

Smart Contracts: Validitas Hukum dan Tantangan di Masa Depan Indonesia

Willion Lim¹ Steven Angkasa² Alexander Danelo Putra Wibowo³

Jurusan Hukum, Universitas Tarumanagara Jakarta, Indonesia^{1,2,3}

Email: willion.205230005@stu.untar.ac.id¹ steven.205230014@stu.untar.ac.id²

alexander.205230023@stu.untar.ac.id³

Abstrak

Perkembangan teknologi yang terus melaju pesat memunculkan beragam inovasi teknologi baru, salah satunya adalah *Smart Contracts*. *Smart Contracts* atau yang lazim dikenal dengan kontrak pintar adalah kontrak yang dijalankan secara otomatis dengan ketentuan - ketentuan yang tertulis dalam kode program. mereka beroperasi di atas teknologi *blockchain* yang memastikan bahwa semua transaksi dan ketentuan yang dijalankan adalah transparan, aman, dan tidak dapat diubah. Salah satu hal yang menjadi daya jual dari *Smart Contracts* ini adalah kemampuannya untuk mengotomatisasi dan menegakkan ketentuan-ketentuan tanpa memerlukan campur tangan manusia. Melalui sistem *Blockchain*, para pihak tidak perlu saling mengenal atau mempercayai satu sama lain untuk berinteraksi. Transaksi elektronik dapat diverifikasi secara otomatis dan dicatat oleh jaringan komputer menggunakan algoritma kriptografi. Pada saat ini, Adopsi penerapan *Smart Contracts* di Indonesia masih dalam tahap awal, dengan regulasi yang lebih berfokus pada aset kripto. Berbagai sektor seperti perbankan dan logistik telah mulai mengeksplorasi teknologi ini. Meskipun demikian, masih terdapat berbagai tantangan besar seperti kurangnya pemahaman, kekurangan ahli, hingga potensi bug. Oleh karena itu, untuk meningkatkan adopsi *Smart Contracts* di Indonesia, penting bagi pemerintah dan otoritas terkait untuk mengembangkan regulasi khusus yang mendukung penggunaan teknologi ini sambil memastikan keamanan dan perlindungan pengguna. Selain itu, Kolaborasi antara pemerintah, industri, dan akademisi juga diperlukan untuk menciptakan ekosistem yang kondusif bagi perkembangan teknologi *Smart Contracts* di Indonesia.

Kata Kunci: Smart Contracts; Kripto; Blockchain

Abstract

The rapid advancement of technology has led to a variety of new technological innovations, one of which is Smart Contracts. Smart Contracts, commonly known as intelligent contracts, are contracts that are executed automatically according to the conditions written in the program code. They operate on blockchain technology, ensuring that all transactions and conditions executed are transparent, secure, and immutable. One of the selling points of Smart Contracts is their ability to automate and enforce terms without the need for human intervention. Through the Blockchain system, parties do not need to know or trust each other to interact. Electronic transactions can be automatically verified and recorded by a network of computers using cryptographic algorithms. Currently, the adoption of Smart Contracts in Indonesia is still in its early stages, with regulations focusing more on crypto assets. Various sectors, such as banking and logistics, have begun to explore this technology. However, there are still significant challenges, such as a lack of understanding, a shortage of experts, and potential bugs. Therefore, to enhance the adoption of Smart Contracts in Indonesia, it is important for the government and relevant authorities to develop specific regulations that support the use of this technology while ensuring user security and protection. Additionally, collaboration between the government, industry, and academia is also needed to create a conducive ecosystem for the development of Smart Contract technology in Indonesia.

Keywords: Smart Contracts; Crypto; Blockchain



This work is licensed under a [Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Hukum bergerak secara dinamis seiring dengan perkembangan masyarakat. Dengan demikian, hukum harus membuka ruang terhadap perubahan (*tempora mutantur, nos et mutamur in illis*)¹. Kontrak pintar, atau yang dikenal dalam bahasa Inggris "smart contracts", adalah sebuah inovasi teknologi yang muncul sebagai bagian dari revolusi *Blockchain* dan memiliki potensi untuk mengubah banyak aspek kehidupan digital kita. Kontrak pintar pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli kriptografi dan ilmuwan komputer bernama Nick Szabo pada tahun 1994². Szabo, yang juga dikenal karyanya dalam mata uang digital, mendefinisikan kontrak pintar sebagai protokol transaksi komputer yang mengeksekusi ketentuan-ketentuan kontrak secara otomatis. Gagasan ini muncul dari keinginan untuk mengurangi kebutuhan akan perantara dalam transaksi dan untuk mengurangi biaya transaksi serta meningkatkan keamanan. Dapat dicontohkan dalam melakukan transaksi di bursa *cryptocurrency* terdesentralisasi, memfasilitasi permainan dan pertukaran barang koleksi antar peserta di *ledger* terdistribusi, dan menjalankan program judi online³. Teknologi ini memanfaatkan *Blockchain* sebagai basis untuk memastikan keandalan, transparansi, dan otomatisasi dalam proses kontraktual. Secara sederhana, *Blockchain* merupakan sistem penyimpanan *database* berbasis digital dimana didesainnya teknologi ini sebagai *platform* untuk menyimpan informasi elektronik dalam format digital yang mampu menjaga catatan transaksi dengan aman dan terdesentralisasi.

Pada awalnya, konsep kontrak pintar lebih merupakan teori daripada aplikasi praktis. Infrastruktur teknologi pada masa itu belum cukup matang untuk mendukung implementasi kontrak pintar (*smart contracts*) yang kompleks. Namun, dengan munculnya teknologi *blockchain* pada tahun 2008 yang dipelopori oleh seseorang atau sekelompok orang dengan nama samaran Satoshi Nakamoto melalui penemuan *bitcoin*, fondasi untuk realisasi kontrak pintar (*smart contracts*) mulai terbentuk. *Blockchain* menyediakan sistem *ledger* yang terdesentralisasi, aman, dan transparan, yang menjadi landasan bagi kontrak pintar untuk diimplementasikan secara efektif. Penerapan pertama yang signifikan dari kontrak pintar terjadi dengan diperkenalkannya *Ethereum* pada tahun 2015, sebuah platform *Blockchain* yang dirancang khusus untuk mendukung kontrak pintar. Vitalik Buterin, pendiri *Ethereum*, mengembangkan platform ini dengan tujuan untuk membuat aplikasi terdesentralisasi (dApps) yang berjalan pada *Blockchain*. *Ethereum* menggunakan bahasa pemrograman *Turing-Complete* yang memungkinkan penulisan skrip kontrak pintar yang kompleks dan eksekusi otomatisnya di atas *Blockchain*. Pada dasarnya *smart contracts* merupakan "uang yang bisa diprogram". Yang dimaksud dengan "uang yang bisa di program" adalah seluruh developer *cryptocurrency* dapat membangun aplikasi yang terdesentral di atas jaringan *Ethereum* yang mana semua transaksinya berbasis *smart contracts*. Hal tersebut memungkinkan lahirnya suatu sistem terdesentral yang sangat netral dan tidak memihak⁴. Perkembangan kontrak pintar terus berlanjut dengan munculnya berbagai platform *Blockchain* lain yang juga mendukung kontrak pintar, seperti EOS (*Electro Optical System*), *Hyperledger*, dan *Binance Smart Chain*⁵. Masing-

¹ Benny Riyanto, "Pembangunan Hukum Nasional di era 4.0". <https://rechtsvinding.bphn.go.id/artikel/1.%20H.R.%20Benny%20Riyanto.pdf> Diakses pada 12 Juni 2024.

² Nick Szabo, "The idea of smart contracts. Nick Szabo's Papers and Concise Tutorials" <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html> Diakses pada 9 Juni 2024.

³ Lord Chancellor and Secretary of State for Justice. *Smart Legal Contracts Advice to Government*. (UK, HH Associates, 2021), hal 1

⁴ Akademi Crypto, *Crypto Trading Guide*, (Tangerang, PT. Akademi Uang Digital, 2023), hal 14

⁵ Buterin, V., & Wood, G, "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. *White Paper*, Ethereum Foundation", https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf Diakses pada 12 Juni 2024.

masing *platform* ini menawarkan berbagai keunggulan, seperti kecepatan transaksi yang lebih tinggi, biaya yang lebih rendah, dan interoperabilitas dengan sistem lain. Selain itu, perkembangan dalam bidang teknologi kriptografi dan keamanan siber telah semakin memperkuat kehandalan dan keamanan kontrak pintar. Salah satu hal yang paling penting mengenai kontrak pintar adalah kemampuannya untuk mengotomatisasi dan menegakkan ketentuan-ketentuan tanpa memerlukan campur tangan manusia. Hal ini dicapai melalui penggunaan skrip kode yang terprogram untuk melakukan tindakan tertentu ketika kondisi-kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya terpenuhi. Misalnya, dalam sebuah kontrak sewa - menyewa properti, pembayaran sewa bulanan dapat diotomatisasi dan dikirimkan kepada pemilik properti jika penyewa telah melakukan pembayaran tepat waktu, semuanya tanpa memerlukan perantara.

Keunggulan lain dari kontrak pintar adalah transparansinya. Semua transaksi dan eksekusi kontrak disimpan dalam *Blockchain* yang bersifat publik dan dapat diaudit oleh siapa saja. Hal ini meningkatkan kepercayaan dan mengurangi kemungkinan terjadinya kecurangan. Selain itu, kontrak pintar juga menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrak tradisional, karena mengurangi kebutuhan akan dokumen fisik dan proses verifikasi manual. Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, kontrak pintar juga memiliki tantangan dan keterbatasan yang perlu diatasi. Salah satu tantangan terbesar adalah masalah skalabilitas. Dengan meningkatnya jumlah transaksi dan pengguna, jaringan *Blockchain* dapat mengalami kemacetan dan biaya transaksi dapat meningkat. Selain itu, kode kontrak pintar harus ditulis dengan sangat hati-hati karena bug atau kerentanan dalam kode dapat dimanfaatkan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Contoh terkenal dari masalah ini adalah insiden DAO (*Decentralized Autonomous Organization*) pada tahun 2016, di mana seorang hacker berhasil mengeksploitasi kerentanan dalam kode kontrak pintar dan mencuri *Ethereum* senilai jutaan dollar⁶. Selain itu, regulasi juga menjadi salah satu tantangan utama dalam adopsi kontrak pintar secara luas. Banyak yurisdiksi hukum masih belum memiliki kerangka hukum yang jelas untuk mengatur kontrak pintar dan transaksi berbasis *Blockchain*. Hal ini menciptakan ketidakpastian bagi perusahaan dan individu yang ingin menggunakan teknologi ini. Namun, beberapa negara dan organisasi internasional mulai mengakui potensi kontrak pintar dan sedang berusaha untuk mengembangkan regulasi yang sesuai.

Pada akhirnya, kontrak pintar memiliki potensi besar untuk merevolusi berbagai industri, termasuk keuangan, properti, asuransi, dan logistik. Misalnya dalam industri keuangan, kontrak pintar dapat digunakan untuk mengotomatisasi proses pinjaman, perdagangan saham, dan manajemen aset⁷. Kemudian dalam industri properti, kontrak pintar dapat menyederhanakan proses jual beli dan penyewaan properti. Di sektor asuransi, kontrak pintar dapat digunakan untuk mempercepat proses klaim dan pembayaran. Dan dalam logistik, kontrak pintar dapat membantu dalam pelacakan dan pengelolaan rantai pasokan secara lebih efisien. Melalui sistem *Blockchain*, para pihak tidak perlu saling mengenal atau mempercayai satu sama lain untuk berinteraksi. Transaksi elektronik dapat diverifikasi secara otomatis dan dicatat oleh jaringan komputer menggunakan algoritma kriptografi. Hal ini dilakukan tanpa campur tangan manusia atau pihak berwenang seperti pemerintah, bank, atau lembaga keuangan lainnya⁸.

⁶ Zibin-zheng, "Blockchain challenges and opportunities : a survey", <https://allquantor.at/blockchainbib/pdf/zheng2018blockchain.pdf> Diakses pada 12 Juni 2024.

⁷ Szabo, N. (1997). Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets. hal 11

⁸ Khairil Faizal Khairi, "SMART CONTRACT IN ZAKAT COLLECTION TRANSACTIONS THROUGH THE DEVELOPMENT OF NEWLY-DEVELOPED BACKEND DEMO ZAKAT BLOCKCHAIN IN MAIWP-PPZ", *Jurnal AZJAF*, Vol.3, No.1 Tahun 2022, hal. 103.

Meskipun masih berada pada tahap awal, perkembangan teknologi dan inovasi dalam kontrak pintar terus berlangsung dengan cepat. Para peneliti dan pengembang di seluruh dunia terus bekerja untuk mengatasi tantangan yang ada dan mengembangkan aplikasi-aplikasi baru yang lebih aman, efisien, dan dapat diandalkan. Dengan demikian, masa depan kontrak pintar terlihat sangat menjanjikan, dan kita mungkin akan melihat adopsi yang lebih luas dalam berbagai aspek kehidupan kita dalam beberapa tahun mendatang. Secara keseluruhan, kontrak pintar merupakan salah satu inovasi teknologi yang paling menarik dan berpotensi besar dalam era digital saat ini. Dengan kemampuan untuk mengotomatisasi dan menegakkan ketentuan kontrak tanpa perantara, meningkatkan transparansi, dan mengurangi biaya, kontrak pintar menawarkan solusi yang inovatif untuk berbagai masalah yang ada dalam sistem kontrak tradisional. Namun, untuk mencapai potensi penuhnya, perlu adanya upaya kolaboratif dari berbagai pihak, termasuk pengembang teknologi, pembuat kebijakan, dan masyarakat luas, untuk mengatasi tantangan yang ada dan menciptakan ekosistem yang mendukung adopsi kontrak pintar secara luas⁹. Secara ringkas, kontrak pintar (*smart contracts*) memiliki kelebihan yang lebih efektif dibandingkan kontrak konvensional, yakni:

- Pengurangan risiko, dikarenakan kelebihan dari *Blockchain*, kontrak pintar yang telah disetujui tidak dapat diubah alias tercatat permanen;
- Pengurangan biaya, *Blockchain* dijadikan sebagai tempat yang dipercaya oleh para pihak yang bersepakat didalamnya tanpa melibatkan pihak ketiga yang memerlukan biaya tambahan untuk jasanya;
- Meningkatkan efisiensi dalam proses berbisnis, tidak terlalu bergantung pada perantara alias pihak ketiga¹⁰.

Kontrak pintar (*smart contracts*) memiliki potensi untuk menciptakan lingkungan yang lebih transparan dan efisien di berbagai sektor. Dengan dukungan regulasi yang tepat dan adopsi teknologi yang cerdas, kontrak pintar dapat menjadi fondasi masa depan validitas dan kepatuhan hukum. Masa depan kontrak pintar menjanjikan revolusi dalam proses bertransaksi dan mengelola perjanjian, membuka jalan bagi era baru dalam hukum dan bisnis.¹¹ Sehingga dengan memahami dan mengatasi tantangan yang ada serta memanfaatkan potensi yang ditawarkan oleh kontrak pintar, kita dapat menyambut masa depan di mana teknologi dan hukum bekerja sama untuk menciptakan dunia yang lebih adil dan efisien.

Rumusan Masalah

1. Apakah kontrak pintar sudah diakui sebagai kontrak yang sah di Indonesia ?
2. Bagaimanaantisipasi terhadap kesalahan atau bug yang mungkin terjadi dalam kode kontrak pintar (*smart contracts*) yang dapat menyebabkan eksekusi yang tidak diinginkan?

METODE PENELITIAN

Tulisan ini mengenakan penelitian hukum normatif atau yang lazim dikenal dengan tinjauan pustaka (*library research*) sebagai suatu proses untuk menemukan suatu aturan hukum, prinsip-prinsip hukum, maupun doktrin-doktrin hukum guna menjawab isu hukum

⁹ K. Christidis and M. Devetsikiotis, "Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things", IEEE Access, vol. 4, hal. 2301

¹⁰ Zibin Zheng, "An Overview on Smart Contracts: Challenges, Advances and Platforms" <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X19316280> [<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X19316280>] Diakses pada 9 Juni 2024.

¹¹ Khan, SN, Loukil, F, Ghedira-Guegan, C, & ..., "Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends", <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01127-0> Diakses pada 9 Juni 2024.

yang dihadapi¹². Penelitian ini memandang hukum sebagai sebuah sistem norma ideal yang dijelaskan sebagai eksplorasi dari sudut pandang dasar yang mencakup asas, norma, dan kaidah dari peraturan hukum, keputusan lembaga, perjanjian, dan doktrin. Secara sederhana, yang dimaksud dengan sistem norma adalah kumpulan kaidah atau aturan hukum.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Apakah kontrak pintar sudah diakui sebagai kontrak yang sah di Indonesia?

Kontrak pintar (*smart contract*) adalah salah satu inovasi teknologi yang muncul dari perkembangan *Blockchain*, terutama pada platform seperti *Ethereum*. Kontrak pintar, adalah program komputer yang berjalan pada *Blockchain* dan secara otomatis mengeksekusi perjanjian yang telah ditentukan sebelumnya tanpa memerlukan perantara pihak ketiga. Mereka dirancang untuk memfasilitasi, memverifikasi, atau menegakkan negosiasi atau kinerja kontrak¹³. Di Indonesia, perkembangan dan penerapan teknologi *Blockchain*, termasuk kontrak pintar, masih dalam tahap awal. Meski teknologi ini menjanjikan banyak manfaat, seperti transparansi, efisiensi, dan keamanan. Adopsinya memerlukan kerangka hukum yang jelas dan dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, pelaku industri, dan masyarakat. Saat ini, regulasi mengenai kontrak pintar di Indonesia masih belum sepenuhnya terdefinisi. Pemerintah Indonesia, melalui berbagai lembaga seperti Otoritas Jasa Keuangan (OJK) dan Bank Indonesia (BI), telah menunjukkan minat terhadap teknologi *Blockchain* dan aset kripto. Namun, sebagian besar regulasi yang ada lebih banyak difokuskan pada aspek penggunaan aset kripto daripada kontrak pintar secara spesifik.

Otoritas Jasa Keuangan (OJK) dan Bank Indonesia (BI) telah mengeluarkan beberapa kebijakan yang mengatur tentang penggunaan mata uang kripto dan layanan terkait *Fintech* (*Financial Technology*). Pada tahun 2018, BI mengeluarkan larangan terhadap penggunaan mata uang kripto sebagai alat pembayaran yang sah. Sementara itu, OJK telah mengeluarkan berbagai pedoman untuk industri *fintech*, termasuk ketentuan mengenai penggunaan teknologi baru. Namun, belum ada regulasi spesifik yang mengatur tentang penggunaan kontrak pintar secara eksplisit.¹⁴ Pada sisi lain, Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) juga menunjukkan perhatian terhadap perkembangan teknologi ini. Kominfo telah melakukan beberapa inisiatif untuk mendorong adopsi teknologi digital termasuk *Blockchain*. Beberapa inisiatif tersebut melibatkan penyelenggaraan seminar, workshop, dan kolaborasi dengan institusi pendidikan dan pelaku industri untuk meningkatkan pemahaman dan penerapan teknologi *Blockchain* di Indonesia.

Meski regulasi khusus untuk kontrak pintar belum ada, beberapa sektor mulai mengeksplorasi penggunaan teknologi ini. Misalnya, industri perbankan dan keuangan di Indonesia mulai melihat potensi penggunaan kontrak pintar untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keamanan transaksi¹⁵. Selain itu, sektor properti dan logistik juga menunjukkan minat untuk mengimplementasikan kontrak pintar untuk mempermudah proses administrasi dan manajemen rantai pasok. Namun, dalam proses adopsi kontrak pintar, tentu memiliki tantangan. Salah satu tantangan terbesar adalah kurangnya pemahaman dan kepercayaan dari masyarakat dan pelaku industri terhadap teknologi ini. Banyak orang masih ragu-ragu untuk menggunakan kontrak pintar karena mereka belum sepenuhnya memahami

¹² Peter Mahmud Marzuki, *Penelitian Hukum*, (Jakarta, Kencana Prenada Media Group, 2007), hal 35

¹³ Sarwar Sayeed., Hector, M. G., & Tom Kaira, "Smart Contract: Attacks and Protections", *IEEE*, Vol.8, Tahun 2020, hal. 24417

¹⁴ Arwono, D. G., Iskandar, H., & Wardana, D. J., "Tinjauan Yuridis Regulasi Cryptocurrency Terhadap Tindak Pidana Kejahatan di Indonesia", <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/amnesti/article/download/2759/1501/> Diakses pada 12 Juni 2024.

¹⁵ Marcelo Corrales, *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain*, (Singapore, Springer Nature Singapore, 2019), hal. 5

bagaimana teknologi ini bekerja dan bagaimana dampaknya terhadap bisnis dan kehidupan sehari-hari¹⁶. Selain itu, ada juga tantangan teknis yang perlu diatasi. Pengembangan dan implementasi kontrak pintar memerlukan keahlian khusus dalam pemrograman *Blockchain*. Kekurangan sumber daya manusia yang memiliki keahlian inilah yang menjadi hambatan bagi banyak perusahaan yang ingin mengadopsi teknologi ini. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas dan pelatihan dalam bidang teknologi *Blockchain* menjadi sangat penting.

Dalam konteks hukum, validitas dan kekuatan hukum kontrak pintar juga menjadi isu penting. Kontrak tradisional biasanya ditandatangani oleh pihak-pihak yang terlibat dan dapat ditegakkan di pengadilan. Namun, kontrak pintar yang mengeksekusi secara otomatis dengan program komputer¹⁷, mungkin akan menimbulkan pertanyaan mengenai bagaimana mereka akan diterima di pengadilan jika terjadi sengketa. Oleh karena itu, pembaruan regulasi dan penyesuaian hukum yang ada untuk mengakomodasi teknologi baru ini sangat diperlukan. Meskipun demikian, potensi kontrak pintar di Indonesia tetap besar. Dengan regulasi yang tepat dan peningkatan pemahaman masyarakat, kontrak pintar dapat menjadi alat yang sangat efektif untuk berbagai sektor. Mereka dapat mengurangi biaya transaksi, meningkatkan efisiensi operasional, dan memberikan transparansi yang lebih besar dalam berbagai jenis transaksi.

Pemerintah Indonesia, melalui berbagai lembaga terkait, perlu mengkaji perkembangan teknologi ini dan menciptakan kerangka regulasi yang mendukung inovasi sambil tetap melindungi kepentingan masyarakat. Kolaborasi antara pemerintah, pelaku industri, dan akademisi sangat penting untuk menciptakan ekosistem yang kondusif bagi proses adopsi teknologi kontrak pintar. Selain itu, pendidikan dan sosialisasi mengenai teknologi *Blockchain* dan kontrak pintar perlu ditingkatkan¹⁸. Program pelatihan dan sertifikasi dalam bidang ini dapat membantu menciptakan sumber daya manusia yang kompeten dan siap untuk mengimplementasikan teknologi ini di berbagai sektor. Meskipun proses adopsi penuh kontrak pintar di Indonesia masih panjang, langkah-langkah awal yang dapat dilakukan itu menunjukkan arah yang positif, dengan komitmen bersama dari berbagai pihak, Indonesia dapat memanfaatkan potensi teknologi kontrak pintar untuk mendorong pertumbuhan ekonomi digital dan mencapai efisiensi yang lebih tinggi dalam berbagai aspek kehidupan.

Bagaimana antisipasi terhadap kesalahan atau bug yang mungkin terjadi dalam kode kontrak pintar (*smart contracts*) yang dapat menyebabkan eksekusi yang tidak diinginkan?

Antisipasi terhadap kesalahan atau bug dalam kode kontrak pintar merupakan langkah yang sangat penting untuk menghindari eksekusi yang tidak diinginkan, yang dapat mengakibatkan kerugian finansial dan reputasi. Meskipun kontrak pintar dirancang dengan tujuan peningkatan keamanan dalam penggunaan kontrak, karena sifatnya yang otomatis dan tidak dapat diubah setelah diterapkan, kesalahan dalam kode bisa berakibat fatal. sehingga berpotensi dapat dieksploitasi oleh pihak tidak bertanggung jawab¹⁹. Oleh karena itu, menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa kontrak pintar yang diimplementasikan benar-benar aman dan dapat diandalkan. Maka dalam hal ini, berbagai langkah pencegahan harus diambil

¹⁶ Mougayar, W., *The Business Blockchain: Promise, Practice, and the Application of the Next Internet Technology*, (Wiley, 2016), hal. 45

¹⁷ Munawar, "The Legality of smart contract in the Perspectives Indonesian Law and Islamic Law", *Jurnal Hukum Islam*, Vol.7, No.1, Tahun 2022, hal.270

¹⁸ Ali Alkhajeh, "Blockchain and smart contracts : The Need for Better Education", <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=11627&context=theses> Diakses pada 12 Juni 2024.

¹⁹ Izdehar M Aldyafiah, dkk "The Design and Implementation of a secure datastore based on ethereum smart contract", *journal applied sciences*, vol.13, no.9, Tahun 2023, hal.36

untuk memastikan kode kontrak pintar bebas dari kesalahan dan aman untuk digunakan, yakni:

- Pertama, penting untuk melakukan perencanaan dan desain yang matang sebelum mulai menulis kode²⁰. Pada tahap ini, Semua persyaratan dan skenario penggunaan harus dipertimbangkan dengan cermat hal yang mencakup alur-alur logika bisnis, potensi interaksi pengguna dan meminimalkan seluruh kemungkinan resiko yang terjadi;
- Selanjutnya, praktik penulisan kode yang baik adalah langkah penting dalam mencegah terjadinya bug. penulisan kode yang bersih, terstruktur dan terdokumentasi dengan baik memudahkan untuk membaca dan memahami logika program sehingga lebih mudah menemukan dan memperbaiki bug, menggunakan konvensi persamaan yang konsisten dan memecah kode menjadi fungsi fungsi kecil yang spesifik membantu meningkatkan keterbacaan dan pemeliharaan kode;
- Kemudian, menggunakan bahasa pemrograman yang aman dan terpercaya. Langkah ini juga merupakan faktor penting. Contohnya *solidity*²¹, yang merupakan bahasa pemrograman utama untuk *Ethereum smart contracts*, memiliki banyak fitur bawaan untuk membantu menulis kode yang aman. Namun, harus selalu mengikuti praktik terbaik keamanan Solidity seperti menghindari penggunaan variabel global secara berlebihan, meminimalkan penggunaan gas, dan menghindari fungsi yang tidak diperlukan;
- Selain itu, melakukan pengujian ekstensif merupakan kewajiban. Setiap kontak pintar harus melewati serangkaian tes unit yang ketat untuk memastikan bahwa setiap bagian dari kode dapat bekerja dengan baik seperti yang diharapkan. Pengujian ini harus mencakup seluruh penggunaan normal dan skenario terburuk yang mungkin terjadi. Pengujian integrasi juga penting untuk memastikan bahwa kontrak pintar dapat bekerja dengan baik dengan sistem lain yang terkait;
- Code review dan audit keamanan oleh pihak ketiga juga merupakan langkah yang krusial. Meskipun pengembang telah melakukan pengujian internal, mendapatkan perspektif dari auditor eksternal yang berpengalaman dapat mengungkap potensi kerentanan yang terlewatkan. Auditor biasanya menggunakan berbagai alat analisis statis dan dinamis untuk menemukan kelemahan dalam kode;
- untuk mengatasi kesalahan yang mungkin masih terjadi setelah kontrak pintar diterapkan, mekanisme pembaharuan kontrak harus direncanakan sejak awal. salah satu cara untuk melakukan ini adalah dengan cara ini, logika kontrak dapat diperbaharui tanpa mengubah alamat kontrak yang digunakan oleh pengguna. Namun, ini juga harus dilakukan dengan hati hati untuk menjaga keamanan dan integrasi sistem;²²
- Penggunaan alat bantu dan framework yang tersedia juga dapat sangat membantu dalam mengurangi risiko bug. Misalnya, *Truffle* dan *Hardhat* yang merupakan framework pengembangan yang menyediakan berbagai alat untuk mempermudah pengujian dan pengembangan kontrak pintar. Alat ini memungkinkan pengembang untuk mensimulasikan lingkungan Blockchain dan menguji kontrak pintar secara menyeluruh sebelum di *deploy* ke *mainnet*;
- Selain langkah-langkah teknis, pendidikan dan pelatihan pengembangan juga sangat penting. Pengembang harus selalu mengikuti perkembangan yang terbaru dalam praktik

²⁰ Vanecek, M., & Huber, M. *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*, (New York, Apress, 2016), halaman. 127

²¹ Luu, L., Chu, D-H., Olickel, H., Saxena, P., & Hobor, A, "Making Smart Contracts Smarter", <https://eprint.iacr.org/2016/633.pdf> Diakses 12 juni 2024.

²²S.Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> Diakses 12 Juni 2024.

- terbaik keamanan dan teknologi *Blockchain* dengan terus belajar dan beradaptasi dengan perubahan, agar pengembang dapat lebih siap dalam menulis kode yang aman dan efisien²³;
- mengelola risiko operasional, juga menjadi bagian penting dalam antisipasi terhadap bug dalam kontrak pintar. ini termasuk memiliki prosedur tanggap darurat yang jelas jika terjadi kesalahan atau bug yang dieksploitasi. Misalnya, pengembang harus siap untuk segera menghentikan eksekusi kontrak atau mengunci dana jika terdeteksi adanya aktivitas mencurigakan atau eksploitasi bug²⁴.
 - Komunikasi yang transparan dengan pengguna juga harus menjadi prioritas. Jika terjadi kesalahan atau bug yang mempengaruhi pengguna, pengembang harus segera memberikan informasi yang jelas dan langkah-langkah yang akan diambil untuk memperbaikinya. Transparansi ini membantu membangun kepercayaan dan memastikan bahwa pengguna merasa dihargai dan dilindungi;
 - Kemudian menyimpan log dan jejak audit juga merupakan praktik baik untuk memantau aktivitas kontrak pintar. Dengan memiliki catatan yang lengkap tentang semua interaksi dan perubahan dalam kontrak, pengembang dapat lebih mudah melacak sumber masalah dan mengambil tindakan korektif yang tepat²⁵.

Meskipun tidak ada sistem yang sepenuhnya bebas dari kesalahan. Namun, dengan pendekatan yang holistik dan disiplin dalam mengembangkan, menguji, dan mengaudit kontrak pintar, resiko dapat diminimalkan. Secara ringkas, langkah-langkah tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa kontrak pintar yang dibuat aman dan dapat diandalkan, sehingga dapat memenuhi fungsinya tanpa menimbulkan resiko yang tidak diinginkan.

KESIMPULAN

Kontrak pintar adalah inovasi *Blockchain* yang memungkinkan eksekusi otomatis perjanjian tanpa perantara. Di Indonesia, adopsi kontrak pintar masih dalam tahap awal, dengan regulasi yang lebih fokus pada aset kripto. Meski sektor seperti perbankan dan logistik mulai mengeksplorasi teknologi ini, tantangan besar seperti kurangnya pemahaman, kekurangan ahli, hingga potensi bug masih ada. Sehingga tindakan antisipasi terhadap kesalahan atau bug dalam kode program komputer dari kontrak pintar menjadi sangat penting untuk diperhatikan agar tidak menyebabkan kerugian. Langkah-langkah seperti perencanaan matang, penulisan kode yang baik, pengujian ekstensif, audit keamanan, dan pendidikan pengembangan sangat krusial. Dengan pendekatan holistik dan disiplin, kontrak pintar dapat diadopsi dengan aman dan efektif, memberikan manfaat besar bagi berbagai sektor di Indonesia. Untuk meningkatkan adopsi kontrak pintar di Indonesia, penting bagi pemerintah dan otoritas terkait untuk mengembangkan regulasi khusus yang mendukung penggunaan teknologi ini sambil memastikan keamanan dan perlindungan pengguna. Pelaku industri perlu berinvestasi dalam pelatihan dan edukasi untuk mengembangkan keahlian dalam pemrograman *Blockchain*. Selain itu, perusahaan harus menerapkan praktik terbaik dalam penulisan dan pengujian kode, termasuk audit keamanan oleh pihak ketiga, untuk mengurangi risiko bug dan kerentanan. Kerjasama antara pemerintah, industri, dan akademisi juga diperlukan untuk menciptakan ekosistem yang kondusif bagi perkembangan teknologi kontrak pintar.

²³ Antonopoulos, A. M., & Wood, G. *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps*. (California O'Reilly Media, 2018). hal 112

²⁴ Marino, J., & Juels, A., " Setting Standards for Altering and Undoing Smart Contracts", *Jurnal IEEE Access*, Vol.4, no.10, Tahun 2016, hal 152

²⁵Parthasarathi R., Tackle the smart contract vulnerabilities. (US America, IGI Global, 2020). hal 928

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Sang Pemilik Semesta karena atas berkat, rahmat, dan karuniannya kepada Penulis sehingga tulisan ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Tidak lupa Penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada Dr. Imelda Martinelli, S.H., M.Hum. sebagai Dosen Pembimbing Penulis yang memberikan kesempatan dan bimbingan kepada Penulis dalam penulisan ini. Penulis yakin bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, karena pada hakikatnya kesempurnaan hanya milik Tuhan Yang Maha Esa. Akhir kata, Terima Kasih Kepada Para Pembaca yang telah meluangkan waktu berharganya membaca tulisan ini. Semoga disaat yang tepat, tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua orang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldyalfah, M. (2023). "The Design and Implementation of a secure datastore based on ethereum smart contract", *applied sciences*, 13(9), 36
- Alkhajeh, Ali (2020). "Blockchain and Smart Contracts: The Need for Better Education". Thesis. Rochester Institute of Technology. Diakses pada 12 juni 2024, dari <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=11627&context=theses>
- Antonopoulos, A. M., & Wood, G.(2018). *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and DApps*. O'Reilly Media
- Arwono, D. G., Iskandar, H., & Wardana, D. J. (2023). Tinjauan Yuridis Regulasi Cryptocurrency Terhadap Tindak Pidana Kejahatan di Indonesia. Diakses pada 12 Juni 2024, dari <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/amnesti/article/download/2759/1501/>
- Buterin, V., & Wood, G. (2014). *Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. White Paper*, Ethereum Foundation. Diakses pada 12 Juni 2024, dari [https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum white paper-a next generation smart contract and decentralized application platform-vitalik-buterin.pdf](https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum%20white%20paper-a%20next%20generation%20smart%20contract%20and%20decentralized%20application%20platform-vitalik-buterin.pdf)
- Corrales, M (2019). *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Crypto, A (2023). *Crypto Trading Guide*. (PT. Akademi Uang Digital)
- K. Christidis and M. Devetsikiotis (2016). "Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things," *IEEE Access*, 4, 2301
- Khairi, KF, Ahmad, A, Laili, NH, & ... (2022). "Smart Contract In Zakat Collection Transactions Through The Development Of Newly-Developed Backend Demo Zakat Blockchain In MAIWP-PPZ". *Jurnal AZJAF*, 3(1), 103
- Khan, SN, Loukil, F, Ghedira-Guegan, C, & ... (2021), *Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends*. Diakses pada 9 Juni 2024 dari <https://doi.org/10.1007/s12083-021-01127-0>
- Lord Chancellor and Secretary of State for Justice (2021). *Smart Legal Contracts Advice to Government*. HH Associates Ltd
- Luu, L., Chu, D-H., Olickel, H., Saxena, P., & Hobor, A. (2016). Making Smart Contracts Smarter. Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. Diakses pada 12 Juni 2024, dari <https://eprint.iacr.org/2016/633.pdf>
- Mahmud Marzuki, P (2007). *Metode Penelitian Hukum*. Kencana Prenada Media Group.
- Marino, J., & Juels, A. (2016). "Setting Standards for Altering and Undoing Smart Contracts. In Rule Technologies. Research, Tools, and Applications". *IEEE Access*, 4, 152

- Mougayar, W. (2016), *The Business Blockchain: Promise, Practice, and the Application of the Next Internet Technology*. Wiley
- Munawar (2022). "The Legality of smart contract in the Perspectives Indonesian Law and Islamic Law", *Jurnal Hukum Islam*, 7(1), 270
- Parthasarathi R (2020). *Tackle the smart contract vulnerabilities*. IGI Global
- Riyanto, Benny (2020). Pembangunan Hukum Nasional di era 4.0. Diakses pada 12 Juni 2024, dari <https://rechtsvinding.bphn.go.id/artikel/1.%20H.R.%20Benny%20Riyanto.pdf>
- S. Nakamoto. (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System". Diakses pada 12 Juni 2024, dari <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Sayed, S, Marco-Gisbert, H, & Caira, T (2020). "Smart contract: Attacks and protections", *IEEE Access*, 8, 24417
- Szabo, N (2018), *The idea of smart contracts, Nick Szabo's Papers and Concise Tutorials*. Diakses pada 9 Juni, 2024, dari <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/L0Twinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html>
- Szabo, N. (1997). *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets. Extropy*, Diakses pada 12 Juni 2024, dari <https://www.truevaluemetrics.org/DBpdfs/BlockChain/Nick-Szabo-Smart-Contracts-Building-Blocks-for-Digital-Markets-1996-14591.pdf>
- Vanecek, M., & Huber, M.(2016). *Blockchain Basics: A Non-Technical Introduction in 25 Steps*. Apress
- Zheng, Z, Xie, S, Dai, HN, Chen, W, Chen, X, & ... (2020). *An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms*. Diakses pada 9 Juni 2024, dari [\[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X19316280\]](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X19316280)(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X19316280>)
- Zheng, Z, Xie, S, Dai, HN, Chen, W, Wang, H, (2018). *Blockchain challenges and opportunities : a survey*. Diakses pada 12 Juni 2024, dari <https://allquantor.at/blockchainbib/pdf/zheng2018blockchain.pdf>