

TANTANGAN PENERAPAN BLOCKCHAIN DALAM SISTEM E-VOTING DI INDONESIA

Fitra Sugiarto¹, Reymond Agung Hutabarat², A. Reza Ardika Yasin³, Aditya
Wicaksono Rumbekwan⁴

^{1,2,3,4} Politik Indonesia Terapan/IPDN

Alamat e-mail : fitrasugiarto@gmail.com¹, raymon193719@gmail.com²,
rezaardika.yasin@gmail.com³, rumbekwanaditya@gmail.com⁴

ABSTRACT

The dynamic and rapid development of technology is an alternative for daily life activities as an effective and efficient tool. One of the technological innovations that has received a lot of attention is blockchain technology. This research uses a literature review approach. The data used in this research comes from various scientific publications, including journal articles, conference proceedings, research reports, and books. The literature search was conducted through reputable academic databases such as IEEE Xplore, Google Scholar, Scopus, and ScienceDirect. These sources were chosen for their credibility and extensive global coverage, particularly in the field of information and communication technology. The main focus is on publications that discuss the application of blockchain in e-voting systems, both in terms of advantages, challenges, and potential implementation in various countries. The results reveal that the application of blockchain technology in e-voting systems in Indonesia faces various challenges, especially related to information and communication technology (ICT) infrastructure, regulations, and public acceptance. In terms of infrastructure, the government should accelerate the development of network infrastructure, including expanding 4G/5G networks and utilizing complementary technologies such as edge computing and communication satellites. Second, Indonesia needs to adapt a regulatory framework that supports the use of blockchain in elections, with reference to cryptographic principles to protect data and ensure election integrity. Third, public acceptance of blockchain technology in e-voting requires an approach that takes into account psychological and social aspects.

Keywords: Challenges, Blockchain, System, E-Voting

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang dinamis dan begitu pesat menjadi alternatif bagi kegiatan kehidupan sehari-hari sebagai alat bantu yang efektif dan efisien. Salah satu inovasi teknologi yang banyak mendapat perhatian adalah teknologi blockchain. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (*literature review*). Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai publikasi ilmiah, termasuk artikel jurnal, prosiding konferensi, laporan penelitian, dan buku. Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data akademik terkemuka seperti

IEEE Xplore, Google Scholar, Scopus, dan ScienceDirect. Sumber-sumber ini dipilih karena kredibilitas dan cakupan globalnya yang luas, khususnya dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi. Fokus utama adalah publikasi yang membahas penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting*, baik dari segi kelebihan, tantangan, maupun potensi implementasinya di berbagai negara. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem *e-voting* di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait dengan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi (TIK), regulasi, serta penerimaan masyarakat. Dari segi infrastruktur, pemerintah harus mempercepat pembangunan infrastruktur jaringan, termasuk memperluas jaringan 4G/5G dan memanfaatkan teknologi komplementer seperti *edge computing* dan satelit komunikasi. Kedua, Indonesia perlu mengadaptasi kerangka regulasi yang mendukung penggunaan *blockchain* dalam pemilu, dengan mengacu pada prinsip-prinsip kriptografi untuk melindungi data dan memastikan integritas pemilu. Ketiga, penerimaan masyarakat terhadap teknologi *blockchain* dalam *e-voting* membutuhkan pendekatan yang memperhatikan aspek psikologis dan sosial.

Kata Kunci: Tantangan, Blockchain, Sistem, E-Voting

A. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang dinamis dan begitu pesat menjadi alternatif bagi kegiatan kehidupan sehari-hari sebagai alat bantu yang efektif dan efisien. Salah satu inovasi teknologi yang banyak mendapat perhatian adalah teknologi *blockchain*. *Blockchain* pertama kali diperkenalkan melalui mata uang kripto Bitcoin pada tahun 2008 oleh sosok anonim bernama Satoshi Nakamoto. Teknologi ini telah menjadi salah satu teknologi yang dianggap revolusioner (Nakamoto, 2008). Alasan mengapa *blockchain* dianggap revolusioner, karena teknologi ini menawarkan karakteristik transparansi, keamanan, dan efisiensi yang membuatnya relevan untuk diterapkan dalam berbagai sektor. Adapun salah satu sektor yang bisa diterapkan teknologi ini adalah *e-voting*.

E-voting atau yang sering disebut dengan pemungutan suara secara elektronik, telah diadopsi di berbagai negara untuk meningkatkan efisiensi proses pemilu dan memperluas partisipasi masyarakat. Namun, penerapan *e-voting* tidak luput dari tantangan. Salah satu isu utama adalah masalah keamanan, seperti kerentanan terhadap serangan siber dan manipulasi data (Ghernaoui-Hélie, 2013). Di sinilah *blockchain* menawarkan solusi yang potensial. Teknologi ini memungkinkan pencatatan suara yang terdesentralisasi dan tidak dapat diubah, sehingga menjamin integritas hasil pemilu (Crosby et al, 2016).

Keunggulan utama *blockchain* adalah sifatnya yang terdesentralisasi, dimana data disimpan dalam jaringan yang terdiri dari banyak node, sehingga tidak bergantung pada satu server pusat.

Hal ini membuatnya lebih tahan terhadap serangan siber dibandingkan sistem tradisional yang berbasis server pusat (Crosby et al, 2016). Selain itu, mekanisme konsensus yang digunakan dalam teknologi ini, seperti *proof of work* (PoW) atau *proof of stake* (PoS), memastikan validasi data dilakukan secara kolektif oleh jaringan, sehingga meminimalkan risiko manipulasi (Zheng et al, 2017).

Estonia telah menjadi salah satu negara pertama yang memanfaatkan teknologi *blockchain* dalam sistem pemilu mereka. Negara ini menggunakan *e-voting* berbasis *blockchain* untuk memastikan transparansi dan kepercayaan publik terhadap proses pemilu (E-Governance Academy, 2020). Hasilnya, partisipasi pemilih meningkat secara signifikan dan proses pemilu menjadi lebih efisien serta tidak membuang banyak biaya. Keberhasilan Estonia menunjukkan potensi besar *blockchain* untuk diterapkan dalam konteks *e-voting* di negara lain, termasuk Indonesia.

Indonesia, sebagai negara demokrasi terbesar ketiga di dunia dengan jumlah pemilih yang sangat besar, menghadapi tantangan dalam penyelenggaraan pemilu. Pemilu di Indonesia sering kali diwarnai oleh isu-isu seperti logistik yang kompleks, biaya tinggi, serta potensi kecurangan yang tinggi (Rohmah, 2020). Penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting* dapat menjadi solusi untuk mengatasi semua tantangan tersebut. Dengan sistem *blockchain*, setiap suara akan dicatat secara

permanen dan dapat diverifikasi oleh semua pihak yang berkepentingan, sehingga meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, serta tidak mudah untuk dicurangi (Khanpara, 2022).

Namun, penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting* di Indonesia menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah infrastruktur teknologi. Indonesia dengan wilayah yang luas dan tingkat penetrasi internet yang belum merata, membuat biaya yang dibutuhkan untuk ini akan sangat besar (Badan Pusat Statistik, 2021). Selain itu, masalah literasi digital juga menjadi hambatan. Sebagian besar masyarakat Indonesia masih belum familiar dengan teknologi *blockchain*, sehingga edukasi dan sosialisasi menjadi langkah penting dalam implementasi teknologi ini.

Kemudian, tantangan berikutnya ada pada sisi regulasi. Penerapan *blockchain* dalam *e-voting* memerlukan kerangka hukum yang jelas dan mendukung. Pemerintah harus mengembangkan regulasi yang mengakomodasi penggunaan teknologi baru ini sambil tetap memastikan perlindungan data pribadi dan keamanan siber. Selain itu, kolaborasi antara pemerintah, penyedia teknologi, dan masyarakat sipil sangat penting untuk memastikan keberhasilan implementasi *e-voting* berbasis *blockchain* (World Bank, 2021). Tantangan berikutnya juga bagaimana cara agar masyarakat luas bisa menerima teknologi ini, sehingga bisa dengan mudah diintergrasikan dengan nilai-nilai

demokrasi yang sudah ada (Habib, 2022).

Telah banyak penelitian yang membahas penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting*. Namun, kebanyakan penelitian tersebut menyoroiti aspek teknis seperti enkripsi data, mekanisme consensus, dan integrasi dengan sistem pemilu yang sudah ada. Maka dari itu, berdasarkan latar belakang yang sudah dikemukakan di atas, penelitian ini bermaksud untuk meneliti “Bagaimana mengatasi tantangan penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting* di Indonesia?” Hal ini menjadi penting untuk peneliti, karena berdasarkan paparan di atas, dapat diketahui betapa positifnya peran teknologi ini dalam mewujudkan pemilu yang terdesentralisasi, transparan, dan sulit untuk dimanipulasi. Dengan sejumlah tantangan yang telah disebutkan, peneliti ingin memberikan jawaban yang komprehensif untuk bisa mengatasi tantangan tersebut di Indonesia.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (*literature review*) untuk mengumpulkan dan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang relevan dengan topik *blockchain* dan *e-voting*. Pendekatan ini dipilih karena sifatnya yang komprehensif dan mampu memberikan landasan teoritis serta gambaran menyeluruh mengenai isu yang diteliti. Studi literatur memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi berbagai temuan dan konsep yang telah ada,

mengidentifikasi kesenjangan penelitian, serta merumuskan rekomendasi berbasis data sekunder yang terpercaya.

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari berbagai publikasi ilmiah, termasuk artikel jurnal, prosiding konferensi, laporan penelitian, dan buku. Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data akademik terkemuka seperti IEEE Xplore, Google Scholar, Scopus, dan ScienceDirect. Sumber-sumber ini dipilih karena kredibilitas dan cakupan globalnya yang luas, khususnya dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi. Fokus utama adalah publikasi yang membahas penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting*, baik dari segi kelebihan, tantangan, maupun potensi implementasinya di berbagai negara.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Salah satu tantangan utama penerapan *blockchain* dalam sistem *e-voting* di Indonesia adalah keterbatasan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Infrastruktur yang tidak merata, terutama di daerah terpencil, dapat menghambat adopsi *blockchain* secara efektif. Namun, beberapa langkah strategis dapat diambil untuk mengatasi tantangan ini. Secara umum, Indonesia telah melakukan investasi yang cukup besar dalam meningkatkan akses internet dan memperluas jaringan komunikasi. Menurut laporan yang diterbitkan oleh

Asosiasi Penyedia Jasa Internet Indonesia (APJII), pada tahun 2023, sekitar 77% dari populasi Indonesia telah memiliki akses internet, sebuah pencapaian yang menunjukkan adanya kemajuan signifikan dalam penetrasi internet di tingkat nasional.

Namun, meskipun angka penetrasi ini cukup tinggi, ketimpangan antara daerah perkotaan dan pedesaan masih menjadi masalah besar. Wilayah perkotaan, terutama di Pulau Jawa, memiliki akses yang jauh lebih baik terhadap teknologi canggih, sedangkan di daerah-daerah terpencil, akses terhadap internet dan komunikasi digital masih terbatas. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) melaporkan bahwa sebagian besar kawasan luar Jawa masih menghadapi kesulitan dalam mendapatkan akses internet dengan kualitas yang memadai. Selain itu, kualitas jaringan di beberapa area juga menjadi perhatian. Meskipun layanan 4G telah tersedia di sebagian besar kota besar, beberapa daerah masih tergolong sulit dijangkau oleh jaringan yang lebih cepat dan stabil. Peningkatan kapasitas jaringan 5G, yang sedang digalakkan pemerintah, diharapkan dapat mengatasi masalah ini di masa mendatang.

Melihat tantangan tersebut, dapat diketahui bahwa infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia masih belum memadai untuk bisa menerapkan *blockchain* dalam sistem *e-voting*. Bahkan sistem *e-voting* sendiri pun belum bisa untuk diterapkan secara nasional apabila masih banyak daerah-daerah

terpencil terutama di luar Jawa yang belum mendapatkan akses internet yang sesuai kebutuhan untuk sistem ini. Maka dari itu, ada beberapa rekomendasi yang bisa diterapkan oleh pemerintah Indonesia dalam mengatasi tantangan tersebut.

Langkah pertama, pemerintah perlu mempercepat pembangunan infrastruktur jaringan, seperti penyebaran kabel serat optik dan perluasan cakupan sinyal 4G atau 5G di seluruh wilayah Indonesia (Rochman, 2022). Kemudian, Program Palapa Ring yang bertujuan untuk menghubungkan wilayah terpencil dengan jaringan *broadband*, harus terus ditingkatkan dan dipantau untuk memastikan efektivitasnya. Untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur fisik, teknologi komplementer seperti *edge computing* dapat diterapkan. Teknologi ini memungkinkan pemrosesan data dilakukan lebih dekat dengan pengguna, sehingga mengurangi ketergantungan pada jaringan pusat yang sering kali tidak stabil (Satyanarayanan, 2017). Selain itu, pemanfaatan satelit komunikasi sebagai alternatif jaringan internet dapat menjadi solusi untuk daerah yang sulit dijangkau oleh infrastruktur kabel (Pelton, 2013).

Teknologi *blockchain* memiliki kebutuhan komputasi dan bandwidth yang cukup tinggi, yang dapat menjadi hambatan di wilayah dengan infrastruktur terbatas (Satoshi, 2008). Untuk mengatasi hal ini, pengembangan sistem *blockchain* yang lebih ringan, seperti *permissioned blockchain*, dapat

diterapkan. Sistem ini lebih efisien karena hanya melibatkan node terpercaya untuk melakukan validasi, sehingga mengurangi beban jaringan dan kebutuhan perangkat keras. Kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta dapat mempercepat pembangunan infrastruktur TIK. Perusahaan teknologi dapat berperan dalam menyediakan perangkat keras dan lunak yang diperlukan untuk mendukung sistem *blockchain* (Mougayar, 2016). Selain itu, kemitraan dengan operator telekomunikasi dapat mempercepat penyediaan layanan internet di daerah-daerah terpencil. Model pembiayaan bersama juga dapat digunakan untuk mengurangi beban anggaran pemerintah.

Selain tantangan dari segi infrastruktur, Indonesia juga memiliki tantangan untuk menerapkan teknologi ini dari segi regulasi. Meskipun *blockchain* menawarkan transparansi dan keamanan data, regulasi yang ada saat ini belum sepenuhnya mendukung penerapan teknologi ini dalam pemilu elektronik. Menurut Komisi Pemilihan Umum (KPU), sistem *e-voting* di Indonesia masih terbatas oleh peraturan yang mengharuskan pemilu dilakukan secara manual atau dengan perangkat yang lebih konvensional. Selain itu, Undang-Undang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) masih belum mengatur secara rinci penggunaan teknologi *blockchain* dalam pemilu. Pemerintah Indonesia juga harus memastikan perlindungan data pribadi pemilih, sebagaimana diatur dalam Undang-Undang

Perlindungan Data Pribadi (UU PDP) yang perlu disesuaikan dengan sistem *blockchain*. Oleh karena itu, meskipun potensi teknologi ini sangat besar, tantangan regulasi menjadi hambatan utama dalam penerapannya untuk *e-voting* di Indonesia.

Mengatasi tantangan regulasi dalam penerapan *blockchain* untuk sistem *e-voting* di Indonesia dapat dilakukan dengan memanfaatkan kerangka pemikiran kriptografi dan teori kebijakan adaptif. *Blockchain*, sebagai teknologi yang memanfaatkan kriptografi untuk mengamankan transaksi dan data, memiliki potensi besar untuk meningkatkan transparansi dan kepercayaan dalam pemilu. Namun, dalam konteks Indonesia, tantangan regulasi menjadi hambatan utama. Oleh karena itu, pendekatan berbasis kriptografi dan kebijakan adaptif dapat menciptakan regulasi yang dinamis, aman, dan inklusif.

Kriptografi menjadi elemen penting dalam membangun regulasi yang melindungi keamanan dan privasi data dalam sistem *blockchain* (Schneier, 1996). Kriptografi, yang melibatkan teknik enkripsi data seperti *public-key cryptography* dan tanda tangan digital, dapat diadopsi sebagai standar teknis dalam regulasi *e-voting* (Nakamoto, 2008). Misalnya, regulasi dapat mewajibkan implementasi protokol enkripsi untuk melindungi data pemilih dan memastikan integritas suara selama proses pemilu (Menezes, 1996). Penggunaan *zero-knowledge proof*, sebuah metode kriptografi yang

memungkinkan verifikasi data tanpa mengungkapkan informasi sensitif, dapat dimasukkan ke dalam regulasi untuk memastikan anonimitas pemilih tanpa mengorbankan transparansi (Goldreich, 2009). Regulasi berbasis kriptografi ini juga dapat mencakup audit kriptografis untuk memverifikasi keamanan sistem secara berkala yang dilakukan oleh pihak independen. Dengan begitu, regulasi tidak hanya melindungi dari risiko keamanan, tetapi juga meningkatkan kepercayaan publik terhadap sistem *blockchain* dalam *e-voting*.

Teori kebijakan adaptif menekankan pentingnya fleksibilitas dalam menghadapi perkembangan teknologi yang dinamis (Sabel, 2012). Dalam konteks *blockchain*, regulasi adaptif dapat dimulai dengan penerapan peraturan bersifat sementara (*experimental regulation*), dimana pemerintah menguji penerapan teknologi di daerah tertentu sebelum diadopsi secara nasional (Baldwin, 2012). Hasil dari implementasi awal ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi celah regulasi, menyempurnakan kebijakan, dan memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan masyarakat (Gasser, 2015).

Selain itu, pendekatan interaktif memungkinkan regulasi diperbarui berdasarkan perkembangan teknologi dan umpan balik dari para pemangku kepentingan (Marchant, 2017). Misalnya, regulasi yang awalnya hanya mengatur penggunaan *blockchain* dalam pemilu dapat diperluas untuk mencakup teknologi serupa dalam konteks lain, seperti

administrasi publik atau layanan keuangan. Kerangka kebijakan adaptif juga mendorong kolaborasi antara pemerintah, ahli teknologi, dan masyarakat sipil (Cohen, 2017). Dalam hal ini, regulator dapat bekerja sama dengan komunitas teknologi *blockchain* untuk memastikan bahwa peraturan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan teknis, sekaligus melibatkan masyarakat untuk meningkatkan kesadaran dan penerimaan terhadap sistem baru. Dengan kombinasi kriptografi sebagai solusi teknis dan kebijakan adaptif sebagai pendekatan regulasi, Indonesia dapat menciptakan kerangka hukum yang mendukung implementasi *blockchain* dalam *e-voting*, sambil memastikan keamanan, keadilan, dan efisiensi.

Tantangan terakhir dan tidak kalah penting adalah bagaimana masyarakat Indonesia bisa menerima teknologi ini, sehingga bisa dengan mudah diintegrasikan dengan nilai-nilai demokrasi yang sudah ada. Mengatasi tantangan agar masyarakat luas dapat menerima teknologi *blockchain* dalam sistem *e-voting* di Indonesia memerlukan pendekatan yang memperhatikan faktor psikologis dan sosial pengguna. Salah satu teori yang dapat digunakan untuk memahami dan mengatasi tantangan ini adalah *Technology Acceptance Model* (TAM). Teori yang dikembangkan oleh Fred Davis (1989) ini berfokus pada dua faktor utama yang memengaruhi penerimaan teknologi yaitu *perceived ease of use* (kemudahan penggunaan) dan

perceived usefulness (manfaat yang dirasakan).

Persepsi manfaat merujuk pada sejauh mana individu percaya bahwa penggunaan teknologi tertentu akan meningkatkan kinerja mereka (Venkatesh, 2000). Masyarakat perlu diyakinkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi proses pemilu. Edukasi publik melalui kampanye informasi yang menjelaskan bagaimana *blockchain* melindungi data suara, mencegah manipulasi hasil, dan memastikan kepercayaan dalam pemilu dapat meningkatkan persepsi ini (Schermer, 2011). Kemudahan penggunaan adalah sejauh mana seseorang percaya bahwa teknologi tertentu dapat digunakan tanpa usaha yang signifikan. Tantangan utama dari *blockchain* dalam *e-voting* adalah kompleksitas teknologinya. Untuk mengatasi hal ini, antarmuka pengguna yang sederhana dan intuitif harus dikembangkan. Misalnya, aplikasi *e-voting* berbasis *blockchain* dapat dirancang dengan tata letak yang *user-friendly* dan panduan langkah demi langkah untuk memastikan masyarakat dengan tingkat literasi digital yang rendah tetap dapat menggunakannya dengan mudah (Norman, 2013).

Selain itu, pelatihan dan simulasi secara luas, baik melalui media daring maupun tatap muka, dapat diberikan kepada masyarakat untuk membiasakan mereka dengan proses *e-voting* berbasis *blockchain*. Pemerintah dapat bekerja sama dengan organisasi masyarakat sipil

dan institusi pendidikan untuk menyelenggarakan lokakarya yang membahas cara kerja sistem ini. Kemudian, kepercayaan menjadi komponen penting dalam penerimaan teknologi baru, terutama untuk sistem yang terkait dengan pemilu. Uji coba di beberapa daerah dapat membantu masyarakat melihat langsung bagaimana sistem ini bekerja, sehingga meningkatkan keyakinan mereka terhadap keamanan dan keandalannya. Di samping itu, regulasi yang jelas dan kuat dapat memperkuat kepercayaan masyarakat. Regulasi ini harus mencakup standar keamanan, perlindungan data, dan transparansi dalam pengelolaan teknologi *blockchain*. Sertifikasi dari badan independen yang mengaudit sistem *e-voting* juga dapat menjadi jaminan bagi masyarakat bahwa teknologi ini dapat dipercaya (Ranchordas, 2015).

Penerimaan teknologi akan lebih efektif jika masyarakat dilibatkan dalam proses pengembangannya. Pemerintah dapat membuka ruang dialog dengan masyarakat untuk mendengar masukan, kekhawatiran, dan ekspektasi mereka terhadap teknologi ini. Pendekatan partisipatif ini tidak hanya meningkatkan rasa kepemilikan masyarakat terhadap sistem, tetapi juga memungkinkan pemerintah untuk merancang solusi yang lebih sesuai dengan kebutuhan mereka. Dengan mengadopsi pendekatan berdasarkan TAM, Indonesia dapat mengatasi tantangan penerimaan masyarakat terhadap *blockchain* dalam *e-voting*. Meningkatkan persepsi manfaat dan

kemudahan penggunaan, membangun kepercayaan melalui regulasi dan uji coba, serta melibatkan masyarakat secara langsung adalah langkah-langkah strategis untuk memastikan keberhasilan implementasi teknologi ini.

D. Kesimpulan

Penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem *e-voting* di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait dengan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi (TIK), regulasi, serta penerimaan masyarakat. Dari segi infrastruktur, pemerintah harus mempercepat pembangunan infrastruktur jaringan, termasuk memperluas jaringan 4G/5G dan memanfaatkan teknologi komplementer seperti *edge computing* dan satelit komunikasi. Pengembangan sistem *blockchain* yang lebih ringan, seperti *permissioned blockchain*, juga bisa menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur di daerah-daerah dengan akses terbatas.

Selain masalah infrastruktur, Indonesia perlu mengadaptasi kerangka regulasi yang mendukung penggunaan *blockchain* dalam pemilu, dengan mengacu pada prinsip-prinsip kriptografi untuk melindungi data dan memastikan integritas pemilu. Pendekatan kebijakan adaptif, yang memungkinkan regulasi berkembang seiring dengan perkembangan teknologi, juga diperlukan. Pemerintah dapat menguji penerapan teknologi ini di daerah tertentu

sebelum mengadopsinya secara nasional.

Ketiga, penerimaan masyarakat terhadap teknologi *blockchain* dalam *e-voting* membutuhkan pendekatan yang memperhatikan aspek psikologis dan sosial. Menggunakan pendekatan dari *Technology Acceptance Model* (TAM), pemerintah dapat meningkatkan persepsi manfaat dan kemudahan penggunaan dengan edukasi publik yang intensif dan desain antarmuka yang *user-friendly*. Selain itu, membangun kepercayaan melalui uji coba dan regulasi yang jelas, serta melibatkan masyarakat dalam proses pengembangan, akan memperkuat penerimaan terhadap sistem ini. Dengan mengatasi tantangan infrastruktur, regulasi, dan penerimaan masyarakat, Indonesia dapat mewujudkan penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem *e-voting* yang aman, transparan, dan efisien.

E. Daftar Pustaka

- APJII. (2024, Februari 7). *APJII Jumlah Pengguna Internet Indonesia Tembus 221 Juta Orang*. Diakses dari APJII: www.apjii.or.id
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Telekomunikasi Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Black, J. (2005). *Regulatory Innovation*. Chaltenham: Edward Elgar.
- Cohen, J. (2017). *Law for the Platform Economy*. *Georgetown University Law Center*.

- Crosby, M. (2016). Blockchain Technology: Beyond Bitcoin." *Applied Innovation Review*. *Applied Innovation Review Issue No. 2*.
- Daemen, J. (2002). *The Design of Rijndael: AES - The Advanced Encryption Standard*. Leuven: Springer.
- Davis, F. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*.
- E-Governance Academy. (2020). *How Estonia Leads in E-Voting with Blockchain Technology*. Diakses dari e-Estonia: www.e-estonia.com
- Gheraouti-Hélie, S. (2013). *Cyber Power: Crime, Conflict, and Security in Cyberspace*. Lausanne: EPFL Press.
- Habib, G. (2022). Blockchain Technology: Benefits, Challenges, Applications, and Integration of Blockchain Technology with Cloud Computing. *Future Internet*.
- Kahn, D. (1996). *The Codebreakers: The Comprehensive History of Secret Communication from Ancient Times to the Internet*. New York: Scribner.
- Khanpara, P. (2022). Blockchain-Based E-Voting Systems: Opportunities and Challenges. *International Journal of Blockchain Applications*, 2(1).
- Mathieson, K. (1991). Predicting User Intentions: Comparing the Technology Acceptance Model with the Theory of Planned Behavior. *Information Systems Research*.
- Mougar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Hoboken: Wiley.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books.
- Pelton, J. (2013). *Handbook of Satellite Applications*. Leuven: Springer.
- Ranchordas, S. (2015). Innovation-Friendly Regulation: The Sunset of Regulation, the Sunrise of Innovation. *European Journal of Risk Regulation*.
- Rochman, F. (2022, Januari 11). *Kominfo sebut penggelaran fiber optik secara luas kunci 5G stabil*. Diakses dari Antara: www.antaranews.com
- Rohmah, N. S. (2020). Evaluasi Sistem Penyelenggara Pemilu Serentak 2019 Ditinjau dari Beban Kerja Penyelenggara Pemilu (ADHOC). *Konsorsium Pendidikan Tata Kelola Pemilu Indonesia*.
- Sabel, C. (2012). Experimentalist Governance . *The Oxford Handbook of Governance*.
- Satyanarayanan, M. (2017). The Emergence of Edge Computing. *The IEEE Computer Society*.
- Schermer, B. (2011). The Limits of Privacy in Automated Profiling and Data Mining. *Computer Law & Security Review*.
- Schneier, B. (1996). *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code*. New Jersey: Wiley.
- Stallings, W. (2017). *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Pearson Education. London: Pearson.
- Venkatesh, V. (2000). A Theoretical Extension of the Technology

- Acceptance Model: Four
Longitudinal Field Studies.
Management Science.
- World Bank. (2021). *Beyond Unicorn:
Harnessing Digital
Technologies for Inclusion in
Indonesia*. World Bank.
- Zheng, Z. (2016). An Overview of
Blockchain Technology:
Architecture, Consensus, and
Future Trends. *IEEE
International Congress on Big
Data*.