

Smart Digital Signature Berbasis Blockchain Pada Pendidikan Tinggi Menggunakan Metode SWOT

Mohamad Rakhmansyah^{1*}, Untung Rahardja², Nuke Puji Lestari Santoso³, Alfiah Khoirunisa⁴, Adam Faturahman⁵

^{1,3,4,5}Fakultas Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Universitas Raharja, Tangerang, Indonesia

²Fakultas Software Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

Abstrak

Validasi dokumen merupakan hal yang sangat penting dalam menyangkut keaslian aset digital pemilik. Dimana validasi dokumen saat ini masih bersifat tradisional dengan mengunjungi tempat tersebut. Namun, saat pandemi proses validasi dokumen tidak dilakukan tatap muka karena pandemi Covid-19. Penelitian ini bertujuan agar penggunaan teknologi tanda tangan digital pintar yang menjamin keamanan dan validitasnya tanpa harus tatap muka. Smart digital signature adalah tanda tangan digital yang terenkripsi dengan RSA-SHA256 berbasis blockchain dengan fitur penyimpanan cloud storage yang memudahkan untuk berbagi dokumen. Metode analisa SWOT untuk mengetahui penggunaan sistem secara keseluruhan dimulai dari strategi, peluang, kekuatan dan kelemahan. Kombinasi SHA-256 dan Teknologi blockchain diterapkan pada Smart Digital Signature untuk menyimpan data dengan keamanan yang tinggi dan terjamin keabsahannya dan terhindar dari pemalsuan. Temuan dari penelitian ini sistem tanda tangan digital memiliki dampak yang signifikan dari pemalsuan, pengesahan dan keamanan dokumen.

Kata Kunci: Smart Contract, Blockchain, Smart Digital Signature, analisa SWOT, Pendidikan

1. Pendahuluan

Penyebaran Coronavirus 2019 (Covid-19) begitu cepat bahkan telah menjadi pandemi secara global yang mempengaruhi negara-negara berkembang dengan sumber daya terbatas (Mishal et al., 2020). Sebagian besar negara berkembang menganggap akan menghadapi banyak tantangan daripada negara maju dalam mengatasi penyebaran Covid-19 di wilayahnya yang menyebabkan negara berkembang berpotensi menjadi episentrum dari pandemi, tidak terkecuali Indonesia (Hopman et al., 2020)(Amany & Desire, 2020).



Gambar 1. Perkembangan Covid-19 Indonesia 2020-2021 sumber lokadat

†E-mail: rakhmansyah@raharja.info
untung@raharja.info
nuke@raharja.info
alfiah@raharja.info
adam.faturahman@raharja.info

Berdasarkan grafik kasus Covid-19 bersumber dari Kemenkes di Indonesia sejak 2020 hingga 14 Januari 2021 telah mencapai 869.600 kasus telah terkonfirmasi. Dimana kasus tiap harinya terjadi penambahan tembus 11.000 kasus. Kasus Covid-19 tertinggi pada bulan Oktober 2020 hingga Januari 2021 mengalami kenaikan hingga 61.260 kasus (*Perkembangan Covid-19 Tiap Pekan Indonesia, 2020-2021 - Lokadata*, n.d.). Dari banyaknya kasus ini membuat beberapa perusahaan hingga pendidikan tinggi terkena dampak dalam segi sektor, aktivitas sosial, hingga manajemen (Riza, 2020). Pandemi ini memberikan dampak yang cukup besar juga bagi siklus dunia pendidikan tinggi dari segi kinerja staff (Sudaryono et al., 2020). Industri 4.0 ini merupakan era smart system yang digunakan untuk jalur produksi secara fleksibel keseluruhan informasi, misalnya dibuat oleh Internet of Things (IoT), Artificial intelligence (AI) hingga Teknologi Informasi (Haleem et al., 2019) (Liao et al., 2017). Transformasi era 4.0 pada website tertentu sejalan dengan apa yang dibutuhkan untuk menghadapi masalah [9][10]. Keadaan pandemi ini memungkinkan adanya inovatif dari memanfaatkan teknologi yang bisa menjembatani kesenjangan pendidikan selama Covid-19 ini terjadi (Chick et al., 2020). Kejadian ini tidak menutup kemungkinan teknologi ikut berperan andil dalam manajemen pandemi Covid-19 ini untuk membantu tidak hanya dari segi kesehatan namun secara teknologi industri 4.0 secara efektif (Javaid et al., 2020) (M Kamil et al., 2020).

Sejak kemunculan bitcoin pada tahun 2008, muncul blockchain dengan beberapa tanda pada domain industri seperti keamanan, privasi, cloud computing, keuangan hingga Internet of Things (IoT), yang mana blockchain memperluas gagasannya menjadi platform komputasi terdistribusi (Cuccuru, 2017). Kepopuleran blockchain pada era 4.0 ini yaitu fitur semua node yang terdistribusi dalam memelihara ledger yang terotentikasi, dibagikan dan direkam dengan baik (Ahram et al., 2017) (Fauziah et al., 2020). Pemanfaatan penyimpanan cloud ini berperang penting juga dalam ekosistem cloud, dimana sekarang ini banyak yang menggunakan penyimpanan cloud karena bisa dibidang integritas data yang signifikan (Wang et al., 2020). Salah satu solusi yang akan dibahas pada makalah ini yaitu pemanfaatan digital signature dengan SHA-256 berbasis sebagai bentuk dukungan Work From Home (WFH) di masa pandemi ini dengan tujuan kegiatan civitas akademik pendidikan tinggi tetap berjalan efektif. Tanda tangan digital termasuk jenis otentikasi yang penting dalam sebuah kriptografi yang digunakan secara luas dengan memanfaatkan public key dan private key untuk melakukan enkripsi dan dekripsi (Sann et al., 2019). Penelitian menggunakan metode analisis SWOT memudahkan menemukan kekuatan, peluang, strategi hingga kelemahan penggunaan sistem.

2. Metode Penelitian

2.1. Literatur Review

Penelitian Quantum Digital Signature (QDS) yang mampu menjamin keaslian dan transferability pesan melalui teori kuantum yang membuat QDS lebih praktis dan efisien sehingga sangat menjanjikan adanya kemungkinan skenario tanda tangan digital (J.-M. Chen et al., 2019). Teknik canggih dan algoritma dari digital signature yang dibuktikan saat ini setidaknya berpura-pura aman. Keamanan mereka rapuh apabila kerahasiaan kunci berkompromi. Dalam kasus yang sering terjadi semua tanda tangan yang dihasilkan oleh kunci tersebut dianggap salah sehingga dicurigai. Dalam situasi ini besar kemungkinannya perilaku pemalsuan atau serangan selanjutnya tergantung pada permintaan adanya tanda tangan digital signature (Martiri & Baxhaku, 2012). Ada banyak skema digital signature yang dirancang untuk berbagai aplikasi (Febriyanto et al., 2019). Kriptografi sertifikat tanpa public-key tidak aman terhadap beberapa jenis pemalsuan walau aman terhadap "adaptive chosen-message attacks" menggunakan ECC (Tiwari, 2015). Penggunaan model trust chain 2.0 yang sebelumnya dibangun atas Trust Chain 1.0 dengan memasukkan informasi valid rantai sertifikat dengan tanda tangan digital dalam blockchain untuk menghindari masalah kerahasiaan catatan dan pengungkapan informasi yang bersifat privasi (Bralić et al., 2020). Kriptografi merupakan bidang yang saling berkaitan dengan teknik linguistik serta matematika untuk mengamankan informasi khusus dalam aplikasi komunikasi dan juga otentikasi terhadap tanda tangan digital dan MAC. SHA-256 sudah banyak diterapkan diberbagai macam algoritma, salah satu penelitiannya adalah implementasi pada algoritma keccak dengan inti 256-bit SHA-3 menggunakan Verilog HDL dan prototipe Xilinx® Virtex®-6FPGA (James et al., 2016). Fungsi hash satu arah merupakan algoritma iteratif yang beroperasi dalam pesan panjang semauanya dan mengembalikan output fixed-length yang disebut h atau nilai hash. Walau input tanpa batas dan outputnya terbatas, secara komputasi tidak memungkinkan dua pesan yang berbeda dengan nilai hash yang sama. Alasan inilah nilai hash suatu pesan dianggap unik (Michail et al., 2016). Empat arsitektur perangkat keras berbeda diusulkan guna meningkatkan kinerja algoritma SHA-256, mengurangi jalur kritis dengan menyusun ulang beberapa operasi yang diperlukan setiap iterasi algoritma dan menghitung beberapa nilai dinaikkan, mungkin jika ketergantungan data. Hasil yang dicapai adanya peningkatan yang signifikan terhadap kinerja algoritma SHA-256 (Alfredo-Badillo et al., 2013). Layanan cloud storage seperti Amazon AWS S3 dan Google Cloud Storage atau SaaS (iCloud dan Dropbox). Banyak penelitian yang membahas cloud storage memiliki fungsi yang efisiensi, dapat diandalkan dan ramah bagi pengguna secara cloud storage (Zhao et al., 2018). Cloud Computing sangat penting dalam keamanan data (Alam, 2020). Data yang diminta oleh pengirim dan bisa diterima oleh penerima dari penyedia cloud yang berbeda. Bahwa keamanan data yang telah dimainkan perannya sangat penting di cloud federasi computing (Srivenkatesh & Vanitha, n.d.). Integrasi aplikasi dalam berbagai file merupakan salah satu tantangan besar, pada artikel SWAN : a Service for Interactive Analysis in the Cloud memberikan contoh aplikasi dengan tujuan untuk komputasi ilmiah yang integrasi dengan share storage/file sync yang memiliki potensi untuk pendidikan yang inovatif di masa depan (Piparo et al., 2018). Penelitian mengenai sertifikasi dengan ditanamkan QRCode dalam proses verifikasi agar terhindar dari kecurangan dan mampu mendeteksi bukti kepemilikan sertifikat tersebut (Febriyanto et al., 2019).

Penelitian selanjutnya bahwa Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) sebagai alternatif dalam membangun sistem publik key seperti Digital Signature Algorithm (DSA) dan juga Rivest Shamir Adleman (RSA), dimana kunci yang dihasilkan oleh RSA dan DSA dengan ukuran kunci kecil lebih memiliki manfaat termasuk waktu komputasi yang cepat dan pengurangan daya pemrosesan, bandwidth dan ruang penyimpanan (Khaliq et al., 2010). Konsep blockchain yang mampu mengurangi ukuran CRL dan kelebihan pesan. Dimana struktur blockchain yang diusulkan juga memungkinkan Public Key Infrastructures (PKIs) terus melacak kepemilikan nama dan mendistribusikan CRL secara efisien dan signifikan (Lei et al., 2020). Penelitian selanjutnya sistem manajemen personalia dengan teknologi blockchain, mengembangkan prototipe sistem permintaan, dengan memilah data yang penting akan dimasukkan kedalam blockchain (J. Chen et al., 2019). Penelitian ini penerapan blockchain di dunia kesehatan untuk menjaga keamanan dalam ekosistem data medis yang memungkinkan dihubungkan ke beberapa perusahaan asuransi atau kesehatan (Lee, 2019). Dalam penelitian berikutnya membahas usulan untuk penggunaan tanda tangan digital dan pertukaran kunci Diffie Hellman digabungkan dengan Advanced Encryption Standard (AES) enkripsi algoritma guna melindungi rahasia data yang disimpan di dalam cloud, sehingga arsitektur ini menyulitkan peretas dalam memecahkan sistem keamanan sehingga melindungi data yang disimpan pada cloud (Kumar & Asiwal, 2014). Dari berbagai penelitian yang telah ada, maka makalah ini membahas smart digital signature dengan pengembangan cloud storage untuk memotivasi kinerja pendidikan tinggi agar tetap produktif pada masa pandemi Covid-19 ini.

2.2 Analisa SWOT

Dalam analisa sistem digital signature penelitian ini menggunakan metode SWOT sehingga dapat menghasilkan sistem yang efektif dan efisien disaat ada pandemi COVID-19 (Aini et al., 2019). Strength (S) menunjukkan kekuatan pada sistem *smart digital signature*, weakness (W) dimana kelemahan pada sistem tersebut, Opportunities (O) dapat melihat peluang yang ada pada sistem tersebut dengan teknologi era 5.0, serta Threat (T) artinya ancaman yang bisa saja terjadi selama sistem berjalan.

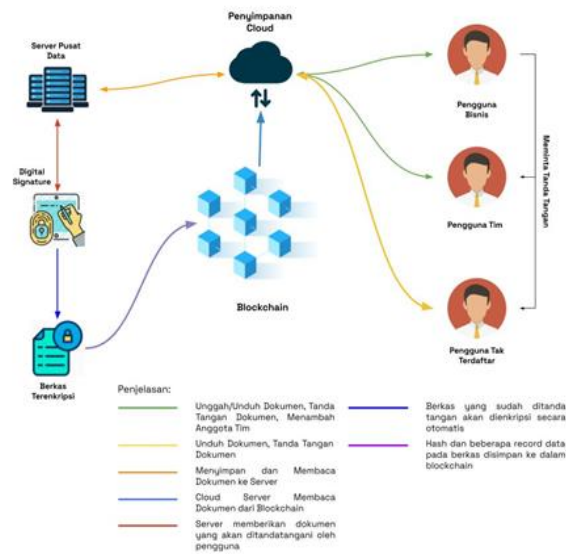


Gambar 2. Analisa SWOT Smart Digital Signature

Pada bagian strength menunjukkan kekuatan dari Smart Digital Signature dimana memiliki delapan kelebihan seperti menjaga integritas pemilik asli dari dokumen yang diterbitkan, semua dokumen yang diterbitkan akan dihash dengan menggunakan SHA-256, dokumen disimpan ke jaringan blockchain akan didistribusikan secara transparan, kemudahan berbagi dokumen dengan memanfaatkan fitur cloud storage serta penyimpanan yang dapat diakses dimana saja dan kapan saja dan adanya key dapat memberikan jaminan keabsahan dari dokumen yang telah ditandatangani. Kemudian penerapan konsep sistem ini memiliki kelemahan dimana biaya implementasi masih terbilang cukup mahal karena harus menggunakan perangkat dengan spesifikasi tinggi dan akses internet yang cepat. Namun, Smart Digital Signature memiliki peluang tinggi sebagai platform yang memudahkan pengguna untuk memberikan persetujuan dalam bentuk digital dan sah dimata hukum serta aman tidak dapat dimodifikasi. Ancaman yang ada yaitu skalabilitas dimana semakin banyak transaksi pada smart contract maka akan meningkatkan beban kinerja server, maka dari itu membutuhkan perangkat keras yang memiliki teknologi canggih seiring meningkatnya jumlah transaksi atau tanda tangan digital.

1. Hasil dan Pembahasan

3.1 Alur kerja Smart Digital Signature



Gambar 3. Arsitektur Cloud Storage Smart Digital Signature

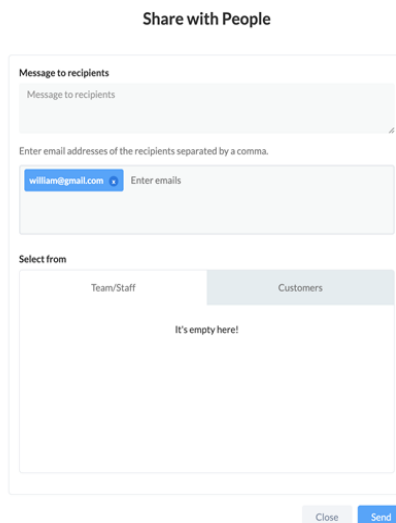
Gambar diatas adalah alur kerja dari sistem smart digital signature, dimana user memiliki hak untuk mengunduh dan mengunggah dokumen ke dalam sistem yang sudah terenkripsi maupun tidak terenkripsi. Jika dokumen telah diunggah akan masuk ke dalam layanan *cloud storage* dimana semua file yang telah masuk atau keluar akan masuk ke dalam server pusat data. Sistem ini menerapkan Enkripsi SHA-256 untuk menghasilkan hash pada tanda tangan digital sehingga setiap dokumen yang telah ditandatangani memiliki identitas dokumen dengan keunikan tersendiri dimana dalam proses enkripsi data mengenai siapa yang menandatangani, waktu pengesahan, dan juga mengenai lokasi serta alamat IP address akan dimasukan (Rahardja et al., 2020). Setiap dokumen yang telah disematkan enkripsi akan bersifat irreversible yang artinya dokumen tidak dapat dimodifikasi setelah ditandatangani hal ini berguna untuk menghindari pemalsuan dokumen dan tindak kejahatan lainnya. Setelah tahap enkripsi selesai maka hash yang dihasilkan dari proses tanda tangan akan disimpan dalam jaringan blockchain yang terintegrasi dengan server pusat data yang berada di dalam sistem smart digital signature (Lukita, 2020). Bagi pengguna lainnya seperti anggota tim atau pengguna diluar sistem atau guest dapat menerima pesan berupa dokumen yang telah ditandatangani melalui sistem Smart Digital Signature dengan memanfaatkan fitur Cloud Storage, hal ini tentunya memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pengiriman dokumen penting tanpa harus melakukan pencetakan atau melakukan pertemuan. Setiap pengguna memiliki hak untuk menandatangani dokumen dan untuk pengguna bisnis yang telah terdaftar dalam sistem tentunya dapat melakukan request tanda tangan kepada siapapun dengan memanfaatkan cloud storage cukup dengan mengirim dokumen melalui email maka proses tanda tangan digital dapat dengan mudah dilakukan dan dokumen yang telah tertanda tangani dapat disimpan oleh pihak yang ditujukan dan juga tersimpan di dalam cloud storage dan jaringan blockchain (Aini et al., 2020)(Kosasi, 2020).

3.2 Implementasi Smart Digital Signature



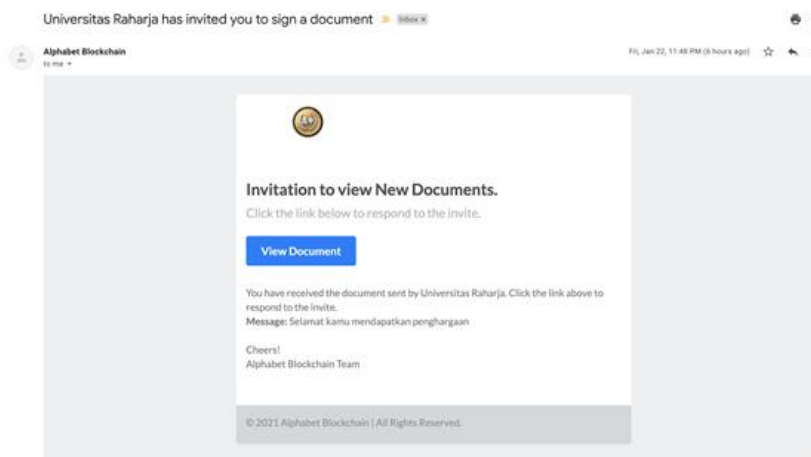
Gambar 4. Proses tanda tangan digital

Pada gambar 4. di atas merupakan proses tanda tangan digital yang dilakukan oleh para pengguna, pengguna yang sudah mengunggah dokumen dapat melakukan tanda tangan pada Smart Digital Signature menggunakan metode seperti tanda tangan basah, dimana pengguna harus menggambar tanda tangan terlebih dahulu. Proses tanda tangan ini akan menghasilkan dokumen yang terenkripsi yang sah dimata hukum karena saat dokumen tertanda tangani maka dokumen akan disimpan ke dalam jaringan blockchain sehingga terhindar dari modifikasi dan terjamin keabsahannya.



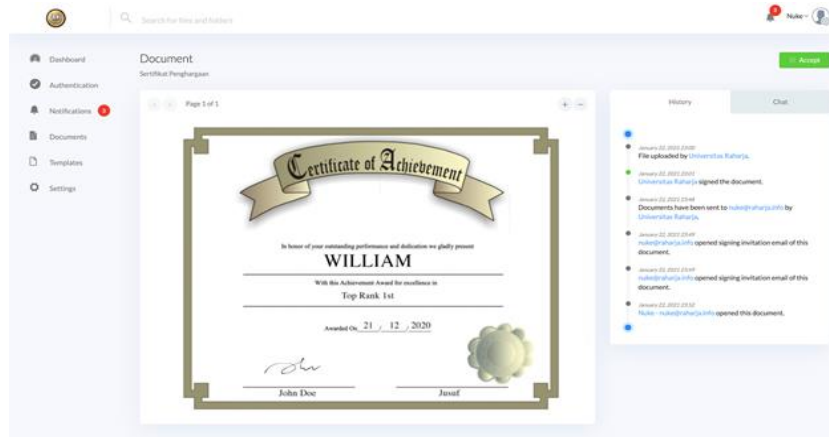
Gambar 5. Proses tanda tangan digital

Setelah proses tanda tangan selesai, selanjutnya melakukan berbagi dokumen pada gambar 5. pembagian dokumen dapat dilakukan dengan mudah cukup dengan menggunakan email pengguna (tamu) yang dituju dan menyertakan pesan sebagai isi dari email yang akan dikirim. Saat tombol send di klik, dokumen yang sudah ditandatangani akan dikirimkan ke email tersebut beserta pesan yang sudah dibuat.



Gambar 6. Email penerima dokumen tanda tangan

Pada gambar 6 merupakan email yang diterima oleh pengguna (tamu) yang dituju, terdapat isi pesan kemudian informasi pengirim dan nama sistem yang digunakan dan ada satu tombol untuk melihat dokumen yang telah dikirimkan, ketika diklik maka akan diarahkan menuju sistem Smart Digital Signature, pengguna harus mendaftar terlebih dahulu untuk mengaksesnya.



Gambar 7. Tampilan dokumen yang dibagikan

Saat pengguna (tamu) sudah mendaftar di sistem Smart Digital Signature maka dokumen yang sudah dibagikan akan muncul kemudian saat dibuka maka akan seperti gambar 7. Pengguna (tamu) dapat memiliki akses ke cloud storage dan dapat melihat informasi siapa yang menerbitkan dokumen, dan kapan dokumen itu diterbitkan, kemudian pengguna (tamu) dapat melakukan download dokumen. Seluruh dokumen yang ada pada Smart Digital Signature ketika ditandatangani akan menghasilkan sebuah hash dan beberapa record data mengenai issuer dan waktu dan dari hash yang dihasilkan disimpan ke dalam jaringan publik blockchain untuk menghindari terjadinya modifikasi dan memberikan jaminan keaslian data untuk pengguna (Mustofa Kamil et al., 2021).

3.3 Evaluasi

Peneliti melakukan evaluasi sistem Smart Digital Signature, dimulai dengan mengumpulkan informasi total populasi pengguna pada perguruan tinggi. Metode pengumpulan data menggunakan survey berupa kuesioner digital menggunakan google form. Selanjutnya melakukan perhitungan untuk mengetahui jumlah sampel yang tepat menggunakan slovin. Dimana n adalah jumlah sampel yang dicari, N = jumlah populasi umum, e = batas toleransi kesalahan.

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

Setelah mendapatkan informasi tentang populasi pengguna di perguruan tinggi. Peneliti melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Slovin. Langkah awal yang dilakukan adalah memasukkan populasi pengguna ke dalam variabel N = 96, dan batas toleransi kesalahan 5%, sehingga jumlah sampel yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{96}{1 + 96.(0,05)^2}$$

$$n = \frac{96}{1,24}$$

$$n = 77,4 \rightarrow 77 \text{ Responden}$$

Setelah mengetahui jumlah sampel yang tepat, kuisisioner SUS berupa online google form diberikan kepada para responden, sehingga responden dapat memberikan pernyataan berdasarkan skala likert. Selain itu, hasil pernyataan responden dimasukkan ke dalam tabel skala likert, yang nantinya akan dijadikan variabel dalam rumus SUS. Berdasarkan perhitungan didapatkan jumlah sampel pengguna, selanjutnya data sampel digunakan untuk menentukan SUS untuk mengetahui seberapa baik sistem setelah dirilis. Berikut rumus mencari nilai keseluruhan SUS.

$$X = \frac{(((R1) + (R2) + (R3) + (R4) + (R5) + (R6) + (R7) + (R8) + (R9) + (R10)) * 2,5) + N}{N}$$

X merupakan total skor SUS, dimana N adalah sampel, dan R1 sampai R10 adalah variabel pernyataan responden dari seluruh kuesioner yang diberikan. Peneliti menggunakan metode SUS dengan Skala Likert sebanyak 5 (lima) poin. Para responden diminta untuk memberikan penilaian sistem Smart Digital Signature dari 10 (sepuluh) item pertanyaan dengan pernyataan “Sangat tidak setuju”, “Tidak Setuju”, “Netral”, “Setuju”, dan “Sangat Setuju”. Masing-masing jawaban pada setiap item akan dimasukkan ke dalam variabel R1 sampai R10. Sehingga dapat diperoleh hasil SUS secara keseluruhan berdasarkan perolehan rata rata Skor SUS individu.

$$X = ((4) + (4) + (3) + (3) + (4) + (3) + (3) + (4) + (3) + (4)) * 2,5$$

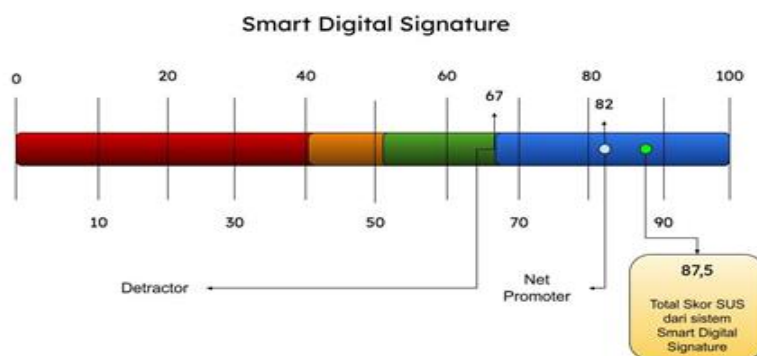
$$X = \frac{87,5 * 96}{96}$$

$$X = \frac{8400}{96} = 87,5$$

Dari kuesioner yang dibagikan kepada seluruh populasi kemudian dilakukan penghitungan dengan menggunakan rumus SUS sehingga diperoleh X sebagai skor SUS. Hasil tersebut menentukan bahwa rata-rata skor staf SUS adalah 82,5, dimana skor SUS merupakan penilaian subjektif global dari aspek kegunaan seperti efisien, efektif, dan kepuasan pengguna terhadap sistem yang digunakan.

Kategori	Syarat
Not Acceptable	<50
Acceptable	>70
Net Promoter	>82
Detractor	<67

Skor SUS dapat menunjukkan tingkat kepuasan pengguna terhadap sistem jika skor SUS yang dicapai > 70 yang dapat dikatakan masuk ke dalam kategori Acceptable.



Gambar 8. Hasil skor SUS Smart Digital Signature

Berdasarkan perhitungan gambar 8 menghasilkan skor SUS smart digital signature sebesar 87.5, hasil ini membuktikan bahwa sistem termasuk dalam kategori Acceptable. Smart digital signature juga disebut sebagai Net Promoter karena skor SUS mencapai > 82, menunjukkan bahwa smart digital signature berpotensi menjadi promotor sehingga berdampak pada jumlah pengguna yang terus meningkat. Sedangkan untuk kategori detractor artinya dapat menyebabkan penurunan yang signifikan; ini tidak mempengaruhi smart digital signature karena skor melebihi > 67 [38]. Hasil akhir dari skor SUS diatas menunjukkan perolehan yang positif dan signifikan terhadap sistem yang dibuat karena jumlah pengguna akan terus meningkat dimasa yang akan datang.

2. Kesimpulan

Menduniyanya era Blockchain kini telah diterapkan di berbagai sektor. Adopsi SHA-256 diterapkan sebagai sistem enkripsi yang disematkan pada tanda tangan digital untuk pengesahan, verifikasi keabsahan dan melindungi dokumen. Hal itu bertujuan agar terhindar dari tindak kejahatan seperti modifikasi dan sebagainya karena bersifat irreversible yang artinya tidak bisa dikembalikan ke dalam bentuk awal. Transformasi penambahan fitur cloud storage untuk mendukung masa Covid-19 dalam penyimpanan dokumen yang telah memiliki tanda tangan digital agar lebih aman serta untuk kemudahan dalam berbagi dokumen kepada pengguna lainnya. Smart digital signature mengaplikasikan blockchain dan smart contract agar secara transparansi dan terdistribusi keabsahan dokumen yang tidak dapat dimanipulasi. Dalam hasil penelitian di atas membahas, keadaan pandemi Covid-19 yang tidak memungkinkan adanya sebuah tatap muka namun ada dokumen penting yang memerlukan pengesahan membuat manajemen pendidikan tinggi kesulitan dalam hal itu. Dengan adanya *smart digital signature* berbasis website yang mendukung layanan *cloud storage* untuk berbagi dokumen dengan mudah aksesibilitas bagi pengguna serta dapat melakukan pengesahan dokumen dengan aman blockchain yang terenkripsi. Smart digital signature ini dianggap mudah digunakan maka implikasinya adalah bahwa sistem ini mampu mendukung kinerja di bidang pendidikan. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan ke bidang kesehatan, pemerintahan, dan lain sebagainya.

3. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didukung penuh oleh Universitas Raharja untuk meneliti sistem tanda tangan digital disaat pandemi Covid-19 ini, serta Alphabet Incubator atas diskusi yang signifikan dan bermanfaat pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Ahram, T., Sargolzaei, A., Sargolzaei, S., Daniels, J., & Amaba, B. (2017). Blockchain technology innovations. *2017 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)*, 137–141.
- [2] Aini, Q., Rahardja, U., Arribathi, A. H., & Santoso, N. P. L. (2019). Penerapan Cloud Accounting dalam Menunjang Efektivitas Laporan Neraca pada Perguruan Tinggi. *Computer Engineering, Science and System Journal*, 4(1), 60–64.
- [3] Aini, Q., Rahardja, U., Tangkaw, M. R., Santoso, N. P. L., & Khoirunisa, A. (2020). Embedding a Blockchain Technology Pattern Into the QR Code for an Authentication Certificate. *Jurnal Online Informatika*, 5(2).
- [4] Alam, T. (2020). Cloud Computing and its role in the Information Technology. *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, 1(2), 108–115.
- [5] Algreto-Badillo, I., Feregrino-Urbe, C., Cumplido, R., & Morales-Sandoval, M. (2013). FPGA-based implementation alternatives for the inner loop of the Secure Hash Algorithm SHA-256. *Microprocessors and Microsystems*, 37(6–7), 750–757.
- [6] Amany, D., & Desire, A. (2020). Pembelajaran Interaktif berbasis Gamifikasi guna Mendukung Program WFH pada saat Pandemic Covid-19. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 1(1), 48–55.
- [7] Bralić, V., Stančić, H., & Stengård, M. (2020). A blockchain approach to digital archiving: digital signature certification chain preservation. *Records Management Journal*.
- [8] Chen, J.-M., Zhang, H., Zhou, X.-Y., Zhang, C.-M., & Wang, Q. (2019). Practical decoy-state quantum digital signature with optimized parameters. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 535, 122341.
- [9] Chen, J., Lv, Z., & Song, H. (2019). Design of personnel big data management system based on blockchain. *Future Generation Computer Systems*, 101, 1122–1129.
- [10] Chick, R. C., Clifton, G. T., Peace, K. M., Propper, B. W., Hale, D. F., Alseidi, A. A., & Vreeland, T. J. (2020). Using Technology to Maintain the Education of Residents During the COVID-19 Pandemic. *Journal of Surgical Education*. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2020.03.018>
- [11] Cuccuru, P. (2017). Beyond bitcoin: an early overview on smart contracts. *International Journal of Law and Information Technology*, 25(3), 179–195.
- [12] Fauziah, Z., Latifah, H., Omar, X., Khoirunisa, A., & Millah, S. (2020). Application of Blockchain Technology in Smart Contracts: A Systematic Literature Review. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 2(2), 160–166.
- [13] Febriyanto, E., Rahardja, U., Faturahman, A., & Lutfiani, N. (2019). Sistem Verifikasi Sertifikat Menggunakan Qrcode pada Central Event Information. *Techno. Com*, 18(1), 50–63.
- [14] Haleem, A., Javaid, M., & Vaishya, R. (2019). Industry 4.0 and its applications in orthopaedics. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 10(3), 615–616.

-
- [15] Hopman, J., Allegranzi, B., & Mehtar, S. (2020). Managing COVID-19 in low-and middle-income countries. *Jama*, 323(16), 1549–1550.
- [16] James, J., Karthika, R., & Nandakumar, R. (2016). Design & Characterization of SHA 3-256 bit IP core. *Procedia Technology*, 24, 918–924.
- [17] Javaid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., Suman, R., & Vaish, A. (2020). Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(4), 419–422.
- [18] Kamil, M., Rahardja, U., Sunarya, P. A., Aini, Q., & Santoso, N. P. L. (2020). Socio-Economic Perspective: Mitigate Covid-19 Impact on Education. *2020 Fifth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICIC50835.2020.9288577>
- [19] Kamil, Mustofa, Bist, A. S., Rahardja, U., Santoso, N. P. L., & Iqbal, M. (2021). Covid-19: Implementation e-voting Blockchain Concept. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 5(1).
- [20] Khalique, A., Singh, K., & Sood, S. (2010). Implementation of elliptic curve digital signature algorithm. *International Journal of Computer Applications*, 2(2), 21–27.
- [21] Kosasi, S. (2020). Karakteristik Blockchain Teknologi Dalam Pengembangan Edukasi. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 1(1), 87–94.
- [22] Kumar, M., & Asiwal, K. (2014). Use of Digital Signature Standard with Station to Station Key Exchange Agreement and Cloud Manager to Enhance Security in Cloud Computing. *International Journal of Applied Information Systems*, 7(8), 1–5. <https://doi.org/10.5120/ijais14-451218>
- [23] Lee, S. Y. (2019). *Blockchain-based Framework for Medical Data Management*.
- [24] Lei, A., Cao, Y., Bao, S., Li, D., Asuquo, P., Cruickshank, H., & Sun, Z. (2020). A blockchain based certificate revocation scheme for vehicular communication systems. *Future Generation Computer Systems*, 110, 892–903.
- [25] Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609–3629.
- [26] Lukita, C. (2020). Penerapan Sistem Pendataan Hak Cipta Content Menggunakan Blockchain. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 1(2), 40–45.
- [27] Martiri, E., & Baxhaku, A. (2012). Monotone digital signatures: an application in software copy protection. *Procedia Technology*, 1, 275–279.
- [28] Michail, H. E., Athanasiou, G. S., Theodoridis, G., Gregoriades, A., & Goutis, C. E. (2016). Design and implementation of totally-self checking SHA-1 and SHA-256 hash functions' architectures. *Microprocessors and Microsystems*, 45, 227–240.
- [29] I. Mishal, A., Saravanan, R., Atchitha, S. S., Santhiya, K., Rithika, M., Menaka, S. S., & Thiruvalluvan, T. (2020). A Review of Corona Virus Disease-2019. *History*, 4, 7.
- [30] *Perkembangan Covid-19 tiap pekan Indonesia, 2020-2021 - Lokadata*. (n.d.). Retrieved January 22, 2021, from <https://lokadata.beritagar.id/chart/preview/perkembangan-covid-19-tiap-pekan-indonesia-2020-2021-1610682912>
- [31] Piparo, D., Tejedor, E., Mato, P., Mascetti, L., Moscicki, J., & Lamanna, M. (2018). SWAN: A service for interactive analysis in the cloud. *Future Generation Computer Systems*, 78, 1071–1078.
- [32] Rahardja, U., Sudaryono, S., Santoso, N. P. L., Faturahman, A., & Aini, Q. (2020). Covid-19: Digital Signature Impact on Higher Education Motivation Performance. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 4(1). <https://doi.org/10.29099/ijair.v4i1.171>
- [33] Riza, B. S. (2020). Blockchain Dalam Pendidikan: Lapisan Logis di Bawahnya. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 1(1), 41–47.
- [34] Sann, Z., Soe, T., Knin, K., & Win, Z. (2019). Performance comparison of asymmetric cryptography (case study-mail message). *APTIKOM Journal on Computer Science and Information Technologies*, 4(3), 105–111.
- [35] Srivenkatesh, M., & Vanitha, K. (n.d.). Implementing Multiprime RSA Algorithm to Enhance the Data Security in Federated Cloud Computing. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering* Vol, 4.
- [36] Sudaryono, S., Lestari, N. P., & Gunawan, K. (2020). PERANCANGAN VIRTUAL ASSISTANT ENTREPRENEURSHIP MENGGUNAKAN METODE SCRUM. *Journal of Innovation And Future Technology (IFTECH)*, 2(2), 66–77.
- [37] Tiwari, N. (2015). On the security of pairing-free certificateless digital signature schemes using ECC. *ICT Express*, 1(2), 94–95.
- [38] Wang, H., Qin, H., Zhao, M., Wei, X., Shen, H., & Susilo, W. (2020). Blockchain-based fair

- payment smart contract for public cloud storage auditing. *Information Sciences*, 519, 348–362.
- [38] Zhao, M., Li, Z., Zhai, E., Tyson, G., Qian, C., Li, Z., & Zhao, L. (2018). H2Cloud: Maintaining the Whole Filesystem in an Object Storage Cloud. *Proceedings of the 47th International Conference on Parallel Processing*, 1–10.