

INTEGRASI BIM DAN *BLOCKCHAIN* PADA KINERJA PERANCANGAN AEC (*ARCHITECTURE, ENGINEERING, & CONSTRUCTION*)

Muhammad Daffa Ulhaq Azhar

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
d300180070@student.ums.ac.id

Ronim Azizah

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
ra145@ums.ac.id

ABSTRAK

Sistem teknologi yang baru perlahan akan menggantikan sistem teknologi yang lama. BIM (Building Information Modelling) merupakan permodelan informasi bangunan berupa proses yang digunakan untuk mengelola dan membuat gambaran digital dari ciri fisik dan fungsional sebuah bangunan yang dirancang. BIM merupakan perangkat lunak yang bisa dioperasikan oleh seorang arsitek, kontraktor maupun teknis MEP. Informasi permodelan bangunan ini dapat diintegrasikan dengan teknologi Blockchain yang diperkirakan akan merevolusi komputasi di beberapa bidang, terutama ketika sentralisasi akan ditinggalkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh teknologi blockchain dalam fungsinya terhadap perancangan arsitektur dengan perangkat sistem BIM. Penelitian ini didasarkan pada studi literatur yang ada dalam manajemen proses perancangan BIM, yang diintegrasikan dengan blockchain. Dalam ekosistem ini, blockchain dapat menjadi infrastruktur yang dapat digunakan untuk manajemen informasi selama siklus perancangan desain sampai selesai. Bahkan jika menggunakan pemodelan informasi (BIM), ada peran blockchain untuk pengelolaan. Penggunaan teknologi blockchain dalam perancangan konstruksi akan dikaji dengan metode penelitian studi literatur yang nantinya akan menampilkan gambaran bagaimana implementasi teknologi blockchain dalam sistem perancangan AEC (Architecture, Engineering, & Construction). Gambaran implementasi yang sudah terdapat di industri umum sekarang akan diuji dan dianalogikan dalam skema uji percobaan teknologi. Hasil yang akan diperoleh yaitu integrasi antara BIM dan Blockchain pada kajian ini bisa mengubah sistem perancangan AEC (Architecture, Engineering, & Construction).

KEYWORDS:

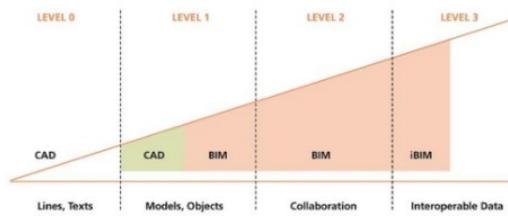
AEC; Blockchain; BIM; Perancangan; Teknologi

PENDAHULUAN

Salah satu tantangan terbesar bagi industri konstruksi di era Industri 4.0 adalah kebutuhan akan perkembangan teknologi yang berkesinambungan di bidang konstruksi. Kebutuhan teknologi di sektor konstruksi, terutama dalam proyek infrastruktur, semakin dapat dioptimisasi karena koordinasi antara pihak-pihak yang terlibat menjadi suatu kewajiban dan pada saat ini, hampir semua bidang kerja diotomatisasi menggunakan perangkat lunak termasuk AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*).

Koordinasi antara pihak-pihak yang terlibat harus berjalan cepat dalam prosesnya, sehingga

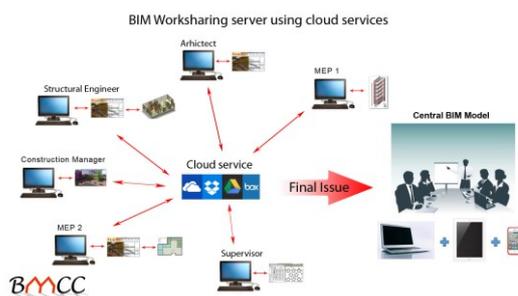
dibutuhkan sebuah server atau tempat penampungan digital yang di dalamnya merupakan sebuah pekerjaan kolaboratif antar satu sama lain, komputasi awan merupakan salah satu teknologi yang sudah dipakai pada berbagai bidang kegunaan salah satunya penyimpanan data. Penyimpanan data ini dilibatkan pada proses kolaboratif dalam proyek infrastruktur yang awalnya diujicobakan pada CAD (*Computer-Aided Design*).



Gambar 1. BIM Level

(<https://www.stroma.com/certification/news/bim-levels>)

Penggunaan cloud-computing di CAD masih ditahap awal dalam pengembangan dan pengaplikasiannya. *Cloud Computing* adalah gabungan pemanfaatan teknologi komputer ('komputasi') dan pengembangan berbasis Internet ('awan'). Awan (*cloud*) adalah metafora dari internet, sebagaimana awan yang sering digambarkan di diagram jaringan komputer, awan (*cloud*) dalam Cloud Computing juga merupakan abstraksi dari infrastruktur kompleks yang disembunyikannya (Herwin, 2011). Aplikasi CAD menuntut agar sumber daya komputer digunakan dengan cloud-computing untuk mengatasi keterbatasan satu PC, tetapi pemodelan CAD reguler dan aplikasi desain masih memiliki keterbatasan untuk mengubah paradigma dan menggunakan teknologi ini. Di sisi lain, lingkungan CAD kolaboratif seperti BIM, sudah menerima keuntungan dari komputasi awan, yang memunculkan masalah lain yaitu masalah keamanan informasi. *Blockchain* bisa menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini.



Gambar 2. BIM Worksharing server using cloud services
(<https://bmccld.com/how-to-enable-bim-worksharing-server-using-cloud-services>)

Penggunaan teknologi komputer oleh para arsitek dan pekerja konstruksi merupakan hal yang lumrah di Indonesia. Di Indonesia, perkembangan teknologi di bidang konstruksi muncul dari dokumen visualisasi 3D,

berkembang ke dimensi lain: biaya, waktu, skema dan ke dimensi berikutnya. Dimensi ke-n (n-D) dan perkembangan ini kemudian menjadi evolusi teknologi informasi yang disebut Building Information Modeling (BIM).

BIM merupakan salah satu teknologi AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*) yang dapat mensimulasikan informasi dalam bentuk representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional suatu bangunan, termasuk semua informasi tentang elemen bangunan yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan kehidupan terhadap siklus bangunan.

Blockchain dapat memecahkan masalah yang terkait dengan akses pada model dan memberikan verifikasi yang tepat tentang siapa dan kapan perubahan dilakukan dan apa perubahan itu. Proses kontrak, yang biasanya memerlukan intervensi dan pengawasan manusia, dapat diotomatisasi sebagian atau seluruhnya dengan kontrak canggih yang berasal dari teknologi *blockchain*. Di sinilah *blockchain* dapat membuat perubahan dan membantu memecahkan masalah kolaborasi. *Blockchain* adalah database transaksional *peer-to-peer*, terkontrol, terdistribusi yang digunakan untuk merekam dan menyimpan daftar transaksi (disebut blok) yang diverifikasi melalui kriptografi. Makalah ini mengeksplorasi munculnya *blockchain*, menyoroti perusahaan progresif yang menerapkan teknologi ini dalam konstruksi, dan menganalisis yang terbaik praktik dan aplikasi yang diperlukan agar *blockchain* berhasil dalam industri konstruksi.

Rumusan masalah di atas dapat dijabarkan dari latar belakang yaitu bagaimana pengaruh teknologi blockchain dalam fungsinya terhadap perancangan arsitektur dengan perangkat sistem BIM yang saat ini penggunaannya belum masif.

Tujuan penelitian ini menganalisis praktiknya dan percontohan model yang diperlukan agar *blockchain* berhasil digunakan dalam perancangan arsitektur, Gambaran implementasi yang sudah terdapat di sistem perancangan arsitektur akan diuji dan dianalogikan dalam skema uji percobaan teknologi antara BIM dan *blockchain* dalam visual algoritma proses integrasi *blockchain*-nya yang referensinya bersumber dari jurnal-jurnal yang dipilih.

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Eastman et al (2008), BIM merupakan perubahan paradigma yang memiliki banyak manfaat, tidak hanya untuk mereka yang bergerak dalam bidang industri konstruksi bangunan tetapi juga untuk masyarakat yang lebih luas lagi, bangunan yang lebih baik adalah bangunan yang dalam tahap pembangunannya menggunakan energi, tenaga kerja dan modal yang lebih sedikit. BIM pada dasarnya adalah digital platform untuk pembuatan bangunan virtual. Jika BIM diterapkan, modelnya harus dapat berisi semua informasi bangunan tersebut, informasi tersebut digunakan untuk bekerjasama, memprediksi, dan membuat keputusan tentang desain, konstruksi, biaya, dan tahap pemeliharaan bangunan. Konsep BIM membayangkan konstruksi virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah, dan menganalisis dampak potensial (Smith, Deke 2007).

BIM berimplikasi memberi perubahan, mendorong pertukaran model 3D antara disiplin ilmu yang berbeda, sehingga proses pertukaran informasi menjadi lebih cepat dan berpengaruh terhadap pelaksanaan konstruksi. (Eastman C., 2008)

Blockchain adalah serangkaian data dan informasi yang dikelola oleh program computer, dengan menggunakan prinsip kriptografi (terenkripsi) (Kurniawan, 2021). {Spearpoint (2017) mengemukakan *blockchain* yaitu sistem akuntansi terdistribusi yang tidak dimiliki oleh organisasi tertentu, sulit untuk dikorupsi dan transaksi bersifat anonim.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kepustakaan dari penelitian yang telah dipublikasikan yang sejalan dengan perkembangan digital yang bersangkutan. *Literature review* yang dijelaskan oleh Cooper dalam Creswell (2010) memiliki beberapa tujuan, termasuk menginformasikan kepada pembaca tentang hasil-hasil penelitian lain yang terkait erat dengan penelitian yang dilakukan pada saat itu, menghubungkan literatur yang ada dengan penelitian, dan mengisi kesenjangan dalam literatur sebelumnya. Hal ini berisikan ringkasan

dari berbagai sumber perpustakaan (artikel, buku, slide, informasi Internet, gambar dan grafik, dll.) dan pemikiran penulis tentang topik yang sedang dibahas. Selain itu, data atau informasi pendukung yang diperoleh dalam penelitian ini akan diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan penelitian lainnya, sehingga akan memperoleh referensi yang signifikan untuk mendukung penelitian ini. Dari studi-studi literatur yang ada akan dideskripsikan penelitian-penelitian yang berhubungan dengan topik penelitian dan perkembangan teknologinya. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh dari literatur, artikel, jurnal dan website internet yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

Proses studi pustaka menggunakan beberapa pertanyaan penelitian, antara lain:

1. Bagaimana penggunaan BIM dan *Blockchain* dalam perancangan AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*)?

Jawaban pertanyaan ini membantu penelitian bagaimana dalam mengenali penggunaan BIM dan *Blockchain* yang telah digunakan dalam perancangan AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*).

2. Bagaimana kontribusi BIM dan *Blockchain* dalam bidang perancangan AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*)?

Jawaban pada pertanyaan ini membantu peneliti bagaimana selanjutnya dapat mengenali bidang apa saja hasil pemanfaatan BIM dan *Blockchain* dalam perancangan AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*).

3. Apa saja potensi yang akan terjadi pada penelitian di masa depan dalam implementasi pemanfaatan BIM dan *Blockchain* untuk AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*)?

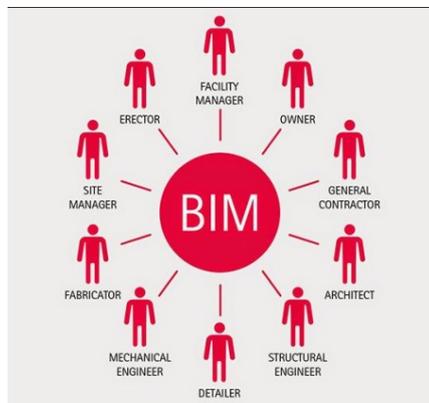
Jawaban atas pertanyaan ini membantu penelitian selanjutnya untuk menentukan jalur penelitian di masa depan yang sesuai dengan pembahasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum masuk ke dalam pembahasan inti, terdapat pembahasan awal untuk mengetahui bagaimana *workflow* kerja sama antara pendesain (arsitek) dan klien.

Tugas arsitek adalah mewujudkan keinginan dan kebutuhan klien dalam sebuah rancangan bangunan. Keinginan dan kebutuhan klien adalah dasar atau pijakan arsitek dalam mengawali sebuah perancangan. Oleh karena itu, interaksi dan komunikasi antara arsitek dan klien seyogyanya dapat berlangsung sebaik mungkin. Demikian juga informasi yang dipresentasikan arsitek sebagai umpan balik dari keinginan dan kebutuhan klien harus dapat diterima dan dipahami oleh klien (Taleb et al., 2017).

Interaksi antara klien dan jasa perancangan dapat dibantu dengan teknologi BIM dan seterusnya dikolaborasi dengan *blockchain*.



Gambar 3. Kolaborasi BIM

(<https://www.construsoft.es/aproximacion-a-open-bim>)

Setelah melihat dan menganalisis beberapa artikel/jurnal/buku, dalam bagian ini menemukan jawaban atas pertanyaan penelitian.

Tabel 1. Jawaban Penelitian

Poin Penelitian	Pembahasan (Studi Referensi)
1. Pengguna n BIM dan Blockchain dalam perancang an AEC (Architecture, Engineerin g, & Constructi	(Sangadji, 2019): <i>Building Information Modeling</i> (BIM) adalah konsep atau cara kerja menggunakan permodelan 3D digital (virtual) yang di dalamnya berisi semua informasi permodelan yang terintegrasi untuk fasilitas koordinasi, simulasi, serta visualisasi antar semua pihak yang terkait, sehingga dapat membantu owner dan penyedia layanan untuk merancang, membangun, serta mengelola bangunan. BIM diklasifikasikan menjadi beberapa bagian menurut fungsinya yaitu: 1. 2D : Model didesain dalam bentuk sketsa

on)

berisi ukuran panjang dan lebar yang tertuang pada sebuah kertas

2. **3D**: Desain dari model 2D dibentuk menjadi suatu model bangunan yang dapat dilihat secara keseluruhan Model 3D bermanfaat untuk koordinasi dan mendeteksi resiko clash layanan di bangunan.

3. **4D**: Model 3D dihubungkan ke jadwal pembangunan. Proses ketika menambahkan parameter waktu ke 3D model disebut simulasi 4D. Model 4D umumnya digunakan untuk planning dan tracking kegiatan proyek.

4. **5D**: Model hasil dari integrasi desain 3D dan 4D dengan biaya, terkait dengan komponen-komponen model. Model 5D ini digunakan untuk estimasi biaya.



Gambar 4. Life Cycle BIM (Sangadji, 2019)

(Mathews, M.; Robles, D.; Bowe, B. (2017):

Blockchain adalah teknologi yang memungkinkan pertukaran informasi dan transaksi antara dua atau lebih peserta melalui enkripsi yang sepenuhnya aman dan tidak dapat diubah. Transfer ini tidak memerlukan perantara terpusat untuk mengidentifikasi dan mengesahkan informasi, tetapi didistribusikan di beberapa peserta jaringan *blockchain* independen (node) yang mendaftar dan memvalidasi. Setiap peserta memiliki salinan informasi yang tepat, memungkinkan untuk melakukan transaksi yang dapat dilacak dan tidak dapat dipalsukan. Transparansi ini dapat diperluas ke setiap perubahan yang dibuat pada model proyek. Oleh karena itu, *Blockchain* menjamin ekosistem kolaboratif yang aman dan terkendali pada proyek BIM. Karena *Blockchain* dirancang sebagai basis data terdistribusi, tidak ada pihak yang terlibat berada dalam posisi yang menguntungkan di atas yang lain karena *Blockchain* menjamin prinsip netralitas pada setiap perubahan yang dilakukan pada model. *Blockchain* bertindak sebagai sumber terpercaya di mana peserta sistem aman saat bertukar informasi. Dengan *Blockchain*, kita dapat meninggalkan catatan yang tidak dapat diubah dari semua perubahan yang dilakukan pada setiap objek BIM. Oleh karena itu, perubahan ini akan

secara otomatis ditautkan ke pembuatnya. Dengan cara ini, informasi akan direfleksikan dan direplikasi di semua sistem dan server (node jaringan) dengan akses ke model, menghindari masalah saat mengidentifikasi editor model. Dengan itu, tidak akan terjadi manipulasi pada model itu sendiri.

Teknologi *Blockchain*, saat masih dalam tahap awal pengembangan, memiliki potensi untuk mempercepat dan mengoptimalkan sebagian besar praktik desain dan pengembangan saat ini dengan banyak manfaat perusahaan, individu, industri, pelanggan, dan masyarakat. Implementasi *Blockchain* dapat menjadi solusi manajemen yang efektif dan penggunaan berbagai sarana yang akan meningkatkan efisiensi, mengubah budaya industri dan mempromosikan teknologi masa depan seperti

- Membangun perangkat lunak pemodelan informasi untuk desain dan pemodelan 3D yang cerdas dan kolaboratif;
- teknologi cloud yang memungkinkan untuk membuat dan mengoordinasikan database yang divisualisasikan secara *real time* dan berfungsi sebagai platform untuk kolaborasi interdisipliner;
- kontrak pintar, satu set instruksi berkode yang dapat dijalankan secara otomatis saat dieksekusi kondisi tertentu;
- Teknologi pengambilan realitas yang memungkinkan untuk memvalidasi dan mengubah aset digital menjadi nilai nyata;
- Tata kelola Internet of Things (IoT);
- *blockchain* yang diizinkan secara fungsional yang memfasilitasi kolaborasi berbasis konsensus.

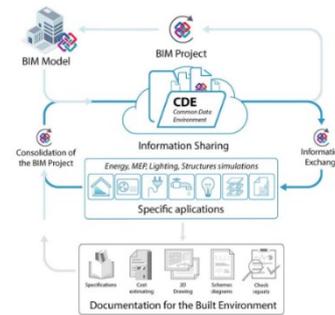
2. Kontribusi BIM dan *Blockchain* dalam bidang perancangan AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*)

(Carlos, 2017):

Dengan munculnya teknologi BIM, arsitek dan desainer memiliki lebih banyak menyelesaikan masalah kompleks untuk membantu menentukan proyek, model informasi bangunan (BIM): menciptakan kembali arsitektur yang dirancang dengan tingkat akurasi dan informasi yang tepat yang sebelumnya belum pernah terjadi. Berbeda dengan model 3D konvensional, hal ini bukan representasi tiga dimensi dari arsitektur di mana informasi masing-masing elemen dalam model didasarkan hanya pada tampilan visual model. Tetapi, materialitas, tekstur, warna, atau hasil akhir tertentu dari bahan tertentu diselaraskan untuk mengantisipasi persepsi visual sebuah bangunan sebagai fungsi dari efek pencahayaan yang sesuai informasi bangunannya. BIM menciptakan geometris

model tiga dimensi digital yang akurat dan elemen yang menentukan model arsitektur, selain itu modelnya memiliki berbagai data yang direferensikan secara geometris – menggunakan koordinat proyek – yang dapat secara tepat menentukan detail bangunan. Misalnya, produsen, merek dan model jendela tertentu, biayanya, materialitas bingkainya, warnanya, desain profilnya, jenis kaca yang dikenakannya atau bahkan kinerja termalnya, dan lain- lain.

(M. Iannantuono, 2021):



Gambar 5. CDE (*Common Data Environment*)

(B. Succar, 2009):

Selain itu, BIM model berisi beberapa informasi non-geometris, termasuk bahan untuk komponen bangunan, berat, harga, prosedur, skala dan ukuran. Ini menawarkan pertukaran data *real-time* dan pengambilan keputusan kolaboratif antara yang berbeda pemangku kepentingan dan meningkatkan visualisasi dan pemodelan, misalnya, pada tahap awal pembuatan prototipe virtual, dll. memotong biaya bahan dan waktu dan menurunkan biaya karena hasil konstruksi yang lebih baik dan probabilitas produktivitas yang lebih tinggi.

(Nawari and Shriram, 2019):

Model BIM mewakili model desain yang komprehensif dari sebuah bangunan. yang dapat mencakup semua aspek struktur seperti arsitektur, elemen struktur dan desain MEP. Selain itu, beberapa plug-in bawaan pada platform BIM seperti Autodesk Revit mengaktifkan pemodelan kondisi eksternal objek, geografi, cuaca, serta untuk melakukan analisis energi, konsumsi energi bangunan pemodelan, analisis struktural, dll.

Ke depan, pengembangan BIM akan berupaya mengintegrasikan semua alat desain dan analisis pada satu platform saja.

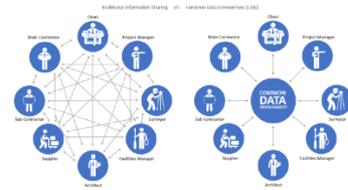
(Samir, 2020):

Blockchain berfungsi karena setiap blok di *blockchain* berisi informasi tentang blok sebelumnya, menyediakan mekanisme untuk memverifikasi integritas data dari seluruh *blockchain*. Ini bisa menjadi kekuatan pendorong utama dalam memperkenalkan teknologi ini di ekosistem CAD yang terdistribusi. *Blockchain* adalah solusi yang memungkinkan pertukaran informasi antara pengguna melalui pengkodean yang sepenuhnya aman dan tidak dapat diubah, yang sepenuhnya dapat dilacak. Aplikasi BIM dan *blockchain* terintegrasi pertama yang ditujukan untuk produktivitas telah diujicobakan situs penelitian dan pengembangan teknologi Spanyol proyek DELFOS.

<https://www.buildingsmart.es/2018/06/04/blockchain-y-bim/>:

Pengembangan lingkungan sistem dan CDE (*Common Data Environment*) BIM, yang memungkinkan integrasi berbagai model yang sesuai dengan disiplin ilmu yang berbeda, yang termasuk dalam definisi kriteria parametrik yang terkait dengan kontrol geometrik dan kontrol kualitas. Lingkungan sistem ini memiliki tingkat verifikasi informasi yang mendalam yang diformulasikan di seputar teknologi *Blockchain*, yang memungkinkan pelacakan semua perubahan dalam informasi CDE, serta mengotomatiskan verifikasinya melalui penggunaan kontrak pintar, yang memudahkan untuk memverifikasi kebenaran penataan informasi. Penciptaan satu set proyek baru dan manajemen kualitas situs dan prosedur kontrol yang berhubungan dengan penggunaan BIM, memiliki alur kerja yang disesuaikan dengan penggunaan aplikasi BIM pada site, dan pengembangan pemeriksaan kualitas kuasi-waktu secara *real time* yang berbasis *blockchain*.

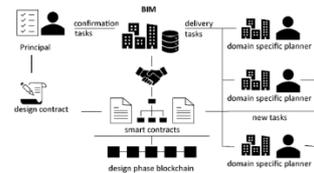
(Mordue, 2019):



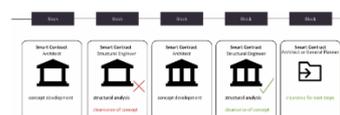
Gambar 6. Traditional VS CDE

(Srećković, 2020):

Dalam industri di mana kolaborasi didasarkan pada pengetahuan ahli dan tingkat kepercayaan yang tinggi, potensi *blockchain* harus dieksplorasi sebaik mungkin memberikan bentuk kerjasama yang inovatif antara proyek dan tim. Sistem perancangan akan secara otomatis (dijalankan di jaringan *blockchain*), terutama dapat menyimpan biaya dan waktu untuk pekerjaan administrasi, laporan, pengendalian, pemantauan tanggung jawab dan pengalihan risiko.



Gambar 7. BIM dan Blockchain (Srećković, 2020)



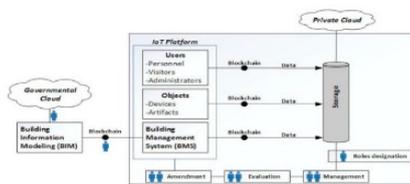
Gambar 8. Skema Blockchain pada BIM (Srećković, 2020)

Penulis percaya bahwa teknologi *blockchain* memberikan manfaat luar biasa untuk sektor konstruksi. Untuk misalnya, saat mengintegrasikan komputasi awan, teknologi IoT dan BIM, masalah keamanan mungkin muncul (D. Pasini, S. Mastrolembo-Ventura, S. Rinaldi, P. Bellagente, A. Flammini, A. L. Camillo-Chiribini. 2016), (S. Eastman, P. Teicholz, R. Sachs, dan K. Liston. 2011) (M. Ammar, J. Russell, dan B. Crispo. 2018) (N. Kshetri, 2017):

Dengan demikian, teknologi BIM dan *blockchain* yang terintegrasi menjanjikan semakin aman dan dapat dipercaya.

Blockchain memungkinkan fitur seperti bukti kepemilikan, seperti masalah hak; bukti asalnya, seperti pencatatan yang dapat dilacak melalui catatan yang tidak berubah; dan pengurangan kesalahan dari kesalahan manusia.

konvensional sebelumnya. Adanya Teknologi BIM dan *blockchain* membuka kemungkinan yang sangat luas bagi seorang perancang AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*) untuk selalu beradaptasi pada perkembangan teknologi yang semakin canggih.



Gambar 9. Cloud Server, BIM, dan Blockchain
(Izabella V. Lokshina, Michal Greguš, Wade L. Thomas, 2019)

Pembuatan proses dan kemampuan prosedur desain BIM dalam konstruksi lebih transparan, dapat dilacak, lebih konsisten, lebih efisien, lebih banyak hemat biaya dan lebih murah dengan *blockchain* yang sekarang jarang digunakan. Implementasi teknologi ini juga akan mengarah pada kemungkinan komunikasi model dan pemeriksaan secara konsistensi dan *real time*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil kajian dari berbagai literatur yang berkaitan dengan teknologi BIM dan *blockchain* pada kinerja AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*) menunjukkan terdapat titik temu perpaduan antara BIM dan *blockchain*, meskipun implementasinya belum diadopsi secara masal dikarenakan teknologi BIM dan *blockchain* tergolong teknologi baru. Perpaduan dua teknologi yang jarang dibahas atau digunakan di kalangan masyarakat dipastikan akan butuh proses waktu yang lama untuk digunakan selayaknya normal pada jasa-jasa AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*). Jurnal ini memungkinkan untuk merekomendasikan beberapa arah penelitian yang perlu dieksplorasi di masa depan. dalam lingkup teknologi BIM dan *blockchain* pada kinerja AEC (Arsitektur, Teknik dan Konstruksi). Ditemukan banyaknya titik temu teknologi yang jika digabung akan menimbulkan efisiensi dalam pengerjaan sehingga terciptanya *workflow* yang kolaboratif, cepat, tepat, komunikatif, dan transparan. Hal ini menunjukkan bahwa ada lebih banyak cara untuk menggunakan pemodelan bangunan ketika digunakan untuk tujuan konstruksi lainnya. Penelitian di atas tentunya memiliki banyak keterbatasan dan kekurangan, namun diharapkan melalui studi literatur ini berbagai metode dan pendekatan yang diuraikan dalam literatur ini dapat digunakan oleh peneliti database, analis, dan peneliti lainnya., guna menemukan serta menerapkan teknologi BIM dan *blockchain* pada kinerja AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*).

DAFTAR PUSTAKA

Al., E. E. (2008). *BIM Handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken, N.J.: Wiley.
 Ammar, M. R. (2018). Internet of Things: A survey on the security of IoT

3. Potensi yang akan terjadi pada masa depan implementasi pemanfaatan BIM dan *Blockchain* untuk AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*)

Setelah membaca/ meninjau berbagai paper mengenai peran pemanfaatan BIM dan *Blockchain* untuk AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*), Menurut pengamatan penulis, ditemukan beberapa gap penelitian. *Research Gap* atau kesenjangan penelitian adalah hasil penelitian yang hasilnya masih belum maksimal. Diantaranya yaitu beberapa penelitian masih kurang implementasi secara nyata pada proyek langsung, hanya terdapat skema2 dan percobaan berupa diagram antara teknologi BIM dengan *blockchain*. Hal ini menunjukkan bahwa di masa depan perlu adanya pengembangan teknologi BIM yang dipadukan dengan teknologi *blockchain* dan penggunaan kedua teknologi tersebut mulai diadopsikan dan dimasifkan di kalangan masyarakat, terutama pada bidang AEC (*Architecture, Engineering, & Construction*). Teknologi BIM dan *blockchain* ini memiliki potensi besar di bidang arsitektur. Berkolaborasi dalam proyek dari konsep hingga tujuan akhir di mana perubahan desain dapat dilakukan, manajemen pengerjaan maupun workflow yang lebih cepat dan tepat serta lebih baik, pengadopsian teknologi memiliki manfaat untuk mentransformasikan kinerja kerja sama yang lebih baik daripada metode

- frameworks. *Journal of Information Security and Applications*, 8-17.
- BIM Level Explained. (2019, Mei 02). Retrieved from Stroma Certification: <https://www.stroma.com/certification/news/bim-levels>
- Creswell, J. W. (2010). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 3th. (A. Fawaid, Ed.) Yogyakarta.
- Eastman, C. (2008). *IM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for*. New Jersey: John Wiley.
- Eastman, C. T. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling, for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Herwing, A. (2011). Cloud Computing. *Jurnal Teknik Informatika*, 1.
- Iannantuono, M. (2019). Progettazione Integrata per l'ottimizzazione Energetica ed Ambientale Mediante BIM. *Un Caso di Studio del Progetto Europeo Pro-GET-OnE*.
- Kshetri, N. (2017). Can Blockchain Strengthen the Internet of Things? *IEEE IT Professional*, 68-72.
- Lemes, S. (2020). Blockchain-Based Data Integrity for Collaborative CAD. *IntechOpen Book Series*. doi:DOI: 10.5772/intechopen.93539
- Lokshina, V. I. (2019). Application of Integrated Building Information Modeling, IoT and Blockchain Technologies in System Design of a Smart Building. *The International Workshop on Digitalization and Servitization within Factory-Free Economy*. Coimbra, Portugal.
- Ltd, B. (2018, Juli 30). *How to enable BIM worksharing server using cloud services*. Retrieved from BMCC: <https://bmccltd.com/how-to-enable-bim-worksharing-server-using-cloud-services/>
- Mathews, M., Robles, D., & Bowe, B. (2017). BIM+ Blockchain: A Solution to the Trust Problem in Collaboration? *CITA BIM Gathering*, (pp. 23-24). Dublin, Ireland.
- Mordue, S. (2018). *Implementation of a Common Data Environment*. Edinburgh.
- Murtagh, N. R. (2016). Architect-Client Interactions Research Project. 1-10.
- Nawari O. Nawari, R. S. (2019). Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery.
- Pasini, D. M.-V.-C. (2016). Exploiting Internet of Things and building information modeling framework for management of cognitive buildings. *IEEE International Smart Cities Conference*, (pp. 12-15). Trento, Italy.
- Pengertian Blockchain dan Panduan Lengkap Blockchain*. (2018, November 30). Retrieved from Barantum: <https://www.barantum.com/blog/blockchain-adalah/>
- Smith, D. (2007). An Introduction to Building Information Modelling (BIM). *Journal of Building Information Modelling*, 4-12.
- Srećković, M., Š. G. (2020). Analysis of design phase processes with BIM for blockchain. *SSRN Electronic Journal*. doi:http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3577529
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 357-375.
- Taleb, H. I. (2017). Communication Management Between Architects and Clients. *AIP Conference Proceedings*, (pp. 18-91). doi:https://doi.org/10.1063/1.5005469
- Valero, F. (2018, June 04). *Blockchain y BIM*. Retrieved from Building SMART Spain: <https://www.buildingsmart.es/2018/06/04/blockchain-y-bim/>