



Studi atas Pemanfaatan *Blockchain* bagi *Internet of Things* (IoT)

Lathifah Arief^a, Tri A. Sundara^b

^aJurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Andalas, lathifah.ariief@fti.unand.ac.id

^bJurusan Sistem Informasi, STMIK Indonesia Padang, tri.sundara@stmikindonesia.ac.id

Abstract

Internet of Things (IoT) ecosystem expands rapidly and it is predicted that it would connect 5-20 billion devices by 2020. The amount of data collected from these devices would be exaggerating. Current IoT ecosystem generally use centralized model. This model has some weakness, such as high maintenance cost. Distributed system may offer a solution. *Blockchain*, a distributed ledger technology, enable us to have a peer-to-peer network where non-trusting members can interact with each other without a trusted intermediary. This paper aims to explore the potential integration of *Blockchain* in IoT ecosystem. The result expected to show *Blockchain* model and use-cases that could be integrated into IoT.

Keywords: Internet of Things (IoT), Distributed System, *Blockchain*

Abstrak

Ekosistem *Internet of Things* (IoT) berkembang dengan sangat cepat dan diperkirakan akan menghubungkan 5-20 miliar perangkat pada tahun 2020. Data yang dihimpun dari perangkat ini akan mencapai jumlah yang sangat besar. Saat ini, ekosistem IoT pada umumnya menggunakan model sistem terpusat. Model tersebut memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya pemeliharaan yang relatif tinggi, Sistem terdistribusi dapat menjadi alternatif solusi. *Blockchain*, teknologi ledger terdistribusi, memungkinkan transaksi *peer-to-peer* tanpa perlu adanya perantara pihak ketiga yang terpercaya. Paper ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi pengintegrasian *Blockchain* ke dalam ekosistem IoT. Hasil penelitian berupa model dan *use-case* pemanfaatan *Blockchain* dalam IoT.

Kata kunci: *Internet of Things* (IoT), Sistem Terdistribusi, *Blockchain*

© 2017 Jurnal RESTI

1. Pendahuluan

Ketertarikan terhadap riset atas *Blockchain* meningkat signifikan dalam beberapa waktu terakhir. *Blockchain* merupakan teknologi ledger terdistribusi yang pada mulanya dikembangkan untuk menunjang mata uang (*cryptocurrency*) Bitcoin. Teknologi ini memungkinkan terjadinya transaksi secara langsung (*peer-to-peer*) tanpa perlu melibatkan pihak ketiga yang terpercaya. Meskipun pada mulanya digunakan dalam bidang finansial, teknologi ini membawa potensi yang besar untuk dapat digunakan dalam banyak bidang. [1]–[3] Pada sisi lain, pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) juga telah berkembang signifikan, sehingga kurang dari satu dekade yang lalu, jumlah perangkat (*things*) yang terhubung ke internet telah melebihi jumlah manusia yang hidup di muka bumi. Fokus dari studi ini adalah

untuk mengkaji potensi pemanfaatan *Blockchain* dalam ranah IoT.

2. Tinjauan Pustaka

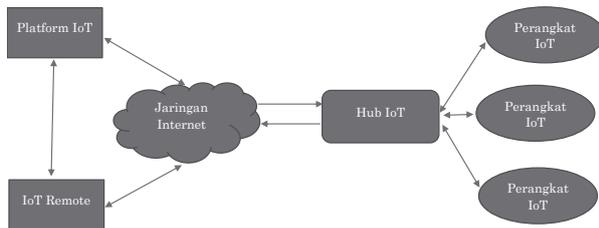
Internet of Things (IoT) telah memungkinkan berbagai perangkat untuk terhubung ke dalam jaringan Internet yang ada serta dikendalikan secara *remote* sebagaimana aset informasi virtual lainnya. Berbagai potensi dapat dikembangkan dengan teknologi ini, tetapi pada saat yang sama juga mendatangkan ancaman (*threats*) yang baru terhadap keamanan perangkat yang terhubung ke dalam internet.

2.1 *Internet of Things*

IoT merupakan infrastruktur global bagi masyarakat informasi, yang memungkinkan berbagai perangkat (*device*), baik fisik maupun virtual, untuk terhubung

satu sama lain. Yang dimaksud dengan benda (*things*) adalah objek benda fisik maupun dunia informasi (virtual) yang dapat diidentifikasi dan diintegrasikan ke dalam jaringan komunikasi.

IoT memungkinkan objek untuk diindra dan dikendalikan secara *remote* melalui infrastruktur jaringan yang ada. Hal ini memberi kesempatan untuk integrasi langsung benda-benda fisik ke dalam sistem berbasis komputer. Setiap benda dapat diidentifikasi secara unik melalui sistem komputer yang tertanam (*embedded computing system*) dan mampu berinteroperasi dalam infrastruktur Internet yang ada.[4]–[9]



Gambar 1. Ekosistem *Internet of Things*

Dalam ekosistem IoT (lihat Gambar 1), berbagai perangkat IoT akan terhubung melalui suatu hub (IoT hub). Hub ini terhubung ke dalam jaringan Internet dan melakukan pertukaran data dalam jaringan tersebut. Hal ini memungkinkan platform IoT dapat melakukan kendali terhadap perangkat tersebut secara *remote*.

2.2 Blockchain

Blockchain merupakan basis data terdistribusi yang digunakan untuk memelihara daftar *record* yang terus berkembang, yang disebut dengan blok. Setiap blok mengandung penanda waktu (*timestamp*) dan tautan (*link*) ke blok sebelumnya. Pada umumnya, *Blockchain* dikelola oleh jaringan *peer-to-peer* yang secara kolektif mematuhi protokol tertentu untuk memvalidasi blok baru.[10]–[13], [14], [15]. Teknologi ledger terdistribusi ini dapat menjadi suatu *framework* yang memungkinkan inovasi radikal dalam banyak bidang. [16]

Blockchain merupakan struktur data terdistribusi yang direplikasi dan dibagi di antara anggota jaringannya. *Blockchain*, pada mulanya diperkenalkan sebagai solusi untuk pengeluaran ganda (*double spending*) pada Bitcoin. Sebagai hasil dari cara node pada jaringan Bitcoin (disebut *miner*) divalidasi, dan menyepakati transaksi yang terjadi di atasnya *Blockchain* pada Bitcoin menyediakan wadah untuk ledger transaksi otoritatif yang menentukan siapa yang memiliki transaksi tersebut.

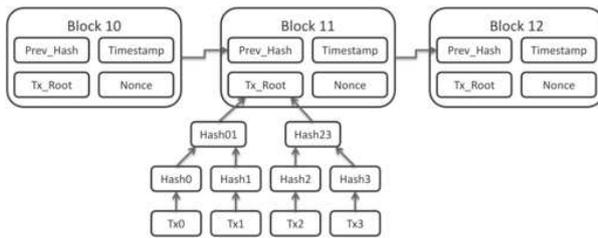
Meskipun demikian, *Blockchain* dapat berdiri dengan sendirinya, tanpa perlu terkait dengan *cryptocurrency*. *Blockchain* dapat digambarkan sebagai suatu log yang *record*-nya di-batch dengan blok yang diberikan tanda waktu (*timestamp*). Setiap blok ditandai dengan *hash* kriptografi. Setiap blok merujuk pada hash blok yang sebelumnya. Ini menimbulkan tautan (*link*) di antara blok-blok tersebut, sehingga membuat suatu rantai blok (*chain*).

Setiap *node* yang terhubung pada daftar blok yang terhubung dan tertaut dengan blok sebelumnya (*back-linked*) dapat membaca dan mendapatkan gambaran mengenai keadaan dunia data terkini yang sedang dipertukarkan di dalam jaringan.

Gambaran mengenai cara kerja *Blockchain* dapat diperoleh dengan memahami bagaimana jaringan *Blockchain* (*Blockchain network*) bekerja. Ini merupakan himpunan node (*client*) yang beroperasi pada *Blockchain* yang sama melalui salinan yang dimiliki oleh setiap node.

Suatu node, secara umum, dapat berperan sebagai titik masuk (*entry point*) untuk pengguna yang berbeda-beda pada *Blockchain*, tetapi untuk mempermudah, setiap pengguna dianggap bertransaksi pada *Blockchain* melalui node mereka sendiri.

1. Pengguna berinteraksi dengan *Blockchain* melalui sepasang *public* dan *private key*. Mereka menggunakan kunci privat (*private key*) untuk menandai (*sign*) transaksi mereka sendiri, dan alamat mereka dapat ditelusuri melalui kunci publik (*public key*) mereka yang tersedia di jaringan. Penggunaan kriptografi asimetris membawa integritas, otentikasi, dan *non-repudiation* ke dalam jaringan. Setiap transaksi yang ditandatangani disiarkan melalui node pengguna ke peer satu loncatan.
2. Peer yang bertetangga memastikan bahwa transaksi ini valid sebelum *me-relay* lebih jauh. Transaksi yang tidak valid akan diabaikan. Pada akhirnya, transaksi akan disebarkan ke seluruh jaringan.
3. Transaksi yang telah dihimpun dan divalidasi oleh jaringan menggunakan proses di atas dalam rentang waktu yang disepakati, diurut dan dipaketkan pada kandidat blok yang diberi *timestamp*. Proses ini disebut dengan *mining*. Node mining akan menyebarkan kembali blok ini ke dalam jaringan.
4. Node-node lain akan memverifikasi bahwa blok yang disarankan (1) mengandung transaksi yang valid, dan (2) merujuk lewat hash blok sebelumnya dari rantai yang tepat. Apabila terjadi demikian, blok tersebut akan ditambahkan ke dalam rantai. Apabila sebaliknya, blok tersebut akan diabaikan. Ini menandai akhir dari suatu siklus.



Gambar 2. Cara Kerja Blockchain

Cara kerja Blockchain terlihat pada Gambar 2. Proses ini berlangsung terus menerus. Pada dasarnya, *Blockchain* merupakan himpunan dari penulis yang tidak saling mempercayai yang berbagi database tanpa adanya pihak perantara yang dipercaya. Dalam rangka mencegah terjadinya kecacauan dalam lingkungan terdistribusi ini, dan untuk mencapai suatu consensus global, setiap jaringan *Blockchain* perlu menerapkan sekumpulan aturan yang harus dipatuhi oleh setiap transaksi database. Aturan ini diprogram pada setiap client *Blockchain*, yang kemudian akan menggunakan aturan tersebut untuk memeriksa apakah suatu transaksi valid atau tidak dan, sebagai konsekuensinya, apakah transaksi tersebut akan diteruskan (*relay*) ke jaringan atau tidak.

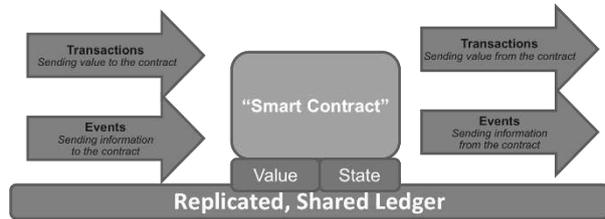
Dengan demikian, *Blockchain* memiliki ciri-ciri berikut:

1. Terdesentralisasi, *Blockchain* menggunakan model jaringan terdistribusi dengan algoritma konsensus untuk memelihara konsistensi data dalam jaringannya.
2. Persisten, Hampir tidak mungkin menghapus atau *me-rollback* transaksi yang pernah terjadi dalam jaringan *Blockchain*. Blok yang mengandung transaksi yang tidak valid dapat ditemukan segera.
3. Anonim. Setiap pengguna dapat berinteraksi dalam *Blockchain* dengan alamat yang di-generate, yang tidak mengungkapkan identitas riil pengguna. Ini merupakan karakteristik *Blockchain*, meskipun anonimitas pengguna tidak selalu dapat dijaga karena adanya batasan-batasan intrinsik.
4. Dapat diaudit, Transaksi dalam *Blockchain* dapat dengan mudah diverifikasi dan dilacak. Bitcoin, sebagai contoh penggunaan *Blockchain*, menyimpan data pengguna pada model *Unspent Transaction Output* (UTXO). Setiap transaksi harus merujuk pada transaksi sebelumnya yang belum dipergunakan. *Blockchain* dapat terbagi ke dalam: (1). Publik, (2). Privat, dan (3). Konsorsium.[17]

2.3 Mekanisme Integrasi: Smart contract

Untuk memanfaatkan *Blockchain* dalam ekosistem IoT, aplikasi yang dikembangkan dapat memanfaatkan beberapa mekanisme yang tersedia. Pengembangan aplikasi di atas *Blockchain* dipermudah dengan adanya *smart contract*. Tujuan dari *smart contract* ialah untuk mendukung pengelolaan siklus lengkap dari kontrak legal yang cerdas. Hal ini termasuk pembuatan

template dokumen legal standar dan penggunaan template tersebut dalam negosiasi dan perjanjian oleh pihak-pihak yang terkait. Ini memungkinkan kinerja kontrak yang diotomatisasi, dan apabila terjadi sengketa, dapat menyediakan tautan langsung pada dokumen legal yang terkait.



Gambar 3. Cara Kerja Smart Contract

Template dan perjanjian ini dapat bersifat abai terhadap metode otomasiasinya. Perhatikan cara kerja Smart Contract pada Gambar 3. Smart contract ini secara potensial dapat diimplementasikan sebagai agen perangkat lunak pada berbagai platform teknologi, termasuk platform ledger terdistribusi seperti AxCore, Corda, Digital Asset Platform, Ethereum, dan Fabric.[18]

Smart contract, pada dasarnya, bersifat transparan dan menandakan efisiensi komersial, menurunkan biaya transaksi dan legal, serta memungkinkan transaksi anonym. [19]

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kajian pustaka dengan *systematic review*[20]. Literatur yang terkait dengan *Blockchain* dan IoT dikaji secara sistematis untuk mendapatkan gambaran mengenai kebutuhan (*requirement*) yang diperlukan dalam ekosistem IoT, terutama terkait dengan perangkat lunak, firmware, dan sejenisnya. Literatur lain yang terkait dengan *Blockchain* juga dikaji secara sistematis untuk mendapatkan gambaran mengenai kekuatan *Blockchain* yang mungkin dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan ekosistem IoT.

Setelah itu, studi dilakukan untuk dapat mengenali mekanisme yang memungkinkan mekanisme pemanfaatan *Blockchain* dan integrasinya ke dalam ranah IoT. Selain itu, dilakukan juga penelusuran terhadap *use-case* yang dapat digunakan dengan memanfaatkan mekanisme tersebut. *Use-case* tidak dibatasi pada suatu ranah industri khusus, tetapi terhadap berbagai ranah industri.

Setelah analisis beserta model dan *use-case* pemanfaatan *Blockchain* tersebut dibuat, juga dilakukan analisis mengenai hal-hal yang mungkin dapat menghambat implementasinya. Pada akhirnya, hasil dan pembahasan akan memuat model dan *use-case* pemanfaatan *Blockchain* dalam ekosistem IoT.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Integrasi *Blockchain* ke IoT

Ekosistem IoT diprediksi akan terus berkembang dalam masa berikutnya. Pada saat ini, ekosistem IoT tersebut umumnya menggunakan sistem terpusat. Dari sisi manufaktur, model terpusat ini memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi, dengan mempertimbangkan distribusi update perangkat lunak pada jutaan perangkat, bahkan meskipun perangkat tersebut sudah tidak dilanjutkan lagi. Dari sisi konsumen, terdapat pandangan mengenai kurangnya kepercayaan yang dapat dimengerti. [13] Untuk itu diperlukan pendekatan keamanan melalui transparansi (*security through transparency*).

Isu-isu tersebut dapat dipecahkan dengan model peer-to-peer tanpa perlu adanya suatu pihak ketiga yang dipercaya (*trustless peer-to-peer system*). Model ini beroperasi secara transparan dan mendistribusikan data secara aman. *Blockchain*, dengan arsitektur terdistribusinya, merupakan solusi yang tepat bagi isu-isu tersebut.

Agar hal ini dapat bekerja, suatu perangkat IoT yang bekerja pada jaringan *Blockchain* yang sama. Manufaktur akan memasang *smart contract*, yang memungkinkan mereka untuk menyimpan hash dari update firmware terakhir di dalam jaringan. Perangkat ini dapat juga dirilis dengan alamat *smart contract* dimasukkan ke dalam client *Blockchain* atau dapat juga menemukannya lewat suatu layanan pencarian.

Pengguna dapat melakukan query terhadap kontrak, mencari tahu tentang firmware baru, dan melakukan request lewat hash melalui sistem file peer-to-peer terdistribusi. Request pertama terhadap file ini akan dilakukan oleh node manufaktur sendiri, yang juga turut serta dalam jaringan. Tetapi setelah binary-nya disebar pada node dalam jumlah yang cukup, manufakturnya dapat berhenti memberikan layanan.

Dengan menganggap bahwa perangkat dikonfigurasi untuk membagi binary yang didapatnya, suatu perangkat dapat bergabung ke dalam jaringan bahkan setelah manufakturnya sudah sejak lama tidak ikut serta di dalam jaringan tersebut. Perangkat ini masih dapat mengambil update firmware dan meyakinkan bahwa itu merupakan file yang tepat.

Semua proses ini terjadi secara otomatis, tanpa adanya interaksi pengguna. Proses ini dapat dibandingkan dengan proses serupa pada model terpusat, di mana perangkat sangat mungkin akan mendapatkan pesan error 404 (karena tidak dapat menemukan alamat server).

4.2. Use-Case Pemanfaatan *Blockchain* untuk IoT

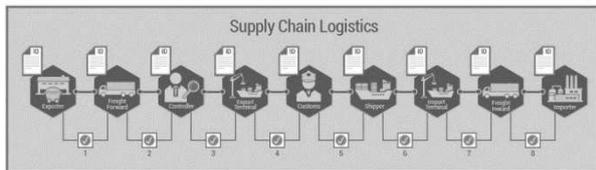
Dengan mengintegrasikan *Blockchain* ke dalam IoT sebagaimana telah dipaparkan sebelumnya, dimungkinkan berbagai contoh pemanfaatannya. [13],

[14], [21]–[23] Beberapa *use case* integrasi *Blockchain*, di antaranya:

1. Teknologi Finansial, *Blockchain* bermula sebagai dasar bagi pengembangan mata uang Bitcoin. Oleh karena itu, pemanfaatannya dalam bidang teknologi finansial merupakan hal yang sewajarnya. Dengan mengintegrasikan *Blockchain* dengan *Internet of Things*, banyak layanan finansial yang dapat dikembangkan, sebagai contoh: layanan billing dapat diintegrasikan ke dalam *Blockchain* dan dihubungkan ke Internet yang memungkinkan berbagai layanan lain yang memerlukan billing untuk memanfaatkannya.
2. Otentikasi kendaraan, Otentikasi yang kuat untuk kendaraan pengiriman barang akan memungkinkan monitoring secara remote, mencegah pencurian barang.
3. Pajak, Otoritas pajak dapat melihat jumlah produksi dengan cara yang dapat dipercaya, bahkan hingga level individual. Hal ini akan mengarah pada alokasi pendapatan yang lebih akurat dan efisien. Sebagai tambahan, produsen dapat menghilangkan biaya fungsi “akuntansi produksi” yang mahal.
4. Asuransi, Perusahaan asuransi dapat mengurangi *rate* yang disebabkan oleh pemeliharaan dan pengamanan data. *Record* yang ada dapat diotentikasi dengan aman dan tidak dapat diubah (*immutable*).
5. *Sharing* layanan dan properti, Kunci elektronik yang cerdas dapat dibuka oleh perangkat yang membawa token yang sesuai. Token ini dapat dibeli di *Blockchain*. Pemilik kunci cerdas yang hendak menyewakan layanan dan propertinya, seperti kendaraan atau rumah, sesuai batasan waktu yang telah diset pada kunci elektronik tersebut.
Pihak yang tertarik dapat menggunakan aplikasi mobile untuk mengidentifikasi kunci cerdas, membayar harganya, dan mengkomunikasikannya melalui pesan bertanda yang sesuai. Billing juga dapat dipermudah dengan menjadikan semua kunci cerdas dioperasikan pada *Blockchain* yang sama.
6. Layanan Kesehatan, *Blockchain* dan IoT juga dapat digunakan untuk meningkatkan layanan kesehatan. *Blockchain* dapat digunakan untuk melakukan data sharing dalam bidang kesehatan yang mudah ditelusuri (*tracable*) [24]
7. Pertanian, Pemanfaatan *Blockchain* dan IoT juga sangat mungkin dilakukan dalam bidang pertanian. Beberapa kasus penggunaan *Blockchain* di antaranya: pantauan cuaca, monitoring kualitas tanah, penggunaan energy, dan lain-lain. [25]
8. Industri, *Blockchain* dapat digunakan untuk memfasilitasi interaksi *machine to machine* (M2M). Industri kimia, energi, maupun industri lain, yang banyak memanfaatkan komunikasi

M2M dapat memanfaatkan *Blockchain* untuk melakukan sharing data melalui jaringan terdistribusi tanpa perlu adanya interaksi manusia langsung. [22]

9. *Supply Chain Management, Blockchain* dan IoT juga dapat dimanfaatkan dalam bidang manajemen *supply chain* (Lihat Gambar 4). Pada umumnya, *supply chain* merupakan bidang yang kompleks yang melibatkan puluhan tahap produksi serta sebaran geografis yang sangat luas. Dengan demikian, sejarah dari suatu produk biasanya sulit dikenali oleh pengguna yang memerlukan. Kurangnya transparansi dan kepercayaan dalam *supply chain* dapat mengakibatkan berbagai konsekuensi yang tidak diharapkan. Dengan menyertakan informasi *supply chain* ke dalam jaringan *Blockchain*, masalah tersebut dapat dihindarkan. [26], [27]



Gambar 4. Pemanfaatan *Blockchain* dalam Supply Chain Management

Berbagai *use case Blockchain* yang lain dimungkinkan karena berbagai pihak yang terlibat dapat memiliki pandangan (*view*) yang sama atas data sehingga dapat merefleksikan operasi gabungan, meningkatkan kepercayaan, dan koordinasi.

4.3. Pertimbangan

Meskipun, *Blockchain* menjanjikan solusi yang elegan seperti beberapa *use-case* pemanfaatan *Blockchain* dan IoT yang telah disebutkan sebelumnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan sebelum melakukan deployment. Hal-hal tersebut di antaranya:

1. Performans, Dibandingkan dengan database tersentralisasi yang dikonfigurasi secara tepat, performans solusi *Blockchain* mungkin akan menampilkan performans yang lebih rendah.
2. *Throughput* pemrosesan transaksi yang lebih rendah dan Latensi yang lebih tinggi. Hal-hal ini terkait dengan skalabilitas dari mekanisme consensus dan juga terkait dengan masalah performans yang telah disebutkan sebelumnya.
3. Konkurensi, Isu konkurensi juga perlu diperhatikan, terutama apabila *Blockchain* memanfaatkan smart contract.
4. Privasi, Isu privasi juga perlu diperhatikan, meskipun *Blockchain* pada dasarnya bersifat anonym sebagaimana telah disebutkan dalam bagian sebelumnya. Memelihara privasi dalam *Blockchain* merupakan isu yang rumit.

Mengingat bahwa setiap perangkat yang turut serta diidentifikasi dengan kunci publiknya (atau *hash*-nya), suatu partisipan tidak perlu mengetahui semua kunci yang lain, melainkan hanya kunci dari pihak yang akan bertransaksi dengannya. Meskipun demikian, transaksi dalam *Blockchain* bersifat terbuka, sehingga dengan melakukan analisis data, pihak yang berkepentingan dapat mengidentifikasi pola, membuat hubungan antar alamat, dan pada akhirnya membuat inferensi yang memadai untuk menyimpulkan identitas riil di baliknya.

5. Kesimpulan

Pemanfaatan *Blockchain* dalam *Internet of Things* sangat potensial dan dapat dilakukan. Meskipun demikian, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan sebelum hal tersebut dilakukan. Dengan dilakukan integrasi berkelanjutan *Blockchain* ke dalam IoT, transformasi dalam berbagai industri mungkin terjadi.

6. Daftar Rujukan

- [1] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," pp. 1–9, 2008.
- [2] P. Miller, "The cryptocurrency enigma," in *Digital Forensics: Threatscape and Best Practices*, no. August 2015, Elsevier Inc., 2015, pp. 1–25.
- [3] M. Swan, *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. 2015.
- [4] J. Lopez, R. Rios, F. Bao, and G. Wang, "Evolving privacy: From sensors to the Internet of Things," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, 2017.
- [5] M. Samaniego and R. Deters, "Management and Internet of Things," *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 94, no. MobiSPC, pp. 137–143, 2016.
- [6] "A Survey on Internet of Things: Case Studies, Applications and Future Directions," no. April, 2017.
- [7] R. Luckin, "The importance of the Learning Sciences for Teaching and Learning through the Internet of Things," no. January, 2016.
- [8] P. P. Ray, "A survey on Internet of Things architectures," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, 2016.
- [9] T. Saarikko, U. H. Westergren, and T. Blomquist, "The Internet of Things: Are you ready for what's coming?," *Bus. Horiz.*, 2017.
- [10] H. Weigand, "Understanding the *Blockchain* Using Enterprise Ontology," no. May, 2017.
- [11] M. Sharples, "The *Blockchain* and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward The *Blockchain* and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward," no. September, 2016.
- [12] Learning Machine, "Educational Records and the *Blockchain*," 2017. .
- [13] K. Christidis and G. S. Member, "*Blockchains* and Smart Contracts for the Internet of Things," vol. 4, 2016.
- [14] Y. Cai and D. Zhu, "Fraud detections for online businesses: a perspective from *Blockchain* technology," *Financ. Innov.*, 2016.
- [15] C. Paper, S. Economy, and P. M. View, "Breaking Down the *Blockchain* Hype - Towards a *Blockchain* Market Engineering Approach," no. June, 2017.
- [16] C. Müller-bloch, R. Beck, and C. Müller-bloch, "*Blockchain* as Radical Innovation: A Framework for Engaging with Distributed Ledgers as Incumbent Organization A Framework for Engaging with Distributed Ledgers," no. January, 2017.
- [17] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, "An Overview of *Blockchain* Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends An Overview of *Blockchain* Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends,"

- no. June, 2017.
- [18] C. Clack and L. Braine, “Smart Contract Templates : foundations , design landscape and research directions Smart Contract Templates : foundations , design landscape and research directions,” no. May, 2017.
- [19] M. Giancaspro, “Is a ‘ smart contract ’ really a smart idea ? Insights from a legal perspective,” *Comput. Law Secur. Rev. Int. J. Technol. Law Pract.*, vol. 1, pp. 1–11, 2017.
- [20] A. Watkins, “Technological Forecasting & Social Change Identifying potentially disruptive trends by means of keyword network analysis,” 2017.
- [21] P. Rawat, K. D. Singh, and J. M. Bonnin, “Cognitive Radio for M2M and IoT,” *Comput. Commun.*, 2016.
- [22] J. J. Sikorski, J. Haughton, and M. Kraft, “Blockchain technology in the chemical industry: Machine-to-machine electricity market,” *Appl. Energy*, vol. 195, pp. 234–246, 2017.
- [23] S. Huckle, R. Bhattacharya, M. White, and N. Beloff, “Internet of Things, Blockchain and Shared Economy Applications,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 58, pp. 461–466, 2016.
- [24] M. Benchoufi, “Blockchain technology for improving clinical research quality,” pp. 1–5, 2017.
- [25] Y. Lin and I. C. T. E-agriculture, “Blockchain : The Evolutionary Next Step for ICT Blockchain : The Evolutionary Next Step for,” no. July, 2017.
- [26] J. S. Notland, “Blockchain Enabled Trust & Transparency in Supply Chains,” no. February, 2017.
- [27] M. Petersen, “Blockchain in Logistics and Supply Chain : Trick or Treat ?,” no. October, 2017.