh Responden 8, *cryptocurrency* yang belum diakui secara resmi oleh pemerintah mana pun sebagai transaksi yang sah dapat menimbulkan risiko hukum, dan tidak ada entitas hukum untuk menegakkan dan mengautentikasi transaksi ini. Hal ini penting karena kontrak sangat bergantung pada syarat dan ketentuan untuk mengatur dan menegakkan regulasi. Oleh karena itu, kontrak yang ditulis dalam bahasa yang lebih mudah dipahami oleh mayoritas praktisi konstruksi lebih disukai dibandingkan kontrak yang ditulis dalam bahasa hukum tradisional sebagaimana yang disampaikan oleh Boon (Bolhassan et al., 2021).<sup>42</sup> Responden 1 s.d. 7 percaya bahwa ada kesenjangan dalam personel yang kompeten dan infrastruktur IT di industri untuk melaksanakan kontrak pintar. Kontrak pintar dikembangkan dalam lingkungan yang berbeda, dan syarat-syaratnya harus dibaca, dipahami, dan segera dikodekan ke dalam komputer. Oleh karena itu, hal ini mendukung gagasan tentang kebaruan dalam implementasi kontrak pintar, dimana ada banyak kesenjangan dalam teori dan praktek, sebelum implementasi di industri konstruksi. Ada juga kebutuhan untuk tingkat kemajuan teknologi tertentu dalam industri konstruksi untuk berhasil menerapkan kontrak pintar. Tingkat digitalisasi industri konstruksi belum cukup untuk menerapkan teknologi baru seperti kontrak pintar. Singkatnya, tantangan implementasi kontrak pintar dirangkum dalam Tabel 4.

*Table 4 Tantangan dalam Penerapan Smart Contract*

No	Deskripsi	Penjelasan
1	<i>Novelty</i> /Kebaruan	Kurangnya peraturan hukum dan infrastruktur.
2	Kesalahan Manusia dalam Pengkodean	Rawan kesalahan manusia dalam pengkodean yang mungkin memberikan masalah besar bagi sistem.
3	Tidak dibalikan kepada keadaan semula ( <i>irreversibility</i> ) dan tidak dapat diubah ( <i>Immutable</i> )	Tidak/Belum cocok untuk proyek jangka panjang, yang rentan terhadap perubahan atau variabel karena kontrak pintar tidak dapat diubah.
4	Masalah Keamanan Siber	Risiko masalah keamanan siber dalam administrasi kontrak, sebagaimana informasi dalam kontrak, bersifat rahasia (apalagi berkaitan dengan kontrak pemerintah yang merupakan rahasia Negara).
5	Ketidakpastian pada <i>Cryptocurrency</i>	Belum dipraktikkan dalam pembayaran konstruksi, dan tidak banyak pengetahuan tentang stabilitas mata

<sup>42</sup> Dewi Noorain Bolhassan, Chai Changsaar, Ali Raza Khoso, Loo Siawchuing, Jibril Adewale Bamgbade1 and Wong Ngie Hing (2021). *Towards Adoption of Smart Contract in Construction Industry in Malaysia*. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 30 (1): 141 - 160. doi: <https://doi.org/10.47836/pjst.30.1.08>

### 3.3. Kerangka Kerja Smart Contract untuk Industri Konstruksi Indonesia

Kerangka Kerja Kontrak Cerdas untuk Industri Konstruksi Indonesia memperkenalkan pendekatan baru dalam manajemen kontrak konstruksi. Pemberi Kerja (E) dan Kontraktor Utama (MC) perlu menyepakati ketentuan pembayaran dalam kerangka yang diusulkan. Ketentuan yang disepakati disajikan sebagai protokol terkomputerisasi melalui kontrak pintar yang diterapkan pada sistem *blockchain*. Pembayaran kemajuan bulanan diasumsikan dilakukan.

Dalam kontrak pintar, pembayaran yang diproyeksikan telah ditentukan sebelumnya sehubungan dengan kemajuan proyek yang direncanakan. Kemudian, setelah persetujuan pembayaran, kontrak pintar secara otomatis mentransfer jumlahnya ke dompet subkontraktor dan pemasok kontraktor sesuai dengan ketentuan yang disepakati. Transaksi ini menggunakan cryptocurrency yang unik untuk setiap proyek, dan ini harus menyertakan jumlah darurat untuk menutupi potensi fluktuasi mata uang kripto.

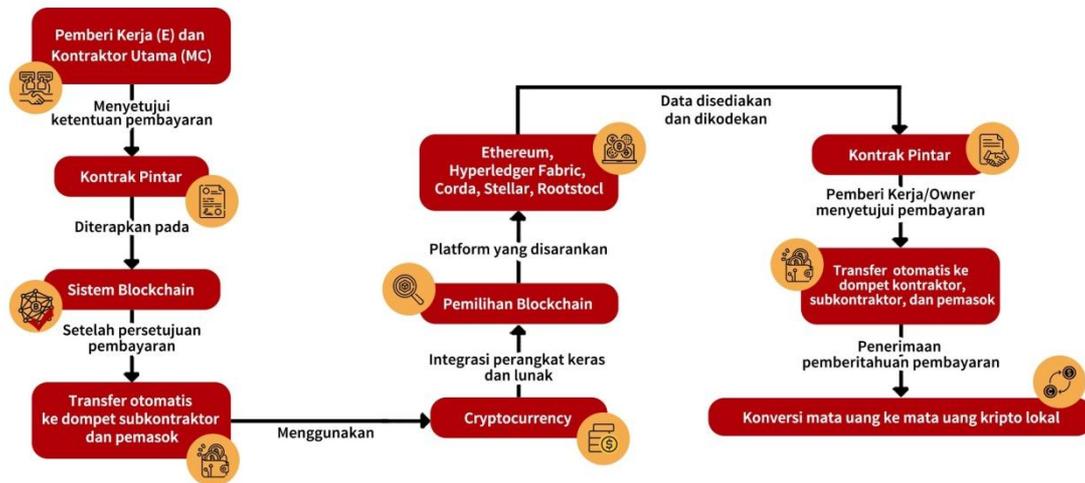
Ada konsensus bahwa mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak, termasuk skalabilitas, keamanan, dan privasi, sangat penting dalam memilih *blockchain*. Platform yang disarankan untuk mengeksekusi kontrak pintar ini di *blockchain* meliputi; Ethereum, Hyperledger Fabric, Corda, Stellar, dan Rootstock sebagai platform pengembang kontrak pintar utama berdasarkan popularitas. Ethereum, yang memiliki basis di Kuala Lumpur (Malaysia) Negara tetangga kita, memiliki pengaruh pasar terbesar di antara yang lain.

Prosedur kontrak pintar memungkinkan pelepasan jumlah yang diblokir. Dalam sistem ini, data disediakan dan dikodekan ke dalam kontrak pintar. Data yang diperlukan adalah data jadwal pembayaran, tanggal penyelesaian aktual, pembayaran yang dianggarkan dan aktual, dan informasi pihak-pihak seperti kontraktor, subkontraktor, dan pemasok. Selama periode *cut off*, kontraktor dapat memperbarui jadwal yang direncanakan dan aktual serta data pembayaran untuk persetujuan dan pembayaran pemberi kerja. Majikan dapat mengklik tombol otorisasi ('menyetujui', 'membayar'). Jumlah pembayaran akan secara bersamaan ditransfer ke dompet kontraktor utama, subkontraktor, dan pemasok tertentu melalui kontrak pintar. Jika Kontraktor/pemasok/ subkontraktor menerima pemberitahuan pembayaran, mereka akan mengubah mata uang menjadi jumlah mata uang kripto lokal.

Namun, perlu dicatat bahwa implementasi *Smart Contract* dalam industri konstruksi menghadapi tantangan seperti masalah hukum dan regulasi, kurangnya pemahaman tentang *blockchain* dan *cryptocurrency*, serta kebutuhan akan pendidikan dan pelatihan lebih lanjut. Isu keamanan siber dan rentan terhadap serangan juga menjadi perhatian, membutuhkan tingkat keamanan *blockchain* yang tinggi. Tantangan lain termasuk skalabilitas, karena sistem *blockchain* harus mampu menangani volume transaksi besar. Akhirnya, adopsi dan penerimaan teknologi ini oleh industri konstruksi masih terbatas, mungkin disebabkan oleh kurangnya pemahaman dan keterampilan teknis.<sup>43</sup>

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan upaya bersama dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, perusahaan konstruksi, dan komunitas teknologi. Pemerintah dapat berperan dalam membuat regulasi yang mendukung penggunaan kontrak pintar, sementara perusahaan konstruksi perlu berinvestasi dalam pelatihan dan pengembangan keterampilan pekerja mereka. Komunitas teknologi, di sisi lain, dapat berkontribusi dengan terus mengembangkan dan memperbaiki teknologi *blockchain* dan kontrak pintar.

<sup>43</sup> Savelyev, A. (2018). Contract law 2.0: 'Smart' contracts as the beginning of the end of classic contract law. *Information & Communications Technology Law*, 27(2), 116-134. (<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13600834.2018.1475906>)



Gambar 2 Kerangka Kerja

### Penjelasan dalam Gambar Kerangka Kerja:

Pemberi Kerja (E/*Employer*) dan Kontraktor Utama (MC/*Main Contractor*) sepakat tentang ketentuan pembayaran yang kemudian disajikan sebagai kontrak pintar. Kontrak pintar ini diterapkan pada sistem blockchain. Setelah persetujuan pembayaran, kontrak pintar secara otomatis mentransfer jumlah pembayaran ke dompet subkontraktor dan pemasok kontraktor. Transaksi ini menggunakan cryptocurrency. Mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak, termasuk skalabilitas, keamanan, dan privasi, sangat penting dalam memilih blockchain. Ethereum, Hyperledger Fabric, Corda, Stellar, dan Rootstock adalah platform yang disarankan untuk mengeksekusi kontrak pintar ini di blockchain. Data disediakan dan dikodekan ke dalam kontrak pintar. Pemberi kerja dapat mengklik tombol otorisasi ('menyetujui', 'membayar'), dan jumlah pembayaran akan secara bersamaan ditransfer ke dompet kontraktor utama, subkontraktor, dan pemasok tertentu melalui kontrak pintar. Jika Kontraktor/pemasok/subkontraktor menerima pemberitahuan pembayaran, mereka akan mengubah mata uang menjadi jumlah mata uang kripto lokal.

## 4. Conclusion and Recommendation

### 4.1. Conclusion

*Smart Contract*, yang pertama kali dicetuskan oleh Nick Szabo pada tahun 1994, adalah sebuah konsep kontrak digital yang dapat dijalankan secara otomatis oleh program komputer. Konsep ini muncul sebagai respons terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan manusia akan efisiensi dan keamanan dalam melakukan transaksi. *Smart Contract*, atau kontrak cerdas, dirancang dengan teknologi blockchain, sebuah platform desentralisasi yang memungkinkan transaksi terekam dan terintegrasi secara digital tanpa melibatkan pihak ketiga. Dalam format ini, kontrak dapat diubah menjadi kode komputer, disimpan, dan diperbanyak dalam sistem, serta diawasi oleh jaringan komputer yang menjalankan blockchain tersebut.

*Smart Contract* memfasilitasi, memverifikasi, atau menegakkan negosiasi atau kinerja suatu kontrak secara digital. Transaksi ini dapat dilacak dan tidak dapat diubah. Dengan menggunakan mekanisme kriptografi dan keamanan lainnya, *Smart Contract* dapat mengamankan banyak hubungan yang dapat ditentukan algoritma dari pelanggaran oleh prinsipal, dan dari penyadapan atau gangguan jahat oleh pihak ketiga. *Smart Contract* memungkinkan pertukaran uang, properti, saham, atau apapun secara transparan, tanpa konflik dan tanpa perantara. Hal ini dapat memberikan keamanan yang lebih unggul dari hukum kontrak tradisional serta mengurangi biaya transaksi lainnya yang terkait dengan kontrak.

Industri konstruksi di Indonesia, yang menunjukkan pertumbuhan signifikan dan didukung oleh belanja pemerintah, dapat memanfaatkan *Smart Contract* dalam proses pengadaan barang dan jasa. Dengan menggunakan *Smart Contract*, proses di industri konstruksi dapat menjadi lebih efisien, aman, dan akuntabel. Namun, meski ada potensi peningkatan produktivitas yang signifikan melalui digitalisasi, industri konstruksi masih menghadapi tantangan dalam hal produktivitas. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi manfaat dan tantangan penerapan *Smart Contract* di industri konstruksi Indonesia.

Hasil penelitian mengenai keuntungan dari penggunaan smart contract menunjukkan potensi peningkatan dalam pengelolaan kontrak dalam proyek konstruksi. Namun, evaluasi terhadap penerapan smart contract ini juga menemukan berbagai tantangan. Mengingat teknologi ini masih dalam tahap awal, tantangan yang ditemukan perlu ditinjau secara komprehensif untuk memastikan tidak ada dampak negatif pada implementasinya. Misalnya, isu seputar kode kontrak yang tidak dapat diubah perlu diidentifikasi dan ditangani sebelum implementasi.

Berdasarkan kerangka kerja yang telah dikembangkan, penting untuk mempertimbangkan semua skenario dan mencapai kesepakatan yang kuat dan bersama. Analisis terhadap manfaat dan tantangan menunjukkan bahwa saat ini, *smart contract* lebih sesuai untuk diterapkan pada kontrak jangka pendek yang tidak mengalami banyak perubahan.

Industri konstruksi sering kali menghadapi masalah dalam pengelolaan kontrak, yang sering kali menghasilkan banyak perselisihan dan membutuhkan waktu lama untuk diselesaikan. Pengenalan *smart contract*, dimana kewajiban dikodekan dalam sistem, dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan waktu yang dihabiskan tim manajemen kontrak untuk mengelola perselisihan.

Teknologi ini dapat memberikan kejelasan dan efisiensi dalam proses manajemen kontrak, memungkinkan pergeseran paradigma menuju penyampaian proyek yang lebih proaktif dan efisien. Pendekatan baru ini dalam implementasi *smart contract* dapat meningkatkan kinerja kontrak kontraktor, dan memungkinkan fokus lebih pada kualitas pekerjaan.

#### 4.2. Recommendation

Dalam merencanakan implementasi smart contract, terutama dalam sektor konstruksi, penting bagi *stakeholder* untuk mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk potensi tantangan dan permasalahan yang mungkin muncul. Berikut adalah rekomendasi menyeluruh untuk stakeholder: Pertama, Stakeholder harus memiliki pemahaman yang kuat tentang teknologi *blockchain* dan *smart contract*, termasuk bagaimana mereka bekerja, manfaatnya, dan potensi risiko yang mungkin muncul. Kedua, Sebelum implementasi, penting untuk melakukan evaluasi risiko menyeluruh. Ini termasuk mempertimbangkan tantangan terkait dengan pengkodean yang tidak dapat diubah dalam smart contract dan bagaimana hal ini dapat mempengaruhi proses kontrak. Ketiga, Implementasi *smart contract* harus selaras dengan regulasi nasional. Di Indonesia, ini termasuk Kitab Undang-Undang Hukum Perdata (KUH Perdata), Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE), dan Peraturan Pemerintah (PP) No. 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem Elektronik. Selain itu, dalam konteks sektor konstruksi, Undang-Undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi juga relevan. Harmonisasi antara regulasi ini dan teknologi *smart contract* penting untuk memastikan bahwa implementasi berjalan lancar dan sesuai dengan hukum yang berlaku. Keempat, mengingat kompleksitas hukum dan regulasi yang terkait dengan smart contract, disarankan untuk berkonsultasi dengan ahli hukum yang memiliki pengetahuan tentang teknologi ini dan hukum yang relevan. Kelima, mengacu pada kerangka kerja yang telah dikembangkan, penting untuk mempertimbangkan semua skenario yang mungkin terjadi selama implementasi. Ini termasuk mempertimbangkan bagaimana *smart contract* dapat diterapkan dalam kontrak jangka pendek yang tidak mengalami variasi. Keenam, Infrastruktur teknologi yang kuat dan aman adalah prasyarat untuk implementasi *smart contract*. Ini termasuk sistem yang dapat mendukung operasi *smart contract* dan mekanisme keamanan untuk melindungi data dan transaksi. Membuat penyimpanan data (*Big Data*) di dalam negeri yaitu negara Indonesia adalah pilihan terbaik yang dapat diambil. Kedelapan,

untuk memastikan implementasi yang sukses, penting untuk memberikan pelatihan dan pendidikan kepada semua pihak yang terlibat. Ini termasuk pelatihan tentang cara kerja *smart contract*, bagaimana menggunakannya, dan bagaimana mengelola risiko yang mungkin muncul.

Rekomendasi harmonisasi pada poin ketiga dalam hal ini berarti bahwa perlu ada penyesuaian dan peninjauan ulang terhadap hukum dan peraturan yang ada untuk memastikan bahwa mereka dapat mendukung dan mengakomodasi penggunaan teknologi *blockchain* dan *smart contract*. Ini mungkin melibatkan perubahan atau penambahan pada hukum yang ada, atau bahkan penciptaan hukum baru yang khusus untuk teknologi ini. Harmonisasi juga berarti memastikan bahwa tidak ada konflik antara hukum dan peraturan yang berbeda, dan bahwa mereka semua mendukung penggunaan teknologi ini dalam cara yang aman dan efektif. Ini akan memungkinkan Indonesia untuk memanfaatkan potensi penuh dari teknologi *blockchain* dan *smart contract*, sambil juga memastikan bahwa penggunaan teknologi ini dilindungi oleh hukum. Dengan mempertimbangkan rekomendasi ini, stakeholder dapat merencanakan dan melaksanakan implementasi *smart contract* dengan cara yang efektif dan efisien, sambil meminimalkan potensi risiko dan tantangan. Harmonisasi merujuk pada upaya untuk memastikan bahwa berbagai peraturan dan hukum yang ada, seperti Kitab Undang-Undang Hukum Perdata (KUH Perdata), Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE), Undang-Undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi dan Peraturan Pemerintah (PP) No. 71 Tahun 2019, dapat berfungsi secara efektif dan kohesif dalam lingkungan yang juga mencakup teknologi *blockchain* dan *smart contract*.

## 5. Acknowledgments

Penulis berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Andalas, Padang Sumatera Barat dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah menyediakan sumber daya dan lingkungan penelitian yang kondusif.

## References

### Skripsi:

Adhijoso, B. D. (2019). Penerapan Smart Contract Dalam Asuransi Pertanian DiIndonesia. Skripsi, Fakultas Hukum Universitas Airlangga, Surabaya, 43.

### Jurnal:

Ahmadisheykhsarmast, S., & Sonmez, R. (2020). A smart contract system for security of payment of construction contracts. *Automation in Construction*, 120, Article 103401. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103401>

Al-Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Blockchain in Industries: A Survey. *IEEE Access*, 7, 36500–36515. Doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2903554>

Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. doi: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3>

Bolhassan, D. N., Changsaar, C., Khoso, A. R., Siawchuing, L., Bamgbade1, J. A., & Hing, W. N. (2021). Towards Adoption of Smart Contract in Construction Industry in Malaysia. *Pertanika J. Sci. & Technol.* 30 (1): 141 - 160. doi: <https://doi.org/10.47836/pjst.30.1.08>

Bouchlaghem, D., & Shelbourn, M. (2011). An information exchange model for improved multidisciplinary collaboration. *ITcon Vol. 6, Special Issue CIB W78 Workshop on Construction Information Technology in Education*, pg. 85-96.

Dattakumar, R., & Jagadeesh, R. (2003). A review of literature on benchmarking. *Benchmarking: An International Journal*, 10(3), 176-209. <https://doi.org/10.1108/14635770310477744>

- Erlingsson, C., & Brysiewicz, P. (2017). A hands-on guide to doing content analysis. *African Journal of Emergency Medicine*, 7(3), 93-99. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211419X17300423?via%3Dihub>
- Giancaspro, M. (2017). Is a 'smart contract' really a smart idea? Insights from a legal perspective. *Computer Law and Security Review*, 33(6), 825-835. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2017.05.007>
- Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16204405/>
- Li, J., Greenwood, D., & Kassem, M. (2019). Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*, 102 288-307. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
- Liu, Z., Jiang, L. J., Osmani, M., & Demian, P. (2019). Building Information Management (BIM) and Blockchain (BC) for Sustainable Building Design Information Management Framework. <https://doi.org/10.3390/electronics8070724>
- Lu, H., Huang, K., Azimi, M., & Guo, L. (2019). Blockchain Technology in the Oil and Gas Industry: A Review of Applications, Opportunities, Challenges, and Risks. *Diakses dari* <https://doi.org/10.1109/access.2019.2907695>
- Maskuriy, R., Selamat, A., Ali, K. N., Maresova, P., & Krejcar, O. (2019). Industry 4.0 for the Construction Industry –How Ready Is the Industry? *Applied Sciences*, 9(14), 2819. <https://doi.org/10.3390/app9142819>
- Raskin, M. (2017). The Law And Legality Of Smart Contracts. *Georgetown Law Technology Review*, 1(2), 320. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2959166](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2959166)
- Rathnayake, I., Wedawatta, G., & Tezel, A. (2022). Smart Contracts in the Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 12(12), 2082. <https://doi.org/10.3390/buildings12122082>
- Salvayef, A. (2017). Copyright In The Blockchain Era: Promises And Challenges. *Diakses dari* <https://wp.hse.ru/data/2017/11/21/1160790875/77LAW2017.pdf>
- Savelyev, A. (2018). Contract law 2.0: 'Smart' contracts as the beginning of the end of classic contract law. *Information & Communications Technology Law*, 27(2), 116-134. <https://wp.hse.ru/data/2016/12/14/1111743800/71LAW2016.pdf>
- Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, 2(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>
- Tezel, A., Papadonikolaki, E., Yitmen, I., & Hilletoft, P. (2020). Preparing construction supply chains for blockchain technology: An investigation of its potential and future directions. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-01110-8>
- Tijan, E., Aksentijević, S., Ivanić, K. Z., & Jardas, M. (2019). Blockchain Technology Implementation in Logistics. *Sustainability*, 11(4), 1185. <https://doi.org/10.3390/su11041185>
- Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Doi* : <https://doi.org/10.1108/scm-01-2018-0029>
- Turk, Ž., & Klinc, R. (2017). Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. *doi*: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.052>
- Zheng, R. Y., Jiang, J., Hao, X., Ren, W., Xiong, F., & Ren, Y. (2019). bcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2019, 5349538. *Doi*: <https://doi.org/10.1155/2019/5349538>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. J. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *doi*: <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

**Website:**

- Bisnis. (2021). <https://ekonomi.bisnis.com/read/20210805/45/1426247/akhirnya-zona-positif-kuartal-ii2021-konstruksi-tumbuh-567-persen>
- Detik. (2022) <https://inet.detik.com/business/d-6304171/regulasi-blockchain-di-indonesia-beda-dengan-aset-kripto-ini-penjelasan-aset-kripto-ini-penjelasan>
- ForConstructionPros. (2023). Construction Digitization: Understanding the Impact on Profitability. Diakses dari <https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/21451673/construction-digitization-understanding-the-impact-on-profitability>
- Kataboks. (2022). <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/03/11/didukung-belanja-pemerintah-sektor-konstruksi-tumbuh-281-pada-2021>
- Kementerian PUPR. (2022). Kementerian PUPR Terus Berkomitmen Tingkatkan Penggunaan Produk Dalam Negeri Pada TA 2022. Diakses pada tanggal 17 April 2022, dari <https://www.pu.go.id/berita/kementerian-pupr-terus-berkomitmen-tingkatkan-penggunaan-produk-dalam-negeri-pada-ta-2022>
- Kementerian PUPR. (2023). Pagu Anggaran Kementerian PUPR Tahun 2023 Sebesar Rp1252 Triliun Disetujui Komisi V DPR RI. Diakses pada tanggal 6 Februari 2023, dari <https://pu.go.id/berita/pagu-anggaran-kementerian-pupr-tahun-2023-sebesar-rp1252-triliun-disetujui-komisi-v-dpr-ri>
- McKinsey. (2023a). Decoding digital transformation in construction. Diakses dari <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/decoding-digital-transformation-in-construction>
- McKinsey. (2023b). Imagining construction's digital future. Diakses dari <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>
- TechnoBusiness. (2021). <https://technobusiness.id/insight/spire-insights/2021/05/06/spire-insights-potensi-industri-konstruksi-di-indonesia/>