

Implikasi Pengembangan Energi Terdistribusi di Lingkungan Institusi Berbasis Blockchain

Mulyati¹, Padeli², Mochamad Heru Riza Chakim³, Nur Azizah⁴, Dwi Julianingsih⁵

¹Manajemen, Sains & Teknologi

²Komputerisasi Akuntansi, Sains & Teknologi

^{3,5}Manajemen Retail, Ekonomi dan Bisnis

⁴Sistem Informasi, Sains & Teknologi

^{1,2,3,4,5}Universitas Raharja

^{1,2,3,4,5}Tangerang, Indonesia

e-mail: ¹mulyati@raharja.info, ²padeli@raharja.info, ³heru.riza@raharja.info,

⁴Nur.Azizah@raharja.info, ⁵dwi.julianingsih@raharja.info

Abstrak

Mendukung jaringan mikro P2P menggunakan energi terbarukan yang melibatkan konsumen dan prosumer. Inovasi tepat waktu memiliki potensi untuk memfasilitasi di masa depan disarankan menggunakan teknologi Blockchain. Namun, kemajuan Blockchain dan prospek jaringan energi P2P disatukan dengan zona abu-abu dalam lanskap kelembagaan. Tujuan makalah ini untuk menyampaikan implikasi praktis untuk pengembangan kelembagaan serta akademisi dan secara holistik mengeksplorasi tantangan potensial dari microgrid P2P berbasis Blockchain. Kerangka kerja analitis buat microgrid P2P dikembangkan sesuai tinjauan literatur dan wawancara ahli. Kerangka tersebut meliputi 1) Sosial, 2) Teknologi, 3) Lingkungan, 4) Ekonomi, dan 5) Dimensi Kelembagaan. Dengan menawarkan wawasan melalui konseptualisasi holistik, dibuatnya makalah ini bertujuan untuk melibatkan penelitian dalam membangun pilar lingkungan kelembagaan yang lebih kokoh untuk Blockchain di sektor energi. Perubahan kelembagaan memanfaatkan pendekatan pembangunan masyarakat dan kotak pasir peraturan disarankan menjadi jalur potensial dalam menyatukan multidimensi, mengurangi silo lintas sektoral, dan memfasilitasi interoperabilitas antara sistem saat ini dan masa depan.

Kata kunci: P2P, Blockchain, Renewable Energy, Sumber Tenaga, Institusi.

Abstract

Supported P2P micro-network using renewable energy involving consumers and prosumers. Timely innovation has the potential to facilitate future suggested use of Blockchain technology. However, Blockchain advancements and the prospect of P2P energy networks united into a gray zone in the institutional landscape. This paper aims to convey practical implications for institutional development and academia and holistically explore the potential challenges of Blockchain-based P2P microgrids. The analytical framework for the P2P microgrid was developed according to the literature review and expert interviews. The framework includes 1) Social, 2) Technological, 3) Environmental, 4) Economic, and 5) Institutional Dimensions. By offering insight through holistic conceptualization, this paper aims to engage research in building a more substantial institutional arch pillar for Blockchain in the energy sector. Institutional change utilizing a community development approach and a regulatory sandbox is a potential pathway for unifying multidimensionality, reducing cross-sectoral silos, and facilitating interoperability between current and future systems.

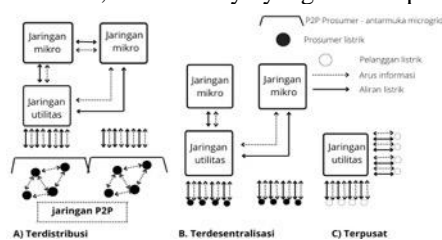
Keywords: P2P, Blockchain, Renewable Energy, Power Source, Institution.

1. Pendahuluan

Konsumsi energi dunia tumbuh sebanyak 2,1% pada tahun 2017, dengan energi fosil bahan bakar memasok 81% dari jumlah permintaan [1],[2]. Mengingat perubahan iklim, melalui efisiensi energi serta energi terbarukan dapat mengurangi tekanan emisi. Pangsa energi terbarukan memang meningkat pesat, pada tahun 2017 energi dunia sudah memasok sebanyak 25%. Beberapa negara mempunyai target tinggi, seperti pangsa energi terbarukan sebanyak 32% pada tahun 2030 di Uni Eropa (UE) serta 100% pada tahun 2040 di Swedia [3],[4].

Sistem energi terdistribusi, termasuk penyimpanan energi dan sumber terbarukan lokal, akan terus tumbuh dengan memanfaatkan kemajuan teknologi [5],[6]. Masa depan sistem ini kompleks, perangkat pintar yang berbicara secara nyata waktu serta melibatkan interaksi prosumer (keduanya produsen dan konsumen) [7]. Masa depan saat ini tidak dapat diatur secara efisien dengan pasar terpusat saat ini, komunikasi (TIK) untuk lebih memediasi berkelanjutan, energi terdistribusi dan teknologi informasi menjadi fokusnya [8].

Blockchain dengan mudah memiliki momentum dengan konteks TIK platform [9],[10]. Buku besar terdistribusi yang memanfaatkan keamanan kriptografis dan prosedur konsensus disebut sebagai "Internet of Value". Munculnya aplikasi *Blockchain* dapat mengganggu sebab hampir tidak bisa rusak, kualitasnya untuk pasar yang terdesentralisasi, serta sifatnya yang tidak dapat diubah [11],[12].



Gambar 1. Gambaran sederhana tentang transisi potensial dari A) Terpusat, ke B) Terdesentralisasi, ke C) Sistem energi terdistribusi dengan jaringan mikro dan jaringan P2P.

Tidak terkecuali sektor energi. Dibahasnya "Internet Energi" oleh *Blockchain*, pasar prosumer terdistribusi, memungkinkan transparansi. Ekonomi energi dapat berkontribusi dimana platform semua orang bisa memproduksi, membeli energi serta menjual [13],[14]. Kurangnya wawasan tentang pasar prosumer prospektif dengan energi terdistribusi dengan berharga pembentukan lembaga yang lebih tepat [15]. Kurangnya penelitian tentang konseptualisasi holistik dari microgrid berbasis *Blockchain* yang menyatukan beberapa perspektif dalam analisis [16]. Makalah ini sebagai holistik jelajahi tantangan potensial dari mi- berbasis *Blockchain* peer-to-peer (P2P) crogrid, dan menawarkan implikasi praktis dengan pengembangan kelembagaan serta akademisi. Pertama, latar belakang mengenai mekanisme *Blockchain* serta kemajuan sektor energi diberikan. Kedua, penerapannya di microgrid P2P, tinjauan kritis komprehensif mengenai *Blockchain*, dan kesempatan terkait dilakukan berdasarkan literatur dan wawancara ahli. Ketiga, disajikannya kerangka kerja analitis untuk P2P microgrids dengan temuan kunci. Akhirnya, dibahas kerangka kerja, dengan diakhiri implikasi pemanfaatannya dalam menyediakan pengembangan kelembagaan dan penelitian lebih lanjut.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, menggabungkan metode antara literatur peer-review dan kualitatif tentang implikasi pengembangan energi terdistribusi di lingkungan institusi berbasis blockchain. Metode literatur peer-review adalah sebuah metode sistematis untuk melakukan identifikasi terhadap hasil karya penelitian dan hasil pemikiran yang sudah dihasilkan oleh para peneliti dan praktisi [39]. Sedangkan, metode kualitatif itu sendiri adalah penelitian yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis dan lebih menekankan pada pengamatan fenomena dan lebih meneliti ke substansi makna dari fenomena tersebut [40]. Analisis dan ketajaman penelitian kualitatif sangat berpengaruh pada kekuatan kata dan kalimat yang digunakan

Pada topik penelitian baru yang relatif belum dipetakan mempunyai aplikasi *Blockchain* pada sektor energi. Sebuah metodologi eksplorasi diperlukan ketika mempunyai masalah penelitian pada beberapa studi sebelumnya, untuk membangun wawasan baru dan keakraban melalui penyelidikan awal [16]. Pada menyelidiki batas-batas di mana masalah dan peluang mungkin ada pendekatan ini dapat berguna, dan mengidentifikasi faktor-faktor yang relevan untuk penelitian lebih lanjut. Oleh sebab itu, dibuatnya makalah ini bertujuan untuk pendekatan eksplorasi, pada mengonseptualisasikan sistem daya P2P berbasis *Blockchain* dalam kerangka holistik. pada gambar 2 dapat dilihat gambaran skema pendekatan. Ini dibangun di Mengelkamp et al. yang mengadopsi dan mengembangkan serangkaian komponen microgrid untuk analisis kasus.

Telah dibuat kerangka kerja analitis, termasuk beberapa sub-faktor dan lima dimensi. Dengan judul TESEI, kerangka tersebut meliputi: 1) Lingkungan 2) Teknologi, 3) Dimensi kelembagaan 4) Ekonomi, dan 5) Sosial. Pada faktor dan dimensi yang telah tergabung pada TESEI didasarkan pada tinjauan literatur ekstensif tentang jaringan P2P dan microgrid berbasis *Blockchain*. Literatur akademis serta artikel berita mencakup tinjauan, siaran pers, presentasi konferensi, dan laporan, dengan tujuan untuk

mendapatkan perubahan cepat dan sifat baru dari *Blockchain* dan aplikasi potensialnya dalam energi. Selain itu, ada 5 ahli diwawancarai, untuk menyatukan wawasan yang saling melengkapi. Seorang ahli diidentifikasi sebagai individu dengan pengalaman dan/atau aktif bekerja di bagian industri atau akademisi yang berkaitan pada sistem energi berbasis *Blockchain*. Para ahli dan afiliasi bisa melihat Referensi makalah ini, yang disebut sebagai 'Komunikasi pribadi'. 2 melalui panggilan konferensi dan 3 wawancara dilakukan tatap muka. Para ahli diminta untuk membicarakan tantangan microgrid P2P berbasis *Blockchain* pada setiap dimensi di TESEI. Para ahli ini tidak disediakan pada temuan yang berbasis literatur yang sudah ditetapkan pada sebelumnya dari faktor TESEI sebelum wawancara. Wawancara semi-terstruktur dan terbuka, dengan sebuah pertanyaan yang identik pada setiap orang yang diwawancarai diikuti oleh beberapa pertanyaan klarifikasi. Struktur ini memungkinkan orang yang diwawancarai untuk memberikan pendapat yang komprehensif dan mendalam[17], karena berguna untuk studi eksplorasi.

Kondisi dan peluang listrik P2P berbasis *Blockchain* akan bergantung pada yurisdiksi, dan pada gilirannya kerangka kerja yang dikembangkan mungkin tidak dapat digeneralisasikan secara keseluruhan. Tetapi, TESEI mungkin akan dibangun dan diperluas di dunia akademis. Sementara jaringan mikro sangat mahal untuk masyarakat terpencil yang tidak mempunyai akses listrik, fokus TESEI adalah pada area di mana jaringan mikro dapat terhubung dengan jaringan listrik. berikutnya, menyatukan panas dan daya (CHP) dapat meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi konversi energi, tetapi TESEI terbatas pada listrik. Kemampuan dari platform *Blockchain* pada konteks solusi offgrid serta microgrid berbasis CHP mungkin menjadi 2 zona yang akan menarik untuk penelitian lebih lanjut, tetapi tidak dalam cakupan penelitian tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari sebagian studi sudah mengeksplorasi dan menentukan kerangka kerja untuk pengambilan keputusan sistem energi, kriteria sosial pada umumnya lebih difokuskan, ekonomi, lingkungan, dan teknologi, tetapi seringkali menghilangkan inklusi institusi secara eksplisit. Beberapa menggabungkan ini, seperti contoh kerangka multi tier untuk evaluasi energi terbarukan oleh Katre dan Tozzi, dengan dimensi kelembagaan yang berpusat pada keterlibatan masyarakat dan tata kelola. Tinjauan holistik ini berharga dalam menjawab bagaimana inovasi teknologi dapat diperluas ke kesiapan kelembagaan dengan memahami dimensi ekonomi, dan lingkungan sosial. Dianjurkan supaya kerangka kerja tersebut dapat menawarkan wawasan dan bantuan lebih lanjut yang bermanfaat pada analisis microgrid berbasis Blockchain. Ketika menganalisis kasus microgrid berbasis Blockchain TESEI diusulkan untuk aplikasi di kalangan praktisi. Pada dunia akademis dapat membangun kerangka kerja itu sendiri.

3.1. Dimensi Teknologi

Pada awal proyek energi baru diperlukan keputusan teknologi. Mengelompokkan. Dibandingkan dengan yang lain dimensi teknologi microgrid berbasis *Blockchain* relatif sudah mapan, seperti faktor sosial dan peraturan. Pada dunia akademis aspek teknologi *Blockchain* sudah mendapatkan momentum.



Gambar 2. Ikhtisar skema sederhana dari pendekatan metodologis penelitian ini (TESEI: Teknologi, Ekonomi, Sosial, Lingkungan, Kelembagaan).

Seperti contoh, Oh et al. Menjadikan platform *Blockchain* multi-rantai berdasarkan data skenario perdagangan daya, menemukan bahwa kekuatan dan transaksi keuangan dapat dilakukan secara efektif dan bersamaan. Tanaka dkk. melakukan percobaan untuk perdagangan daya P2P pada *Blockchain* Ethereum pribadi, dengan berbagai pembangkit, kondisi beban PV surya dan penyimpanan. Untuk mengurangi pemborosan energi ditemukan pertukaran lokal dengan inverter digital 2 arah, hingga tanpa penyimpanan. Pop dkk. Untuk respon permintaan (DR) *Blockchain* menjelajahi simulasi berbasis Ethereum dengan kontrak pintar, menemukan bahwa permintaan dan pasokan energi dapat seimbang. Hwang dkk. [19]

menyelidiki model bisnis prosumer di testbed laboratorium, dan memberikan pendapat model transaksi untuk perdagangan yang efisien dan virtual melalui *Blockchain* dan Internet of Things (IoT).

3.1.1. *Blockchain*: Masalah Teknis dan Prospek

Sebelum melangkah maju, penting juga untuk membicarakan potensi tantangan teknis *Blockchain* dan dampak kepada microgrid P2P. Sebagian penulis mengamati biaya komputasi dari mekanisme konsensus *Blockchain* dan kesulitan yang menyertainya dalam skalabilitas. Daya ini memerlukan unit pemrosesan pusat yang tinggi, tergantung pada kesulitan komputasi, yang pada gilirannya terletak di balik intensitas energi tinggi dari PoW. Selain itu, seperti platform Bitcoin dan Ethereum masih mempunyai transaksi per detik yang rendah, masing-masing berkisar antara 3 sampai 7 dan 12–30 tps, yang merusak skalabilitas.

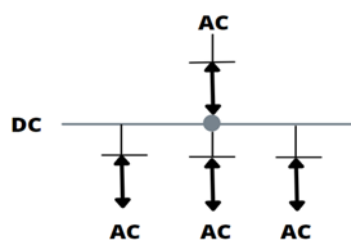
Meskipun demikian, resolusi baru terus diperkenalkan untuk meningkatkan skalabilitas, keamanan, dan kinerja, serta mengurangi latensi. Seperti contoh, platform *Blockchain*, dan EOS dikembangkan oleh perusahaan Block.one, dengan rencana untuk menskalakan hingga 10.000 tps ke atas.

3.1.2 Sistem Manajemen Energi

Perangkat keras dan perangkat lunak merupakan bagian penting untuk kualitas jaringan mikro, pasar profitabilitas, dan dukungan pasar, dengan mengelola aliran energi dan informasi 2 arah secara real-time dengan pengukuran cerdas untuk menyeimbangkan pasokan dan beban. Efisiensi pasar akan menjadi dasar penting, pengenalan pemain pasar baru, integrasi energi terbarukan, dan manajemen kemacetan yang optimal. Dukungan pasar dan manajemen energi teknis memfasilitasi swasembada yang lebih tinggi pada model energi P2P. Sebagian penulis memfokuskan pentingnya sistem manajemen energi yang melindungi frekuensi dan tingkat tegangan dalam rentang yang dapat diterima, sehingga memungkinkan koneksi jaringan utilitas. Seperti yang ditunjukkan oleh Tanaka et al., struktur back-to-back bisa mengelola tantangan interkoneksi jaringan melalui frekuensi 2 arah dan konversi tegangan. Dengan demikian, sisi terdistribusi tidak dapat mengganggu jaringan utilitas, dan secara teknis memfasilitasi interkoneksi. Perihal konteks ini, pulau microgrid dan kehandalan difasilitasi dengan sistem bercabang keseimbangan energi dalam beberapa tingkatan.

3.1.3 Jaringan Listrik

Pada Interkoneksi jaringan mikro dengan jaringan utilitas memerlukan pertimbangan penting untuk meningkatkan keandalan sistem. Selain itu, pulau microgrid merupakan kunci materi untuk dimasukkan dalam perencanaan, misalnya karena menawarkan keandalan pasokan listrik lokal lebih lanjut dan mungkin memerlukan kebijakan tertentu [26]. Penyimpanan energi selanjutnya dapat berkontribusi dalam keandalan, mengaktifkan layanan tambahan, pencegahan kesalahan, dan mengurangi tegangan berlebih dan tegangan rendah.



Gambar 3. Konversi daya back-to-back (B2B). Diadaptasi dari Tanaka et al.

Dalam penyimpanan energi dapat dibahas sebagai teknologi yang mengharuskan kunci untuk stabilitas dan kualitas daya yang harus tercermin dalam kemajuan microgrid P2P. Semakin banyak proses pembagian energi P2P yang dilepaskan. Baik dalam perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang, tantangan penting.

Killmeyer dkk. Juga menyoroti yang penting pada integrasi sistem yang efektif dan skalabilitas platform. Dengan meningkatnya frekuensi pertukaran daya di jaringan P2P seperti itu, pelacakan dan atribusi kehilangan daya microgrid juga penting untuk evaluasi dan penetapan harga transaksi energi yang akurat.

3.1.4 Jaringan P2P

Blockchain adalah metode yang mendukung untuk pasar karena pengukuran dan penagihan yang disederhanakan. Pada Kontrak pintar diperlukan memberitahu sistem tentang strategi penawaran yang akan diperbarui, ditambah dengan mekanisme verifikasi yang efektif, seperti PoI. Misalnya, Wu dan Tran menyoroti proses penyimpanan semua catatan transaksi, yang akan memerlukan kapasitas penyimpanan data yang besar yang dilakukan secara serempak di semua node Blockchain, dan dengan demikian konsumsi energi lebih tinggi. Pada memajukan microgrid P2P, dimensi TESEI yang tersisa berguna dalam mendiskusikan institusi yang berhubungan dengan perubahan teknologi.

3.2 Dimensi Ekonomi

3.2.1 Model Bisnis Prosumer

Bergantungnya biaya tetap pada model kepemilikan dan peraturan. Struktur dan mekanisme potensial pada partisipasi microgrid P2P di beberapa jenis pasar menarik untuk dieksplorasi lebih lanjut lagi. Pilihan ini dapat bergantung pada beberapa faktor lain, seperti tingkat energi terbarukan yang disukai dan bahkan opsi penjualan layanan meningkat, yang semua strateginya dapat dikripsi pada kontrak pintar. memfokuskan pada pentingnya penyadapan nilai dan keinginan partisipasi, yang menyertakan pengukuran manfaat ekonomi bagi masyarakat dan individu, masing-masing.

Selectivity pada urutannya dapat mengacu kemampuan prosumer untuk memanfaatkan fluktuasi harga grosir, daya jual ketika harga tinggi dan membeli ketika harga rendah. Kemampuan untuk menggeser penjualan listrik secara temporal juga akan berpengaruh pada ketersediaan penyimpanan energi, faktor yang sampai saat ini diidentifikasi baik dalam dimensi ekonomi dan teknologi. Sementara tren penilaian dan kekhawatiran risiko akan menjadi penting pada diskusi mengenai cryptocurrency, makalah ini menjadi fokus pada Blockchain sebagai infrastruktur P2P yang mendasarinya. Blockchain dapat memungkinkan manfaat ekonomi pada tingkat individu, dalam hal kemandirian dan kewirausahaan ekonomi, terutama relevan untuk prosumer.

3.3 Dimensi Sosial

Pada nilai-nilai sosial *Blockchain* terdapat dampak yang signifikan, infrastruktur sosial, dan model bisnis perusahaan. Dengan adanya dampak tersebut, perubahan perilaku berpotensi penting untuk dipahami ketika mengatur peraturan dan kebijakan baru [34]. Seperti yang dikemukakan oleh Caputo et al. Keberlanjutan tergantung pada perlindungan lingkungan, tetapi juga terletak di persimpangan aktor sosial dan ekonomi. Ketika konsumen listrik sebelumnya berperan menjadi prosumer, atau produsen, mungkin mereka lebih terlibat dan sama juga dengan berinvestasi dalam sistem energi. Bagaimana cara pengguna kerjasama yang baik untuk secara efektif untuk berguna pada lingkungan, keberlanjutan ekonomi, sosial dan lingkungan.

3.3.1 Insentif Sosial Ekonomi

Sebagian penulis menyoroti kebutuhan untuk penelitian lebih jauh mengenai insentif sosial ekonomi yang diperlukan untuk pelaku berpartisipasi pada pasar energi lokal, dan bagaimana memasukkan insentif ini ke dalam desain pasar. Pada Konteks nasional dapat mempengaruhi relevansi manfaat tersebut. Contoh, di Amerika Serikat penekanan ditempatkan dalam keamanan energi, sedangkan di Uni Eropa target pengurangan emisi bertujuan pada penekanan kemampuan untuk mengintegrasikan energi terbarukan pada jaringan mikro.

Pada konteks ini, bermanfaat untuk memahami produsen, konsumen, prosumer, dan interaksinya. Dengan memajukan elemen pilihan yang bisa dibawa oleh Blockchain, disarankan bahwa mekanisme tersebut adalah bidang yang menarik untuk penyelidikan lebih jauh.

3.3.2 Manajemen Kepentingan Pemangku Kepentingan

Sebagian penulis menyoroti seberapa penting manajemen kepentingan pemangku kepentingan pada pemasaran dan insentif jaringan mikro. Bhuptani dan Thorén juga menyoroti kebutuhan untuk dimajukan keramahan pengguna antarmuka untuk kontribusi pada layanan berbasis Blockchain pada umumnya. Dibandingkan pada beberapa negara secara historis bergantung pada bahan bakar fosil dan perusahaan listrik besar, banyak membikin kebijakan berganti ke listrik terdistribusi, membuktikan masa depan yang tidak pasti untuk utilitas konvensional. Digitalisasi mempengaruhi utilitas pada model aktor, bisnis baru dan peran di grid.

Pada gambaran ini, utilitas dapat menjadi penyedia layanan atau platform yang berbenturan dengan pemasok energi di masa depan. menyoroti bahwa jaringan di masa depan pada pasar energi akan

mebutuhkan arahan dari beberapa pemain yang bersaing, termasuk pemasok, produsen, konsumen, prosumers, dan penyedia layanan energi.

3.3.3 Pertunangan Komunitas

Ketika konsumen menjadi prosumer yang juga mewujudkan listrik, tingkat kontribusi dalam sistem cenderung meningkat. Penulis juga mendiskusikan mengenai sistem manajemen energi yang baik, beban perdagangan P2P bisa dikurangi, keuntungan diperbesar, dan dengan demikian meningkatkan penerimaan. Pembangunan komunitas dari semua pemangku kepentingan yang terkena efeknya, termasuk juga konsumen dan prosumer, diarahkan menjadi mekanisme potensial untuk mengerti dan melakukan kepentingan pemangku kepentingan pada perencanaan dan pengembangan jaringan mikro P2P. Berdasarkan keterlibatan pengguna dan beberapa metode, seperti umpan balik yang diperiksa pada proyek nyata, jawaban itu sangat penting dalam membangun pilar sosial dari lengkungan kelembagaan.

3.4 Dimensi Lingkungan

Pembatasan emisi merupakan salah satu manfaat potensial dari microgrid, dan peninjauan dalam pengembangannya. Hal ini dapat relevan mengingat bahwa mengurangi pemanasan global hingga 1,5 derajat di atas tingkat pra-industri akan memerlukan “perubahan yang cepat, meluas dan belum pernah terjadi sebelumnya di semua aspek masyarakat”. *Blockchain* dapat melibatkan diri pada konteks ini, seperti melalui pengembangan keterlacakan emisi gas rumah kaca (GRK), transparansi dalam perdagangan emisi, dan dengan menghalangi manipulasi data.

3.4.1 Manajemen Energi dan Kemandirian

Swasembada sebagai indikator kunci dari kegunaan lingkungan berikutnya dari jaringan mikro sebab kegunaan dari kerugian lini yang lebih rendah dan potensi pembagian energi terbarukan yang lebih tinggi. Dengan waktu yang panjang, interkoneksi jaringan mikro dapat memungkinkan energi terbarukan terdistribusi, sehingga dapat berkontribusi pada pengurangan emisi. Mempertimbangkan kegunaan ini, peraturan untuk pengurangan emisi mampu memfasilitasi pengembangan jaringan mikro P2P. Basu dkk. dan Di Silvestre dkk. menyoroti pentingnya memasukkan peraturan lingkungan ke dalam manajemen energi microgrid, terutama mengenai dengan energi terbarukan dan target pengurangan emisi.

3.4.2 Blockchain untuk Environmentalisme

Khaqqi dkk. secara spesifik menyoroti kemampuan Blockchain dan perangkat pintar pada strategi pengurangan emisi, seperti untuk perdagangan emisi yang lebih efektif. Nilai ini berkaitan dengan transparansi *Blockchain*, yang mampu menjelaskan gangguan berita emisi. Peluang *Blockchain* untuk kelestarian lingkungan semakin diakui pada sektor swasta. Dalam hal perdagangan emisi karbon, contohnya, IBM dan Energy Blockchain Lab telah bermitra pada pengembangan platform berbasis *Blockchain* untuk perdagangan aset karbon di Tiongkok. Pada hal ini, *Blockchain* mungkin mampu berkontribusi karena kemampuannya dengan melacak material yang transparan dan akuntabel dalam rantai pasokan. Zhang dkk. membahas potensi *Blockchain* pada aksi iklim dan yang berkaitan dengan instrumen keuangan, tetapi menekankan perlunya lingkungan peraturan yang ramah dan reformasi hukum untuk meyakinkan pemanfaatan *Blockchain*.

3.5 Dimensi Kelembagaan

Blockchain mempunyai posisi awal untuk bisnis dan berkembang pesat, terutama pada kalangan pemula, namun tanpa peraturan dan standar yang jelas. Sudah terlihat pada laporan konsultasi dan akademisi. Institusi merupakan salah satu dimensi yang sangat menantang dan berpengaruh pada energi P2P berbasis *Blockchain*, dan juga mempunyai celah pada penelitian terbesarnya. Pada dunia akademis pondasi pada kelembagaan *Blockchain* masih kurang, tetapi beberapa penulis telah berbagi diskusi berharga dalam memajukan ini.

Blockchain mempunyai kemampuan untuk menggeser agenda kota pintar ke «kota kripto». Green dan Newman mengeksplorasi bagaimana ekspansi yang cepat dari PV surya dan penyimpanan telah memberikan dukungan untuk «utilitas warga» di Australia. Penulis membahas *Blockchain*, dan perlunya membuat kebijakan untuk memasukkan pergeseran peran utilitas konvensional.

3.5.1 Kebijakan dan Tata Kelola Jaringan Mikro P2P

Regulasi khusus dibutuhkan untuk pertukaran daya berbasis *Blockchain* dan model bisnis selanjutnya dalam jangka panjang. Memerlukan undang-undang baru untuk jual beli listrik P2P.

Contohnya, kasus yang disebutkan di Brooklyn berdasarkan pada penjualan sertifikat energi terbarukan untuk tenaga surya prosumer, karena listrik ini tidak bisa diperdagangkan secara resmi. Pada masalah hukum terkait pada jaringan mikro juga melibatkan identitas dan keharusan yang tidak jelas pada pasar listrik. Sistem ini terlihat tidak praktis untuk produsen skala kecil, karena lisensi pada umumnya mengasumsikan produsen dan perusahaan skala besar. Pada akhirnya, dapat diarahkan bahwa pasar energi P2P ingin dikembangkan secara layak dalam jangka panjang, model kepemilikan dan kemitraan, lisensi prosumer dan persyaratan terkait serta peran pasar akan membutuhkan penelitian lebih jauh lagi.

Blockchain pribadi berjalan pada identitas digital dalam sebuah organisasi untuk tata kelola, audit, manajemen perselisihan, serta transaksi internal. Pada *Blockchain* konsorsium, prosedur konsensus dilakukan oleh sekelompok node yang ditunjuk sementara informasi dapat disebarluaskan secara publik, bermanfaat pada perbankan serta sektor energi. Ini dapat berpotensi pada *Blockchain* publik yang skala besar yang membutuhkan tingkat perubahan peraturan tertinggi. Pada pengaturan ini, lembaga publik bisa menjadi pemain kunci pada tata kelola *Blockchain* energi.

3.5.2 Prospek Inovasi Kelembagaan

Sebagian penulis menyoroti keinginan untuk mengeksplorasi zona abu-abu pada institusi yang bersangkutan dengan *Blockchain* dan aplikasinya. Seperti yang sudah dibahas, agenda lingkungan, inovasi teknologi, dinamika sosial, dan pasar ekonomi dapat berpengaruh pada microgrid P2P. Oleh sebab itu, dianjurkan bahwa dimensi-dimensi ini penting pada diskusi mengenai perubahan kelembagaan. Mempertimbangkan sifat multi-segi dari aplikasi *Blockchain*, seluruh sektor publik harus dilibatkan untuk mengatasi silo, mengeksplorasi aplikasi dengan dampak sosial, dan mencapai konsistensi peraturan pada kementerian. Pembangunan bertahap yang strategis berkaitan dengan pembangunan komunitas dengan pemangku kepentingan yang relevan mampu memberi mengarahkan perubahan, dan secara bersamaan memberdayakan masyarakat berdasarkan keterlibatan partisipatif dan perencanaan. Dengan cara ini, kepentingan dan perhatian para pemangku kepentingan lebih mampu dipahami dan dimasukkan ke dalam institusi yang efektif. Pendapat sebagian kelompok sosial dapat mempengaruhi pengembangan sistem rendah karbon. Kebijakan ini mendapat manfaat dari fleksibilitas serta pemahaman mengenai beberapa sudut pandang dan perilaku aktor dan jaringan.

Sirkularitas ini diarahkan pada kemajuan dari kesiapan teknologi ke dalam kelembagaan juga membutuhkan penyatuan dimensi sosial, lingkungan dan ekonomi. Contohnya pada, jaringan mikro P2P membutuhkan kebijakan serta standar yang lebih jelas dan baik pada dimensi peraturan dan ekonomi. Sistem energi saat ini secara berurutan didigitalkan, dan pasar energi diliberalisasi. Penyatuan 2 transformasi ini memfasilitasi pengembangan microgrid. Memasukkan mekanisme perdagangan untuk rendah karbon, peraturan lingkungan, serta metode perdagangan P2P jelas mampu berkontribusi pada kesiapan kelembagaan di persimpangan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

4. Kesimpulan

Tujuan dari pembuatan makalah ini merupakan untuk mengeksplorasi dan mengkonseptualisasikan microgrid P2P berbasis *Blockchain* secara holistik, dan memberikan saran implikasi praktis untuk pengembangan kelembagaan serta penelitian akademis. Berdasarkan tinjauan komprehensif, kerangka kerja analitis untuk microgrid P2P berbasis *Blockchain* telah dibikin. Dengan judul TESEI, kerangka tersebut meliputi 1) Ekonomi, 2) Teknologi, 3) Lingkungan, 4) Sosial, dan 5) Dimensi Kelembagaan. Faktor inti yang dipersempit di setiap dimensi adalah; (1) Ekonomi: mekanisme pasar energi, model bisnis prosumer, kontrak cerdas. (2) Teknologi: sistem manajemen energi, jaringan listrik, jaringan P2P. (3) Lingkungan: pengurangan emisi, swasembada, dampak siklus hidup. (4) Sosial: insentif sosial ekonomi, pengelolaan kepentingan pemangku kepentingan, pertunangan Komunitas. (5) Kelembagaan: kebijakan pasar, kode jaringan, kebijakan P2P, mekanisme inovasi kelembagaan.

Perlu dicatat bahwa setiap dimensi akan bergantung pada kondisi lokal dan pemangku kepentingan, serta faktor-faktor yang diidentifikasi dimungkinkan tidak bisa diterapkan secara universal. Temuan yang mampu digeneralisasikan pada setiap dimensi terbuka untuk penelitian lebih jauh. Tetapi, disarankan agar kerangka kerja yang telah dibuat bisa menawarkan wawasan yang berguna tentang konsep dan multi-dimensi dari microgrid P2P berbasis *Blockchain*, hal penting pada akademisi, analisis kasus, dan dalam menyusun arah untuk pengembangan institusional. Secara umum disarankan bahwa ada keperluan untuk menjembatani kesenjangan antara teknologi dan institusi dengan juga memasukkan dimensi sosial, ekonomi, dan lingkungan. Alasan terkait dengan dimensi yang dihilangkan akan menunjukkan pilar yang hilang yang diperlukan pada perubahan kelembagaan. Pengembangan masyarakat dan kotak pasir peraturan mampu meyakinkan pengembangan kelembagaan yang ditunjukkan pada hubungannya dengan seluruh dimensi, dengan memanfaatkan berbagai perspektif, berbagi pengetahuan, dan mengurangi silo lintas

sektoral. Pendekatan bertahap dan multidimensi dapat didukung pada interoperabilitas antara sistem saat ini dan masa depan berdasarkan kemajuan sinkretis bertahap. Dengan demikian, kesiapan kelembagaan holistik diyakinkan untuk sistem energi berbasis *Blockchain*: implikasi penting untuk energi dan pembangunan berkelanjutan pada umumnya.

Daftar Pustaka

- [1] N. Zaman *et al.*, *Sumber Daya dan Kesejahteraan Masyarakat*. Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [2] S. K. UntungRahardja and Q. EkaPurnamaHarahap, "Authenticity of a diploma using the blockchain approach," *Int. J.*, vol. 9, no. 1. 2, 2020.
- [3] G. F. DILA, "Analisis Alasan Tiongkok Bertahan Dalam Paris Agreement Sebagai Negara Penyumbang Emisi Gas Terbesar Di Dunia Pada Tahun 2017," 2021.
- [4] A. Williams, R. Widayanti, T. Maryanti, and D. Julianingsih, "Effort To Win The Competition In Digital Business Payment Modeling," *Startupreneur Bisnis Digit.*, vol. 1, no. 1 April, pp. 84–96, 2022.
- [5] J. Parung, S. Larissa, A. Santoso, and D. N. Prayogo, "Penggunaan Teknologi Blokchain, Internet Of Things Dan Artificial Intelligence Untuk Mendukung Kota Cerdas. Studi Kasus: Supply Chain Industri Perikanan." Universitas Surabaya, 2021.
- [6] A. Argani and W. Taraka, "Pemanfaatan Teknologi Blockchain Untuk Mengoptimalkan Keamanan Sertifikat Pada Perguruan Tinggi," *ADI Bisnis Digit. Interdisiplin J.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–21, 2020.
- [7] M. Simanjuntak, "Pemanfaatan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Pada E-Business," *E-bus. Inov. di Era Digit.*, vol. 33, 2022.
- [8] D. Mohammed, N. Aisha, A. Himki, A. Dithi, and A. Y. Ardianto, "Blockchain Is Top Skill For 2020," *Aptisi Trans. Technopreneursh.*, vol. 2, no. 2, pp. 180–185, 2020.
- [9] B. Raharjo, "Fintech Teknologi Finansial Perbankan Digital," *Penerbit Yayasan Prima Agus Tek.*, pp. 1–299, 2021.
- [10] A. Rizky, N. Lutfiani, W. S. Mariyati, A. A. Sari, and K. R. Febrianto, "Decentralization Of Information Using Blockchain Technology On Mobile Apps E-Journal," *Blockchain Front. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2022.
- [11] J. Simarmata *et al.*, *Teknologi Informasi: Aplikasi dan Penerapannya*. Yayasan Kita Menulis, 2020.
- [12] A. G. Prawiyogi, Q. Aini, N. P. L. Santoso, N. Lutfiani, and H. L. J. Juniar, "Blockchain Education Concept 4.0: Student-Centered iLearning Blockchain Framework," *JTP-Jurnal Teknol. Pendidik.*, vol. 23, no. 2, pp. 129–145, 2021.
- [13] R. R. Sitorus, "Pengaruh Pembatasan Aktivitas Ekonomi dan Perkembangan Investasi E-Commerce terhadap Minat Berinvestasi yang Dimoderasi oleh Tax Incentives di Era Covid 19," *Media Akunt. Perpajak.*, vol. 6, no. 1, pp. 20–30, 2021.
- [14] V. Elmanda, A. E. Purba, Y. P. A. Sanjaya, and D. Julianingsih, "Efektivitas Program Magang Siswa SMK di Kota Serang Dengan Menggunakan Metode CIPP di Era Adaptasi New Normal Pandemi Covid-19," *ADI Bisnis Digit. Interdisiplin J.*, vol. 3, no. 1, pp. 5–15, 2022.
- [15] R. I. Kemenkes, "Buletin SDM Kesehatan Edisi Februari 2020," *Bul. SDM Kesehat.*, 2020.
- [16] N. Lutfiani, F. P. Oganda, C. Lukita, Q. Aini, and U. Rahardja, "Desain dan Metodologi Teknologi Blockchain Untuk Monitoring Manajemen Rantai Pasokan Makanan yang Terdesentralisasi," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–25, 2020.
- [17] M. A. Furqon, "Cryptocurrency Sebagai Instrumen Mempertahankan Kekuasaan: Studi Kasus Kepemimpinan Presiden Nicolás Maduro DI Venezuela (Tahun 2017-2019)." Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Jember.
- [18] F. Agustin, F. P. Oganda, N. Lutfiani, and E. P. Harahap, "Manajemen Pembelajaran Daring Menggunakan Education Smart Courses," *Technomedia J.*, vol. 5, no. 1 Agustus, pp. 40–53, 2020.
- [19] C. P. C. Carrillo, "HUBUNGAN BITCOIN DAN NILAI TUKAR MATA UANG CINA, INDIA DAN INDONESIA." Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2022.
- [20] U. Rahardja, Q. Aini, E. P. Harahap, and R. Raihan, "GOOD, bad and dark bitcoin: a systematic literature review," *Aptisi Trans. Technopreneursh.*, vol. 3, no. 2, pp. 115–119, 2021.
- [21] A. G. Prawiyogi, R. Rahman, A. Sastromiharjo, S. Sulistiawati, and Q. Aini, "Ontologi Blockchain Pada Karya Tulis Puisi Di Pendidikan Sekolah Dasar: Metode Merkle Root," *CSRID (Computer Sci. Res. Its Dev. Journal)*, vol. 13, no. 1, pp. 23–33, 2021.
- [22] E. S. Pramono, D. Rudianto, F. Siboro, M. P. A. Baqi, and D. Julianingsih, "Analysis Investor Index Indonesia with Capital Asset Pricing Model (CAPM)," *Aptisi Trans. Technopreneursh.*, vol. 4, no. 1, pp. 36–47, 2022.
- [23] J. Jamaludin *et al.*, *Tren Teknologi Masa Depan*. Yayasan Kita Menulis, 2020.

- [24] I. D. Tamara, F. A. Afandi, S. TP, I. N. P. Tarigan, P. H. M. Comm, and M. E. Wahyuningsih Santosa, *Keberlanjutan dalam Perspektif Bisnis dan Inklusifitas*. SCOPINDO MEDIA PUSTAKA, 2021.
- [25] C. W. Purnomo, *Solusi pengelolaan sampah Kota*. UGM PRESS, 2021.
- [26] B. P. K. Bintoro, N. Lutfiani, and D. Julianingsih, "Analysis of the Effect of Service Quality on Company Reputation on Purchase Decisions for Professional Recruitment Services," *APTISI Trans. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 35–41, 2023.
- [27] O. W. Purbo, K. Muludi, and T. C. Kurniawan, *Jaringan Nirkabel 5G Berbasis Cloud: Reability, Mobility, Energy Efficiency, Latency*. Penerbit Andi, 2021.
- [28] U. Rahardja, Q. Aini, and M. Iqbal, "Optimalisasi Reward Pada Penilaian Absensi Berbasis Gamifikasi Untuk Meningkatkan Motivasi Mahasiswa," *InfoTekJar J. Nas. Inform. dan Teknol. Jar.*, vol. 5, no. 1, pp. 40–43, 2020.
- [29] M. Muttaqin *et al.*, *BIG DATA: Informasi Dalam Dunia Digital*. Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [30] D. Julianingsih, A. G. Prawiyogi, E. Dolan, and D. Apriani, "Utilization of Gadget Technology as a Learning Media," *IAIC Trans. Sustain. Digit. Innov.*, vol. 3, no. 1, pp. 43–45, 2021.
- [31] H. Kodrat and S. Or, "IMPLEMENTASI MERDEKA BELAJAR DI WILAYAH 3T UNTUK MELAHIRKAN SDM UNGGUL DI TENGAH PANDEMIC COVID-19," *Strateg. PENINGKATAN SDM UNGGUL BERDAYA*, p. 45, 2021.
- [32] A. Haikal, S. Hidayat, and E. Erlina, "PERENCANAAN MICROGRID PADA GEDUNG ADMIN DI PLTU BANTEN 3 LONTAR UNTUK PEMAKAIAN SENDIRI." INSTITUT TEKNOLOGI PLN, 2020.
- [33] P. Paryono, S. H. Absori, and M. Muinudinillah, "HUKUM ENERGI KETENAGALISTRIKAN INDONESIA: Studi Kebijakan Ketenagalistrikan Berbasis Kesejahteraan." Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2020.
- [34] Y. Fadhillah *et al.*, *Teknologi Blockchain dan Implementasinya*. Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [35] C. O. P. Marpaung, U. Siahaan, and M. M. Sudarwani, "Perancangan Sistem Microgrid Untuk Mempercepat Akses Terhadap Energi Listrik (Energy Access) Pada Kawasan Wisata Setu Rawalumbu Kota Bekasi," *J. Comunita Serv.*, vol. 2, no. 1, pp. 352–378, 2020.
- [36] Q. Aini, M. Budiarto, P. O. H. Putra, and U. Rahardja, "Exploring E-learning Challenges During the Global COVID-19 Pandemic: A Review," *J. Sist. Inf.*, vol. 16, no. 2, pp. 57–65, 2020.
- [37] W. Wahyuddin *et al.*, *Financial Technology: Sistem Keuangan Digital*. Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [38] N. Hasan, "Corak Budaya Birokrasi Pada Masa Kerajaan, Kolonial Belanda Hingga Di Era Desentralisasi Dalam Pelayanan Publik," *J. Huk.*, vol. 28, no. 2, pp. 1073–1087, 2022.
- [39] R. Fithriani, "PENGEMBANGAN MODEL PELATIHAN UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN MENULIS KARYA ILMIAH BERSKALA INTERNASIONAL TENAGA PENDIDIK DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN."
- [40] M. A. Zakariah, V. Afriani, and K. H. M. Zakariah, *METODOLOGI PENELITIAN KUALITATIF, KUANTITATIF, ACTION RESEARCH, RESEARCH AND DEVELOPMENT (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warramah Kolaka, 2020.