



Strategi adopsi teknologi *blockchain* di perguruan tinggi guna menunjang terwujudnya *smart and green university* (Studi kasus: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Achmad Bahauddin*, Putro F. Ferdinant, Agustina Fatmawati

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman KM.3 Cilegon, Banten, 42435, Indonesia

*Corresponding author: baha@untirta.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 5 Oktober 2021
Revision: 29 Oktober 2021
Accepted: 30 Oktober 2021

Keywords:

Adopsi teknologi
Blockchain
Smart University
ISM-MICMAC analysis

ABSTRACT

Revolusi industri 4.0 mengakibatkan terjadinya transformasi secara komprehensif pada aspek kehidupan manusia salah satunya sistem pendidikan. Salah satu ciri revolusi industri 4.0 pada Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA) yaitu memiliki berbagai jenis *academic platform*. Akan tetapi *platform* tersebut sering mengalami gangguan seperti "*Connection Timed Out*" jika diakses oleh banyak pengguna dalam waktu yang bersamaan. Berdasarkan permasalahan tersebut UNTIRTA dapat memanfaatkan teknologi *blockchain* untuk mengatasinya dan juga guna menunjang terwujudnya UNTIRTA sebagai *Smart and Green University*. Adopsi teknologi *blockchain* masih sangat rendah dalam sektor pendidikan di Indonesia. Tidak mudah bagi lembaga pendidikan dalam mengimplementasikan teknologi baru karena perlu mempertimbangkan berbagai faktor kesiapan yang perlu diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor kesiapan utama adopsi teknologi *blockchain* di perguruan tinggi dengan metode ISM-MICMAC Analysis dan memberikan usulan strategi yang relevan untuk penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem pendidikan di UNTIRTA. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terdapat 16 faktor yang mempengaruhi kesiapan adopsi teknologi *blockchain* di UNTIRTA. Dari ke 16 faktor tersebut, faktor kesiapan dukungan manajemen dan staff dan pemahaman teknologi sebagai kunci utama yang mempengaruhi suksesnya adopsi dan penerapan teknologi *blockchain* di UNTIRTA. Selanjutnya dua faktor kesiapan utama tersebut dibuatkan usulan strategi adopsi yang relevan terdiri atas usulan yang bersifat strategis, taktis, dan teknis.

1. PENDAHULUAN

Era revolusi industri 4.0 mengakibatkan terjadinya transformasi secara komprehensif pada keseluruhan aspek kehidupan manusia salah satunya yaitu sistem pendidikan. Namun, dalam proses pelaksanaannya, pendidikan di Indonesia masih belum dapat dikatakan pada fase yang ideal jika disesuaikan dengan arah perkembangan revolusi industri 4.0. Banyak sekali problematika yang hadir dalam dunia pendidikan di Indonesia salah satunya adalah pemalsuan ijazah [1]. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa merupakan perguruan tinggi negeri yang terdapat di provinsi Banten, Indonesia. Adapun visi UNTIRTA yang terbaru adalah "Terwujudnya UNTIRTA sebagai *Integrated Smart and Green (It's Green) University* Yang Unggul, Berkarakter Dan Berdaya Saing, Di Kawasan Asean Tahun 2030."

Salah satu ciri revolusi industri 4.0, pada UNTIRTA yaitu memiliki berbagai jenis *academic platform*. Akan tetapi, *platform* tersebut terkadang mengalami gangguan seperti "*connection timed out*" jika diakses oleh banyak pengguna. Hal ini disebabkan karena *platform* diatur melalui sistem secara terpusat sehingga *platform* yang bermasalah perlu diperbaiki terlebih dahulu pada bagian pusat kendali. Berdasarkan pada permasalahan pemalsuan ijazah dalam lembaga pendidikan serta sebagai faktor pendorong gvisi UNTIRTA yaitu "*Integrated Smart University*" maka, UNTIRTA dapat memanfaatkan salah satu perkembangan teknologi berbasis digital revolusi industri 4.0, yaitu *blockchain*. *Blockchain* merupakan sebuah model penyimpanan data yang terbuka, transparan, dan terdesentralisasi. *Blockchain*



pada dasarnya adalah sebuah buku besar yang bersifat publik, tidak dapat diubah, dan terdistribusi [2].

Blockchain menjadi salah satu *trend* teknologi saat ini dan dapat memberikan banyak manfaat. Namun, penerimaan teknologi tersebut masih belum terlihat dalam sektor pendidikan di Indonesia khususnya di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Meskipun teknologi *blockchain* memberikan banyak manfaat untuk institusi pendidikan, namun dalam proses pengadopsiannya perlu mempertimbangkan beberapa faktor seperti keamanan, privasi, biaya, skalabilitas, dan ketersediaan infrastruktur serta sumber daya manusia [3]. Tidak mudah bagi lembaga pendidikan dalam mengimplementasikan teknologi baru karena perlu mempertimbangkan berbagai faktor kesiapan yang perlu diperhatikan. Persiapan dalam mengadopsi *blockchain* dalam sistem pendidikan terdiri atas *legality*, *scalability*, *data privacy* dan *security*. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penelitian ini ditujukan untuk mengetahui faktor-faktor kesiapan adopsi teknologi *blockchain* serta hubungan ketergantungan antar kesiapan dengan tujuan memberikan usulan strategi yang relevan untuk penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem pendidikan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dimasa depan [4].

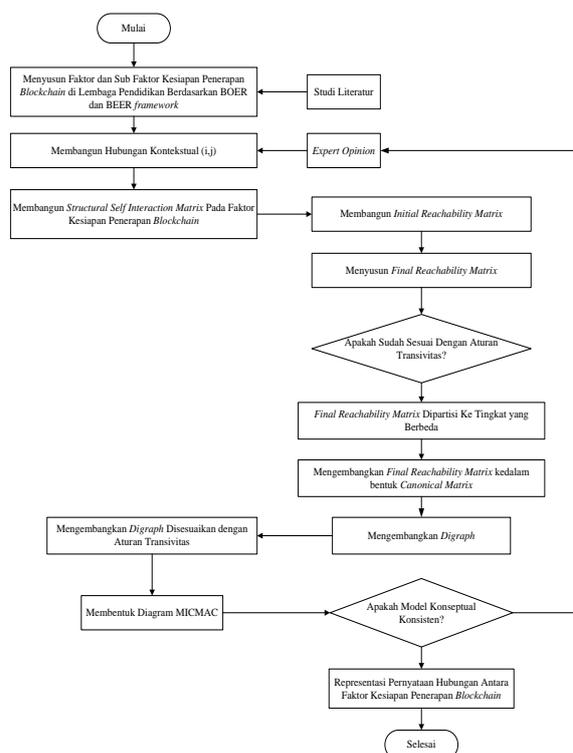
Penelitian ini memiliki tiga rumusan masalah yaitu menentukan apa saja faktor-faktor kesiapan yang perlu diperhatikan dalam adopsi *blockchain* di sistem pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, menentukan tiga faktor kesiapan utama dalam adopsi *blockchain* di sistem pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, serta mengetahui apa saja usulan strategi yang relevan untuk penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem pendidikan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui faktor kesiapan utama yang perlu diperhatikan dalam adopsi *blockchain* di sistem pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan memberikan usulan strategi yang relevan untuk penerapan teknologi *blockchain* dalam sistem pendidikan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dimasa depan. Kegunaan hasil penelitian ini ditujukan dalam kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta pertimbangan dalam mengambil kebijakan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan penelitian

Berdasarkan pada waktu, penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian prospektif karena penelitian yang dilakukan berupa pengamatan terhadap penerapan *blockchain* yang belum terjadi dan akan diteliti untuk perencanaan implementasi *blockchain* dimasa depan dalam sistem pendidikan di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Menurut cara pengamatan, penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian *cross sectional* karena penelitian dilakukan pada satu waktu saja yaitu melalui pemberian kuesioner kepada para responden yang sudah ditentukan sebelumnya dan tidak dilakukan dalam jangka panjang untuk melihat perubahan opini secara subjektif.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Dalam penentuan faktor-faktor kesiapan adopsi *blockchain* di universitas mengacu pada model kerangka kerja *Blockchain Organizational E-Readiness* (BOER) dan *Blockchain External E-Readiness* (BEER) menurut Broni [5]. Sedangkan metode yang digunakan untuk menentukan faktor kesiapan utama adopsi *blockchain* di universitas menggunakan metode ISM-MICMAC Analysis [6]. Metode analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu analisis deskriptif kualitatif melalui MICMAC Analysis yang dilakukan untuk menentukan faktor-faktor kesiapan utama yang harus didahulukan.

2.2. Cara pengumpulan data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan tiga cara yaitu pengumpulan data melalui studi literatur, kuesioner, dan wawancara. Pada studi literatur, pengumpulan data dilakukan dengan model kerangka BOER dan BEER yang didasarkan pada studi literatur berupa faktor-faktor kesiapan adopsi *blockchain*.

Wawancara dilakukan untuk mengkonfirmasi faktor-faktor kesiapan adopsi *blockchain* yang diperoleh dari hasil studi literatur. Teknik penentuan responden yang diwawancarai melalui teknik *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan responden berdasarkan tujuan yang ingin dicapai. Pengumpulan data juga dilakukan dengan pemberian kuesioner ISM kepada para responden. Kuesioner diawali dengan pemberian kuesioner ISM dimana responden memberikan jawaban menggunakan simbol V, A, X, O untuk mengetahui faktor kesiapan manakah yang harus ditangani dan menjadi bahan pertimbangan dahulu dibandingkan faktor lainnya.

2.3. Alur pemecahan masalah

Gambar 1 adalah *flowchart* untuk metode penelitian secara umum dan dengan menggunakan metode ISM-MICMAC Analysis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data melalui studi literatur, wawancara, dan kuesioner, dikembangkan 16 buah faktor kesiapan UNTIRTA dalam menerapkan teknologi *blockchain*. Seluruh faktor tersebut disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya, berdasarkan pada hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai *driving power* tertinggi terletak pada A7 yaitu faktor kesiapan dukungan manajemen dan staff dengan nilai 15. Hasilnya disajikan melalui Tabel 2.

Tabel 1. Faktor kesiapan *blockchain*

| Simbol | Sub Faktor |
|--------|--|
| A1 | Ketersediaan komponen teknis |
| A2 | Keterjangkauan sumber daya IT |
| A3 | Ketersediaan sumber daya IT |
| A4 | Aksesibilitas sumber daya IT |
| A5 | Efisiensi teknologi |
| A6 | Tingkat penggunaan |
| A7 | Dukungan manajemen dan staff |
| A8 | Pemahaman teknologi |
| A9 | Pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi |
| A10 | Ketersediaan tenaga terampil |
| A11 | Risiko dan modal |
| A12 | Ketersediaan <i>platform</i> pembelajaran |
| A13 | Aksesibilitas ke sumber belajar yang relevan |
| A14 | Strategi dan proses bisnis |
| A15 | Kebijakan dan Regulasi |
| A16 | Inisiatif pemerintah di bidang teknologi |

Tabel 2. *Final reachability matrix*

| i/j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | DP |
|-----|---|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 14 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 12 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 10 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 8 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 15 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 9 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 |
| 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 13 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 14 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 16 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| D | 8 | 13 | 10 | 13 | 11 | 15 | 3 | 8 | 11 | 10 | 14 | 16 | 16 | 13 | 10 | 11 | |

Tabel 3. Aturan transivitas

| i/j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | DP |
|-----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| D | 10 | 13 | 12 | 13 | 13 | 16 | 3 | 4 | 6 | 6 | 13 | 16 | 15 | 12 | 10 | 10 | |

Dari Tabel 3, didapatkan *cell* yang berubah dari nilai 0 menjadi 1 dan 1 menjadi 0 akibat *transivity rule*. Jumlah *cell* yang berubah adalah 45 *cell* dari 256 *cell* pada tabel tersebut, sehingga nilai tingkat konsistensi diperoleh sebesar 82,4%. Nilai ini menunjukkan bahwa kuesioner yang digunakan memiliki konsistensi yang tinggi dan valid sebagai alat ukur penelitian. Aturan transivitas ini diperoleh melalui $E_{ij} = 1$ dan $E_{jk} = 1$, maka $E_{ik} = 1$. Salah satu contoh aturan transivitas yakni jika $(A1, A8) = 1$ kemudian dilakukan pengujian dengan mengambil titik $(A1, A6) = 1$, $(A6, A7) = 0$, $(A7, A8) = 0$, maka dapat disimpulkan bahwa $(A1, A8) = 0$ yang menandakan tidak adanya hubungan antara ketersediaan komponen teknis (A1) dengan pemahaman teknologi (A8).

Kemudian, jika $(A2, A5) = 0$ lalu dilakukan pengujian dengan mengambil titik $(A2, A4) = 1$, $(A4, A11) = 1$, $(A11, A5) = 1$, maka dapat disimpulkan bahwa $(A2, A5) = 1$ yang menandakan adanya hubungan keterkaitan antara keterjangkauan sumber daya IT (A2) dengan efisiensi teknologi (A5). Berdasarkan pada hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai *driving power* tertinggi terletak pada A7 yaitu sub faktor kesiapan dukungan manajemen dan staff.

Pengolahan lebih lanjut dari *reachability matrix* yang telah memenuhi *transivity rules* berupa penetapan pilihan jenjang (*level partition*). Setelah melakukan *level partitioning*, langkah berikutnya adalah membuat *canonical matrix* berdasarkan pada *level partitioning*. Tabel 4 merupakan hasil dari *canonical matrix*. *Canonical matrix* ini digunakan untuk menentukan *level* berdasarkan *level partitioning* dimana sub faktor kesiapan dengan tingkat yang sama melintasi kolom dan baris untuk mengembangkan matriks berbentuk kerucut.

Tabel 6. Canonical matrix

| i/j | 6 | 12 | 13 | 2 | 4 | 5 | 11 | 3 | 14 | 15 | 16 | 1 | 9 | 10 | 8 | 7 |
|-----|---|----|----|---|---|---|----|---|----|----|----|---|---|----|---|---|
| 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

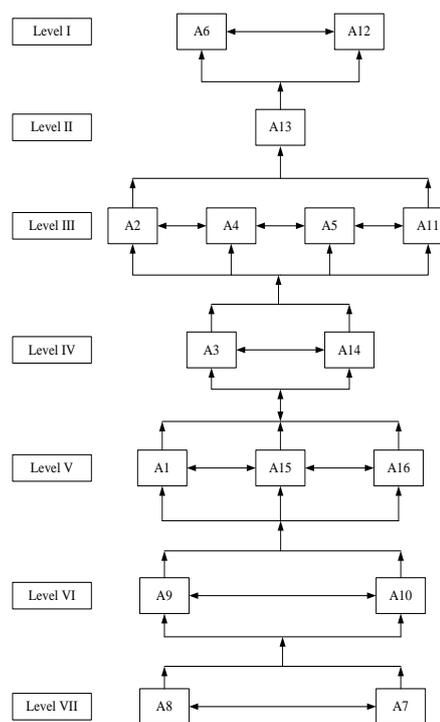
Tabel 7. Penentuan level faktor

| Level | Sub Faktor |
|-------|-----------------|
| I | A6, A12 |
| II | A13 |
| III | A2, A4, A5, A11 |
| IV | A3, A14 |
| V | A1, A15, A16 |
| VI | A9, A10 |
| VII | A8, A7 |

Berdasarkan pada penetapan pilihan jenjang (*level partition*) dengan jumlah iterasi sebanyak tujuh kali dapat diketahui bahwa faktor kesiapan penerapan *blockchain* di universitas yang berada pada level I terdiri atas tingkat penggunaan dan ketersediaan *platform* pembelajaran. Level II adalah aksesibilitas ke sumber belajar yang relevan. Level III terdiri atas keterjangkauan sumber daya IT; aksesibilitas sumber daya IT; efisiensi teknologi; serta risiko dan modal. Level IV terdiri atas pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi; dan strategi dan proses bisnis.

Level V terdiri atas kebijakan dan regulasi; inisiatif pemerintah dibidang teknologi; dan ketersediaan komponen teknis. Level VI terdiri atas pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi; dan ketersediaan tenaga terampil. Level VII terdiri atas pemahaman teknologi; dan dukungan manajemen dan staff.

Hasil analisis *driving power* dengan nilai tertinggi dan *dependence* dengan nilai terkecil berdasarkan hasil digraph yang terbentuk pada Gambar 2. Dapat diketahui bahwa yang menjadi elemen kunci sebagai tolok ukur keberhasilan implementasi *Blockchain* di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa adalah pemahaman teknologi (A8) dan dukungan manajemen dan staff (A7).



Gambar 2. Digraph

Kedua sub faktor ini berada pada Level VII dan sebagai kunci utama atau faktor pendorong terkuat untuk mendukung 14 faktor kesiapan lainnya dengan tingkat ketergantungan yang rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa partisipasi manajemen berpengaruh positif pada kinerja individu [7]. Dengan adanya tingkat dukungan yang diberikan oleh manajemen puncak bagi sistem informasi organisasi dapat menjadi suatu faktor yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan semua kegiatan yang berkaitan dengan sistem informasi [8]. Selain itu, untuk mengimplementasikan teknologi dalam bidang pendidikan, diperlukan upaya untuk memahami teknologi itu sendiri. Salah satunya dengan menggalakkan gerakan literasi teknologi [9].

Level VI terdiri atas pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi (A9) dan ketersediaan tenaga terampil (A10). Kedua faktor tersebut memiliki nilai *driving power* yang tinggi dengan *dependence* yang kecil sehingga faktor tersebut memiliki peranan yang penting dalam proses implementasi *Blockchain* di UNTIRTA. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa kemampuan teknik pemakai sistem teknologi dan informasi berpengaruh positif pada kinerja individu [7].

Di mana di era revolusi industri 4.0 saat ini sangat dibutuhkan tenaga terampil yang mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi yang ada seperti pemahaman dan keterampilan dalam menggunakan teknologi informasi dan komunikasi. Level VI ini mempengaruhi sub faktor kesiapan lainnya yang berada pada Level V, level IV, level III, level II, dan level I serta dipengaruhi oleh faktor kesiapan yang berada pada level VII.

Level V terdiri atas kebijakan dan regulasi (A15), inisiatif pemerintah dibidang teknologi (A16), dan ketersediaan komponen teknis (A1). Ketiga faktor

tersebut memiliki peranan yang penting karena nilai *driving power* yang sama kuatnya dengan nilai *dependence*. Selain itu, ketiga faktor kesiapan ini saling berkaitan antara satu sama lain karena pada dasarnya, pertumbuhan infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) di suatu negara berpengaruh secara signifikan terhadap berbagai penyelenggaraan tugas-tugas pemerintahan di segala bidang seperti penetapan berbagai kebijakan dan regulasi, pembangunan infrastruktur dan aksesibilitas, pemanfaatan teknologi secara produktif, diseminasi informasi serta penelitian dan pengembangan sumber daya manusia (SDM) [10]. Level V ini mempengaruhi sub faktor kesiapan yang berada di Level IV, level III, level II, dan level I serta dipengaruhi oleh sub faktor kesiapan yang berada di Level VI dan level VII.

Level IV terdiri atas ketersediaan sumber daya IT (A3) dan strategi dan proses bisnis (A14). Kedua faktor tersebut memiliki peranan yang penting karena nilai *driving power* yang sama kuatnya dengan nilai *dependence*. Selain itu, kedua faktor kesiapan ini saling berkaitan antara satu sama lain karena dalam proses penyusunan strategi dapat mendorong komunikasi yang tepat dan sangat dibutuhkan disuatu organisasi, dimana hal ini akan mempengaruhi pemilihan kebijakan untuk mengatur ketersediaan SDM, anggaran, ketersediaan infrastruktur teknologi, jaringan komputer serta tenaga operator dengan kemampuan yang baik pula [11]. Level IV ini mempengaruhi sub faktor kesiapan yang berada di level III, level II, dan level I serta dipengaruhi oleh sub faktor kesiapan yang berada di level V, level VI, dan level VII.

Level III terdiri atas keterjangkauan sumber daya IT (A2), aksesibilitas sumber daya IT (A4), dan efisiensi teknologi (A5), dan risiko dan modal (A11). Faktor-faktor kesiapan tersebut memiliki peranan yang cukup penting karena nilai *driving power* yang sama kuatnya dengan nilai *dependence*. Selain itu, keempat sub faktor tersebut juga saling berkaitan karena proses dari manajemen risiko disuatu organisasi dalam rangka pengembangan teknologi berfungsi untuk membantu dalam melakukan pengambilan keputusan yang lebih baik dan meningkatkan efisiensi dan efektivitas alokasi sumber daya manusia, infrastruktur, informasi, aplikasi, keamanan, ketersediaan, kinerja, masalah teknis, dan risiko bisnis [12]. Level III ini mempengaruhi faktor kesiapan yang berada di Level II dan Level I dan dipengaruhi oleh faktor kesiapan yang berada di Level IV, level V, level VI, level VII.

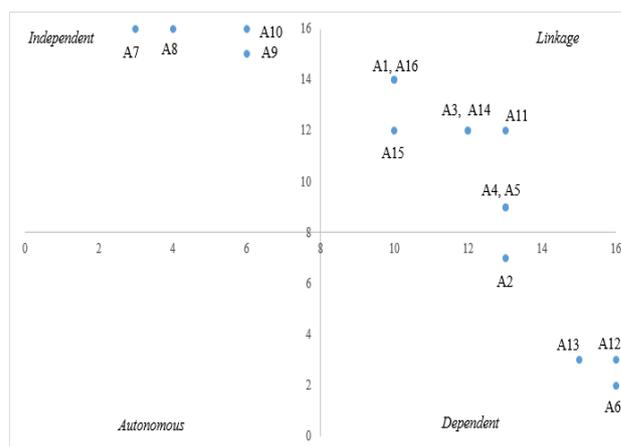
Level II adalah aksesibilitas ke sumber belajar yang relevan (A13) dimana faktor kesiapan tersebut memiliki peranan yang kurang berperan dalam pengembangan *Blockchain* di Universitas karena nilai *driving power* yang lemah dengan nilai *dependence* yang tinggi. Akan tetapi, tetap menjadi bahan pertimbangan para pemegang kebijakan karena untuk membekali pendidik dengan kemampuan dan *skill* harus memanfaatkan sumber belajar yang tepat dan relevan sehingga dapat menjadi salah satu faktor keberhasilan sebuah proses pembelajaran. Sebagai pendidik, sangat penting memiliki

kemampuan dan keterampilan dalam memilih sumber belajar yang tepat dalam proses pembelajaran teknologi.

Oleh karena itu, pendidik harus memahami dengan baik kriteria dalam memilih sumber belajar atau *learning resources* [13]. Aksesibilitas ke sumber belajar yang relevan ini mempengaruhi sub faktor kesiapan yang berada di level I dan dipengaruhi oleh sub faktor kesiapan yang berada di Level III, level IV, level V, level VI, dan level VII.

Level 1 ini terdiri atas tingkat penggunaan (A6) dan ketersediaan *platform* pembelajaran (A12) dimana faktor kesiapan tersebut memiliki peranan yang kurang berperan dalam pengembangan *Blockchain* di Universitas karena nilai *driving power* yang terkecil dengan nilai *dependence* tertinggi dibandingkan dengan faktor-faktor kesiapan lainnya. Akan tetapi, tetap menjadi bahan pertimbangan para pemegang kebijakan karena kesiapan pengguna juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesuksesan terhadap penerapan sistem baru pada sebuah institusi yang melibatkan teknologi informasi dan komunikasi [14]. Penerapan aplikasi teknologi informasi dan komunikasi yang tepat seperti memilih ketersediaan *platform* pembelajaran dalam dunia pendidikan merupakan salah satu faktor penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan kualitas sumber daya manusia [15]. Kedua faktor tersebut saling berkaitan dan mempengaruhi. Level I ini dipengaruhi oleh faktor lainnya yang berada dibawahnya dikarenakan adanya nilai *dependence* yang tinggi dengan *driving power* yang rendah.

Dalam analisis diagram MICMAC dikategorikan menjadi empat *cluster* yang berbeda yaitu *autonomous*, *independent*, *linkage*, dan *dependent*. Pembuatan diagram MICMAC didasarkan pada *final reachability matrix* dengan aturan transivitas dimana nilai *driving power* sebagai sumbu y dan nilai *dependence* sebagai sumbu x.



Gambar 3. Analisis MICMAC

Berdasarkan pada hasil analisis MICMAC faktor kesiapan penerapan *blockchain* di universitas khususnya UNTIRTA terbagi kedalam 3 sektor yaitu *independent*, *linkage*, dan *dependent*. Sektor *independent* memiliki *driving power* yang tinggi sedangkan *dependence* yang rendah, sektor ini terdiri atas dukungan manajemen dan staff (A7), pemahaman teknologi (A8), pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi (A9), dan

ketersediaan tenaga terampil (A10). Sektor *dependent* memiliki *driving power* yang rendah sedangkan *dependence* yang tinggi, sektor ini terdiri atas keterjangkauan sumber daya it (A2), tingkat penggunaan (A6), ketersediaan *platform* pembelajaran (A12), dan aksesibilitas ke sumber belajar yang relevan (A13). Sektor *linkage* memiliki *driving power* yang tinggi sedangkan *dependence* yang tinggi, sektor ini terdiri atas ketersediaan komponen teknis (A1), inisiatif pemerintah dibidang teknologi (A16), ketersediaan sumber daya it (A3), startegi dan proses bisnis (A14), risiko dan modal (A11), kebijakan dan regulasi (A15), aksesibilitas sumber daya it (A4), dan efisiensi teknologi (A5). Tidak ada sub faktor yang masuk kedalam sektor *autonomous* karena sektor ini memiliki *driving power* yang rendah sedangkan *dependence* yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa keseluruhan sub faktor kesiapan penerapan *blockchain* di untirta penting untuk menjadi pertimbangan dan dipersiapkan secara matang demi terwujudnya *smart university* di UNTIRTA.

Berdasarkan pada hasil pengolahan data dapat diketahui bahwa elemen kunci sebagai faktor pendorong terkuat suksesnya adopsi teknologi penerapan teknologi *Blockchain* di untirta guna menunjang terwujudnya *smart university* yaitu dukungan manajemen dan staf serta pemahaman teknologi. Dimana kedua sub faktor tersebut memiliki nilai *driving power* tertinggi yang didukung dengan tingkat *dependence* terkecil. Adapun usulan strategi yang dapat diberikan untuk mendukung faktor dukungan manajemen dan *staff* adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan perjanjian kinerja
 - a. Usulan Strategis
 - 1) Menentukan kesepakatan awal dimana seluruh *stakeholders* bersama-sama membangun pemahaman dan komitmen akan pentingnya penerapan teknologi *Blockchain* di UNTIRTA dalam rangka tercapainya visi UNTIRTA yaitu *Smart and Green University*.
 - 2) Menentukan pembagian kinerja antara ketua dengan anggota pada masing-masing unit atau komunitas pelaksana program pengembangan *Blockchain* di UNTIRTA.
 - b. Usulan Taktis
 - 1) Menentukan misi yang akan dilakukan oleh masing-masing unit yaitu UPT. Pusat Data Informasi dan Layanan *Smart Campus* dan satuan *Smart and Green Campus* pada tingkat universitas serta tingkat fakultas untuk mencapai visi yang diinginkan yaitu mendukung iterwujudnya pengembangan *Blockchain* di UNTIRTA.
 - 2) Mengidentifikasi ukuran kinerja dan target pada masing-masing ketua dan anggota unit atau komunitas pelaksana program pengembangan *blockchain* di untirta.
 - c. Usulan Teknis
 - 1) Melakukan analisis SWOT pada masing-masing unit atau komunitas pelaksana program pengembangan *Blockchain* di

- UNTIRTA dengan tujuan mendorong efektivitas dan efisiensi misi.
 - 2) Membuat suatu dokumen perencanaan yang akan berfungsi sebagai alat koordinasi antara ketua dan anggota atau seluruh pihak yang terlibat dalam pengembangan implementasi *Blockchain* di untirta.
2. Penyusunan petunjuk umum dan petunjuk khusus pengembangan teknologi *Blockchain*
 - a. Usulan Strategis
 - 1) Menentukan tujuan jangka panjang dan pendek yang ingin dicapai pada setiap unit atau komunitas dalam rangka pengembangan teknologi dan implementasi *Blockchain* di UNTIRTA.
 - 2) Menentukan acuan, kerangka kerja, petunjuk dan tolak ukur dalam pengembangan inovasi teknologi *Blockchain* di UNTIRTA untuk memantau dan mengatur operasi *Blockchain* serta Infrastruktur TIK dan sumber daya global yang dapat diakses.
 - B. Usulan Taktis
 - 1) Menentukan pengelolaan dan pembagian kinerja pada masing-masing unit pelaksana program *Blockchain* dengan tujuan untuk menselaraskan antara rancangan program dengan pelaksanaan kegiatan di lapangan per tahun.
 - 2) Meningkatkan pemahaman mengenai ekosistem *Blockchain* melalui pemahaman yang jelas tentang teknologi, struktur, persyaratan, peluang, dan ancaman dalam penerapannya serta memprediksi kemampuan dan dampaknya mengadopsi teknologi *Blockchain* di UNTIRTA.
 - C. Usulan Teknis
 - 1) Membuat kinerja rencana aksi seperti pelaksanaan operasi yang sedang berlangsung, tugas dan tanggung jawab masing-masing unit atau pelaksana program pengembangan *Blockchain* sesuai dengan perencanaan yang telah dirumuskan sebelumnya.
 - 2) Melakukan survey atau investigasi baik secara langsung ataupun tidak langsung kepada pihak yang sudah mengembangkan teknologi *Blockchain* dalam sistemnya dengan tujuan untuk mendapatkan data dan informasi mengenai sarana prasarana infrastruktur, isp, teknologi penunjang, dan ketersediaan sumber daya modal serta manusia yang dibutuhkan.
 3. Penentuan alokasi anggaran pengembangan *Blockchain*
 - A. Usulan Strategis

Menentukan sumber dana yang diperlukan untuk pengembangan *Blockchain* di untirta dan mengalokasikan sumber dana tersebut sesuai dengan perencanaan kegiatan yang tepat sasaran serta tujuan yang ingin dicapai yang didasarkan pada petunjuk umum dan petunjuk khusus yang telah

dirumuskan sebelumnya oleh pihak yang terlibat dalam program inovasi *blockchain* di UNTIRTA.

B. Usulan Taktis

Merencanakan manajemen keuangan mulai dari persiapan, analisa, pelaksanaan dan pengendalian terhadap arus keuangan yang disesuaikan dengan kegiatan yang tepat sasaran untuk kebutuhan penerapan *Blockchain*, sehingga dapat memperkecil sumber dana yang akan dikeluarkan

C. Usulan Teknis

Melakukan pencatatan setiap pengeluaran dan pemasukan dengan baik, untuk memonitor setiap perputaran arus keuangan di UNTIRTA sebagai sarana untuk dapat meningkatkan akuntabilitas dan transparansi pengelolaan keuangan sehingga dapat memberikan informasi kepada manajemen dalam pengambilan keputusan yang tepat mengenai implementasi *Blockchain* di UNTIRTA.

4. Penyusunan *roadmap* pengembangan *Blockchain*

A. Usulan Strategis

Mengidentifikasi masalah yang dilakukan melalui analisis data berdasarkan pada hasil kinerja dan kegiatan yang telah dilakukan untuk mengetahui perbandingan apa yang seharusnya dilaksanakan sesuai dengan perjanjian kinerja unit pelaksana program implementasi inovasi *Blockchain* di untirta serta petunjuk umum dan khusus dengan apa yang sebenarnya terjadi di lapangan,

B. Usulan Taktis

Melakukan tahapan kajian dan analisis serta kunjungan lapangan terhadap kegiatan program *Blockchain*, capaian pemanfaatan dana dan fisik kegiatan seperti infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi serta *hardware* yang canggih, manfaat, dampak, permasalahan juga kendala yang dihadapi dalam rangka pengembangan *Blockchain* di UNTIRTA.

C. Usulan Teknis

Pengumpulan data dan informasi dari setiap kinerja dan kegiatan yang dijalankan oleh masing-masing unit pelaksana program implementasi *Blockchain* yang disesuaikan dengan target dan hasil pencapaian yang telah terlaksana sehingga membantu dalam memberikan keputusan yang tepat untuk pembuatan kebijakan selanjutnya.

Adapun usulan strategi yang diberikan untuk mendukung faktor terwujudnya pemahaman teknologi adalah sebagai berikut:

1. Program Pelatihan *Blockchain*

A. Usulan Strategis

UNTIRTA dapat menentukan program pelatihan terakreditasi dan fasilitator terbaik dalam edukasi *blockchain* mulai dari pemahaman teknologi secara teori maupun praktik secara langsung.

B. Usulan Taktis

Peserta pelatihan seperti fasilitator akademik dan *academic expert* yang ada di UNTIRTA dapat merancang skenario model pembelajaran *Blockchain* baik secara teori maupun praktik agar dapat berjalan secara sistematis agar dapat menghasilkan kesesuaian evaluasi hasil belajar dengan kompetensi yang ingin dicapai.

C. Usulan Teknis

Membuat serta mengkaji kriteria atau melakukan analisis kebutuhan seperti pelatih, fasilitator, instruktur dengan kesesuaian keahlian dengan materi *Blockchain* yang diberikan dan pengalaman terkait penggunaan teknologi *Blockchain*.

2. Seminar *Blockchain*

A. Usulan Strategis

Perumusan sasaran dan strategi yang ingin diperoleh melalui seminar edukasi *Blockchain* yang disesuaikan dengan pengembangan *Blockchain* di UNTIRTA

B. Usulan Taktis

Melakukan analisis kebutuhan instruktur dan fasilitator seminar *Blockchain* yang dapat dilihat dari berbagai aspek seperti peran sebagai penyaji, peran sebagai narasumber, bahasa yang digunakan, penggunaan alat bantu dan *software* untuk bahasa pemrograman komputer yang dipakai untuk simulasi *Blockchain* ketika seminar sedang berlangsung.

C. Usulan Teknis

Peserta pelatihan seperti fasilitator akademik dan *academic expert* yang ada di UNTIRTA dapat merancang skenario model pembelajaran *Blockchain* baik secara teori maupun praktik agar dapat berjalan secara sistematis agar dapat menghasilkan kesesuaian evaluasi hasil belajar dengan kompetensi yang ingin dicapai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisis *micmac* dapat diketahui bahwa faktor-faktor kesiapan dalam adopsi *blockchain* di sistem pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang terdiri atas ketersediaan komponen teknis (A1), keterjangkauan sumber daya it (A2), ketersediaan sumber daya IT (A3), aksesibilitas sumber daya IT (A4), efisiensi teknologi (A5), dan tingkat penggunaan (A6), dukungan manajemen dan staff (A7), pemahaman teknologi (A8), pengetahuan tentang cara menggunakan teknologi (A9), ketersediaan tenaga terampil (A10), risiko dan modal (A11), ketersediaan platform pembelajaran (A12), aksesibilitas ke sumber belajar yang relevan (A13), strategi dan proses bisnis (A14), kebijakan dan regulasi (A15), dan inisiatif pemerintah dibidang teknologi (A16) perlu diperhatikan secara keseluruhan karena memiliki peranan yang penting secara keseluruhan dengan tingkat kepentingan yang berbeda karena faktor-faktor kesiapan penerapan *blockchain* tersebut tidak ada faktor yang termasuk kedalam sektor autonomous yang mengharuskan salah satu atau beberapa faktor tersebut dihilangkan dari sistem.

Berdasarkan pada hasil analisis *digraph* dapat diketahui bahwa faktor kesiapan dukungan manajemen dan staff (A7) dan pemahaman teknologi (A8) sebagai kunci utama atau faktor pendorong terkuat untuk mempengaruhi tercapainya capaian sasaran strategis 14 faktor kesiapan lainnya dengan tingkat ketergantungan yang rendah dalam rangka adopsi *blockchain* di sistem pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Berdasarkan pada hasil *directional graph* dapat diketahui bahwa faktor kesiapan utama yang memiliki peranan sangat penting yaitu terletak pada dukungan manajemen dan staf serta pemahaman teknologi. Maka usulan sasaran strategis yang relevan untuk sub faktor

dukungan manajemen dan staff adalah penyusunan perjanjian kinerja, penyusunan rencana strategis pengembangan *Blockchain*, penyusunan petunjuk umum dan petunjuk khusus pengembangan teknologi *Blockchain*, penyusunan dokumen hukum, kehumasan dan kepegawaian, penyusunan laporan keuangan, dan penyusunan laporan evaluasi kerja dimana usulan perencanaan tersebut dibagi menjadi 3 usulan yaitu strategis, taktis, dan juga teknis. Adapun usulan strategi yang dapat diberikan untuk mendukung faktor terwujudnya pemahaman teknologi dapat dilakukan dengan melakukan beberapa sasaran kegiatan seperti program pelatihan, seminar atau konferensi yang khusus memberikan edukasi mengenai *Blockchain* dimana usulan perencanaan tersebut dibagi menjadi 3 usulan yaitu strategis, taktis, dan juga teknis.

REFERENCES

- [1] W. I. A. Ray, "Implementasi Metode Md5 Untuk Autentikasi Hasil Scan Citra Ijazah," *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika*, vol. 9, no. 3, pp. 149–154, Jan. 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/pelita/article/view/2876>
- [2] A. Bahauddin, "Aplikasi Blockchain dan Smart Contract Untuk Mendukung Supply Chain Finance Umkm Berbasis Crowdfunding Syariah," *Journal Industrial Servicess*, vol. 5, pp. 107–111, 2019, doi: 10.36055/jiss.v5i1.6511.
- [3] A. Alammary, S. Alhazmi, M. Almasri, and S. Gillani, "Blockchain-Based Applications in Education: A Systematic Review," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 12, p. 2400, Jan. 2019, doi: 10.3390/app9122400.
- [4] M.-F. Steiu, "Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges," *FM*, vol. 25, no. 9, Aug. 2020, doi: 10.5210/fm.v25i9.10654.
- [5] F. E. J. Broni, "Blockchain Technology Readiness in Firms: Industry Experts' Perspectives from a Developing Economy," Master Thesis, University Of Ghana, 2019, [Online]. Available: <http://ugspace.ug.edu.gh/handle/123456789/34463>.
- [6] V. Mani, R. Agrawal, and V. Sharma, "Impediments to Social Sustainability Adoption in the Supply Chain: An ISM and MICMAC Analysis in Indian Manufacturing Industries," *Global Journal of Flexible Systems Management*, vol. 17, no. 2, pp. 135–156, Jun. 2016, doi: 10.1007/s40171-015-0106-0.
- [7] N. M. K. D. Putri and N. L. P. Srinadi, "Pengaruh kecanggihan teknologi informasi dan kemampuan teknik personal terhadap efektivitas penggunaan sistem informasi akuntansi di LPD Kecamatan Ubud," *Widya Akuntansi dan Keuangan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–15, Feb. 2020, doi: 10.32795/widyaakuntansi.v2i1.537.
- [8] I. Pratiwi, "Pengaruh dukungan manajemen puncak, kecanggihan teknologi informasi, kualitas sistem informasi akuntansi dan kinerja individual terhadap efektifitas sistem informasi akuntansi (Studi Pada Hotel Berbintang Tiga dan Empat Di Provinsi Banten)," *JURNAL RISET AKUNTANSI TIRTAYASA*, vol. 4, no. 1, pp. 50–63, Jul. 2019, doi: 10.48181/jratirtayasa.v4i1.5476.
- [9] L. Y. Hastini, R. Fahmi, and H. Lukito, "Apakah Pembelajaran Menggunakan Teknologi dapat Meningkatkan Literasi Manusia pada Generasi Z di Indonesia?," *Jurnal Manajemen Informatika (JAMIKA)*, vol. 10, no. 1, pp. 12–28, Feb. 2020, doi: 10.34010/jamika.v10i1.2678.
- [10] J. J. Gasperz, "Pengaruh Kompetensi Sumber Daya Manusia, Sistem Pengendalian Intern, dan Pemanfaatan Teknologi Informasi terhadap Kualitas Laporan Keuangan (Studi pada Badan Pusat Statistik Wilayah Maluku)," *JBMP (Jurnal Bisnis, Manajemen dan Perbankan)*, vol. 5, no. 2, pp. 75–83, Sep. 2019, doi: 10.21070/jbmp.v5i2.2550.
- [11] H. Indrayani, "Penerapan teknologi informasi dalam peningkatan efektivitas, efisiensi dan produktivitas perusahaan," *Jurnal EL-RIYASAH*, vol. 3, no. 1, pp. 48–56, Dec. 2012, doi: 10.24014/jel.v3i1.664.
- [12] G. M. Husein and R. V. Imbar, "Analisis Manajemen Risiko Teknologi Informasi Penerapan Pada Document Management System di PT. JABAR TELEMATIKA (JATEL)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 1, no. 2, Aug. 2015, doi: 10.28932/jutisi.v1i2.575.
- [13] S. Samsinar, "Urgensi learning resources (sumber belajar) dalam meningkatkan kualitas pembelajaran," *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, vol. 13, no. 2, pp. 194–205, 2020.
- [14] Q. Aini, U. Rahardja, and R. S. Naufal, "Penerapan Single Sign On dengan Google pada Website berbasis YII Framework," *SISFOTENIKA*, vol. 8, no. 1, pp. 57–68, Jan. 2018, doi: 10.30700/jst.v8i1.161.
- [15] A. Nugroho, "Pengembangan model pembelajaran jarak jauh berbasis web," *Jurnal Transformatika*, vol. 9, no. 2, pp. 72–78, Jan. 2012, doi: 10.26623/transformatika.v9i2.60.

LAMPIRAN

Tabel 5. Level Partitioning

| | <i>Reachability Set</i> | <i>Antecedent set</i> | <i>Intersection Set</i> | <i>Level</i> |
|-----|--|--|-------------------------|--------------|
| A1 | {1,2,3,4,5,6,9,10,11,12,13,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A2 | {2,4,5,6,11,12,13} | {1,2,3,4,5,9,10,11,14,15,16} | {2,4,5,11} | |
| A3 | {1,2,3,4,5,6,11,12,13,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A4 | {2,3,4,5,6,11,12,13,14} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {2,3,4,5,11,14} | |
| A5 | {2,3,4,5,6,11,12,13,14} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {2,3,4,5,11,14} | |
| A6 | {6,12} | {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {6,12} | I |
| A7 | {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A11 | {1,2,3,4,5,6,11,12,13,14,15,16} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A12 | {6,12,13} | {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {6,12,13} | I |
| A13 | {6,12,13} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16} | {12,13} | |
| A14 | {1,2,3,4,5,11,12,13,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A15 | {1,2,3,4,5,11,12,13,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,11,14,15,16} | |
| A16 | {1,2,3,4,5,6,9,10,11,12,13,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A1 | {1,2,3,4,5,9,10,11,13,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A2 | {2,4,5,11,13} | {1,2,3,4,5,9,10,11,14,15,16} | {2,4,5,11} | |
| A3 | {1,2,3,4,5,11,13,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,4,5,11,14,15,16} | |

Tabel 5. *Level Partitioning* (Lanjutan)

| | <i>Reachability Set</i> | <i>Antecedent set</i> | <i>Intersection Set</i> | <i>Level</i> |
|-----|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------|
| A4 | {2,3,4,5,11,13,14} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {2,3,4,5,11,14} | |
| A5 | {2,3,4,5,11,13,14} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {2,3,4,5,11,14} | |
| A7 | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,2,3,4,5,8,9,10,11,13,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A11 | {1,2,3,4,5,11,13,14,15,16} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A13 | {13} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,13,14,15,16} | {13} | II |
| A14 | {1,2,3,4,5,11,13,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A15 | {1,2,3,4,5,11,13,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,11,14,15,16} | |
| A16 | {1,2,3,4,5,9,10,11,13,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A1 | {1,2,3,4,5,9,10,11,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A2 | {2,4,5,11} | {1,2,3,4,5,9,10,11,14,15,16} | {2,4,5,11} | III |
| A3 | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A4 | {2,3,4,5,11,14} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {2,3,4,5,11,14} | III |
| A5 | {2,3,4,5,11,14} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {2,3,4,5,11,14} | III |
| A7 | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,2,3,4,5,8,9,10,11,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A11 | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | {1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | III |
| A14 | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,4,5,11,14,15,16} | |
| A15 | {1,2,3,4,5,11,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,11,14,15,16} | |

Tabel 5. Level Partitioning (Lanjutan)

| | <i>Reachability Set</i> | <i>Antecedent set</i> | <i>Intersection Set</i> | <i>Level</i> |
|-----|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|
| A16 | {1,2,3,4,5,9,10,11,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A1 | {1,3,9,10,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,3,9,10,14,15,16} | IV |
| A3 | {1,3,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,3,14,15,16} | IV |
| A7 | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,3,8,9,10,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A14 | {1,3,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,14,15,16} | IV |
| A15 | {1,3,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,14,15,16} | IV |
| A16 | {1,3,9,10,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,3,9,10,14,15,16} | |
| A1 | {1,9,10,15,16} | {1,7,8,9,10,15,16} | {1,9,10,15,16} | V |
| A7 | {1,7,8,9,10,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,7,8,9,10,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,8,9,10,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,7,8,9,10,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A15 | {1,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,15,16} | V |
| A16 | {1,9,10,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,9,10,15,16} | V |
| A7 | {7,8,9,10} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | VI |
| A9 | {8,9,10} | {1,7,8,9,10,16} | {8,9,10} | VI |
| A10 | {7,8,9,10} | {1,7,8,9,10,16} | {7,8,9,10} | VI |
| A7 | {7,8} | {7,8} | {7,8} | VII |
| A8 | {7,8} | {7,8} | {7,8} | VII |

Tabel 5. *Level Partitioning* (Lanjutan)

| | <i>Reachability Set</i> | <i>Antecedent set</i> | <i>Intersection Set</i> | <i>Level</i> |
|-----|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|
| A16 | {1,2,3,4,5,9,10,11,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,9,10,11,14,15,16} | |
| A1 | {1,3,9,10,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,3,9,10,14,15,16} | IV |
| A3 | {1,3,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,3,14,15,16} | IV |
| A7 | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,3,8,9,10,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A14 | {1,3,14,15,16} | {1,3,4,5,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,14,15,16} | IV |
| A15 | {1,3,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,3,14,15,16} | IV |
| A16 | {1,3,9,10,14,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,3,9,10,14,15,16} | |
| A1 | {1,9,10,15,16} | {1,7,8,9,10,15,16} | {1,9,10,15,16} | V |
| A7 | {1,7,8,9,10,15,16} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {1,7,8,9,10,15,16} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | |
| A9 | {1,8,9,10,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,8,9,10,16} | |
| A10 | {1,7,8,9,10,15,16} | {1,7,8,9,10,16} | {1,7,8,9,10,16} | |
| A15 | {1,15,16} | {1,3,7,8,9,10,11,14,15,16} | {1,15,16} | V |
| A16 | {1,9,10,15,16} | {1,3,7,8,9,10,14,15,16} | {1,9,10,15,16} | V |
| A7 | {7,8,9,10} | {7,8,10} | {7,8,10} | |
| A8 | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | {7,8,9,10} | VI |
| A9 | {8,9,10} | {1,7,8,9,10,16} | {8,9,10} | VI |
| A10 | {7,8,9,10} | {1,7,8,9,10,16} | {7,8,9,10} | VI |
| A7 | {7,8} | {7,8} | {7,8} | VII |
| A8 | {7,8} | {7,8} | {7,8} | VII |