



Evaluasi *Non-Physical Waste* Pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X Dengan Penerapan *Lean Construction*

Rasendriya Rizki Danureswara¹, Suripto²

^{1,2}Teknik Sipil, Teknik Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Jakarta

¹rasendriya.rizkidanureswara.ts20@mhs.w.pnj.ac.id , ²suripto.1965@sipil.pnj.ac.id

Abstract

In construction projects, waste encompasses not only material waste (physical waste) but also includes non-value-added activities such as rework, waiting time, and delays (non-physical waste). Construction practitioners often focus on physical waste, neglecting the importance of non-physical waste, which is a critical issue that deserves attention and effective solutions. Therefore, efforts are necessary to minimize non-physical waste by implementing lean construction methods. This study aims to identify critical non-physical waste and its causes, providing recommendations for preventing them through lean construction. The research involved observations, questionnaires, and interviews, with data analyzed using the Borda method. The findings revealed that the critical non-physical waste in the RS X project was waiting, with a weight of 0.204, primarily due to slow approvals, followed by defects with a weight of 0.180, caused by inadequate supervision. To address waiting, it is recommended to apply the Lean principles of Specify Value and Value Stream Mapping, along with tools like the Last Planner System and Daily Huddle Meetings. For defects, the Value Stream Mapping and Flow approaches, supported by tools such as Fail-Safe for Quality and First-Run Studies, are suggested. While not yet fully optimized, the use of lean construction tools positively impacts the reduction of non-physical waste, thereby enhancing project efficiency and quality.

Keywords: Borda method, Lean construction, Lean construction tools, Non-physical waste.

Abstrak

Dalam proyek konstruksi, pemborosan tidak hanya mencakup pemborosan material (*physical waste*) tetapi juga mencakup aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah seperti pengerjaan ulang, waktu tunggu, dan penundaan (*non-physical waste*). Praktisi konstruksi sering kali berfokus pada *physical waste*, mengabaikan pentingnya *non-physical waste*, yang merupakan masalah kritis yang perlu mendapat perhatian dan solusi efektif. Hal ini menunjukkan bahwa *non-physical waste* adalah permasalahan serius yang membutuhkan perhatian serta solusi yang tepat. Sehingga, diperlukan sebuah upaya dalam meminimalisir *non-physical waste* yaitu melalui penerapan metode *lean construction*. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *critical non-physical waste* dan faktor penyebabnya serta memberikan rekomendasi pencegahan menggunakan *lean construction*. Studi dilakukan melalui observasi, kuesioner, dan wawancara, kemudian dianalisis dengan metode Borda. Hasil penelitian menunjukkan *critical non-physical waste* di proyek RS X adalah *waiting* dengan bobot 0,204, disebabkan oleh lambatnya persetujuan serta *defect* dengan bobot 0,180, disebabkan oleh kurangnya pengawasan. Rekomendasi untuk mengatasi *waiting* adalah melalui pendekatan *Lean* yaitu *Specify Value* dan *Value Stream Mapping*, serta menggunakan *tools Last Planner System* dan *Daily Huddle Meetings*. Untuk *defect*, direkomendasikan menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping* dan *Flow*, serta menggunakan *tools Fail-Safe for Quality* dan *First-Run Studies*. Meski belum optimal, penerapan *tools* dalam *lean construction* berdampak positif terhadap frekuensi *non-physical waste* dan meningkatkan efisiensi serta kualitas proyek.

Kata kunci: *Lean construction, Lean construction tools, Metode borda, Non-physical waste.*

Diterima Redaksi : 2024-08-27 | Selesai Revisi : 2024-09-13 | Diterbitkan Online : 2025-03-03



1. Pendahuluan

Industri konstruksi di dunia saat ini sedang menghadapi banyak tantangan terutama terkait dengan *waste* termasuk di Indonesia. Peningkatan standar hidup, tuntutan kualitas tinggi dari pengguna jasa, dan kompetisi yang semakin ketat menyebabkan jumlah *waste* meningkat signifikan, sekitar 2% hingga 3% setiap tahun [1]. Hal ini berdampak pada penurunan produktivitas dan kinerja proyek konstruksi secara keseluruhan [2].

Dalam sebuah proyek konstruksi, *Waste* tidak hanya terkait dengan pemborosan material (*physical waste*) tetapi juga mencakup aktivitas lain yang tidak memberi nilai tambah seperti perbaikan, waktu tunggu, dan keterlambatan (*non-physical waste*) [3]. Berbeda dengan *physical waste* yang mudah dideteksi dan dikelola, *non-physical waste* sering kali sulit dikenali karena sifatnya yang tidak terlihat, menyebabkan pemborosan waktu dan biaya secara tidak langsung [4] [5].

Pada tahun 1998, Taichi Ohno mengembangkan konsep “*Muda*”, yang merupakan daftar *non-physical waste* yang berasal dari Jepang dan telah berkembang berdasarkan temuan-temuan dari peneliti sebelumnya [6][7]. Variabel *non-physical waste* yang teridentifikasi meliputi *defect, waiting, overproduction, inappropriate processing, unnecessary motion, transportation, unnecessary inventory, unused employee creativity, work accident* [4],[8],[9],[10],[11], dan [12].

Namun, dalam industri konstruksi, sebagian besar studi dan praktik lebih berfokus pada pengelolaan *physical waste*, sehingga terdapat kekurangan informasi untuk mengidentifikasi dan mengatasi *non-physical waste* pada suatu proyek konstruksi. Selain itu, penelitian yang ada sering kali belum sampai pada tahap memberikan rekomendasi pencegahan untuk menangani variabel *non-physical waste*. Oleh karena itu diperlukan sebuah upaya lebih lanjut dalam mengatasi permasalahan ini, salah satunya adalah melalui penerapan *lean construction* yang merupakan konsep manajemen proyek bertujuan untuk mengurangi *waste* seminimal mungkin dan meningkatkan nilai (*value*) semaksimal mungkin [13]. *Lean construction* juga bertujuan untuk mengatasi tantangan pada industri konstruksi seperti hilangnya produktivitas [14] serta mengoptimalkan pelaksanaan sebuah proyek konstruksi [15].

Berdasarkan permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam mengenai *non-physical waste* untuk mengoptimalkan efisiensi proyek secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *non-physical waste* yang terdapat pada proyek gedung Rumah Sakit X, menganalisis variabel paling dominan beserta faktor penyebabnya, serta memberikan rekomendasi pencegahan yang dapat diterapkan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperluas pemahaman tentang penerapan *lean construction* dalam mengatasi *non-physical waste* dan

memberikan kontribusi yang berarti dalam meningkatkan efisiensi serta kualitas proyek konstruksi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *mixed methods*. *Mixed Methods* merupakan suatu pendekatan yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif dalam proses penelitian, termasuk pada tahap pengumpulan data. Sementara itu, kajian model campuran mencampurkan kedua pendekatan tersebut dalam setiap tahap proses penelitian. [16]

2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: identifikasi masalah di lapangan dan studi literatur, pengumpulan data di lapangan, analisis data dan pembahasan, serta diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

2.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan gedung rumah sakit X yang berlokasi di Jakarta Timur. Sedangkan untuk waktu penelitian dilakukan saat peneliti melakukan kegiatan magang industri selama 4 bulan dimulai dari Februari 2024 – Juni 2024

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui:

1. Observasi Lapangan, dilakukan untuk mengidentifikasi variabel *non-physical waste* yang terjadi selama proyek berlangsung. Data yang diperoleh berupa dokumentasi terkait *non-physical waste*
2. Kuesioner, dilakukan untuk mendapatkan data terkait dengan *critical non-physical waste* yang terjadi beserta faktor penyebabnya menggunakan skala prioritas. Total responden berjumlah 30 orang
3. Wawancara untuk mendapatkan gambaran yang jelas dan mendetail mengenai berbagai aspek dari penerapan *lean construction* dalam proyek X. Narasumber merupakan *QC manager* serta *Site engineer manager*

2.4. Metode Analisis

Analisis data dilakukan menggunakan metode Borda, yang diperkenalkan oleh Jean Charles de Borda pada abad ke-18. Metode ini digunakan untuk menentukan alternatif terbaik dari beberapa opsi dengan cara yang melibatkan pengambilan keputusan melalui kuesioner. Borda menggabungkan berbagai pendapat atau persepsi menjadi satu keputusan kelompok yang disepakati bersama. Setiap pengambil keputusan memberikan peringkat pada setiap alternatif, di mana alternatif dengan peringkat pertama mendapatkan (n-1) poin, peringkat kedua (n-2) poin, dan seterusnya hingga peringkat terakhir mendapatkan 0 poin. Alternatif dengan total poin tertinggi dianggap sebagai pilihan

terbaik poin tertinggi akan dianggap sebagai keputusan terbaik [17].

$$bi = \sum k N - rik$$

keterangan :

Bi = Jumlah poin yang diterima setiap alternatif

N = Jumlah alternatif

rik = peringkat alternatif

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Responden

Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mengidentifikasi *critical non-physical waste* yang terjadi pada proyek Pembangunan Gedung RS X, serta faktor penyebabnya. Responden kuesioner mencakup pihak-pihak yang terlibat langsung dalam pelaksanaan di lapangan, seperti *Engineer*, bagian Operasional, *QA/QC*, dan Konsultan Pengawas, dengan total responden sebanyak 30 orang yang terlibat dalam penelitian ini.

Berikut tabel data karakteristik responden berdasarkan jabatan dan pengalaman bekerja

Tabel 1 Karakteristik Responden Berdasarkan Jabatan Kerja

No	Jabatan	Jumlah
1	Staf <i>Engineer</i>	9
2	<i>Site Engineer Manager</i>	2
3	<i>QA/QC</i>	7
4	Pelaksana	4
5	<i>Site Operational Manager</i>	2
6	Konsultan MK	6
Jumlah		30

Tabel 2 Karakteristik Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja

No	Pengalaman	Jumlah
1	0-5 Tahun	12
2	6-10 Tahun	15
3	11-15 Tahun	2
4	>15 Tahun	1
Jumlah		30

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, mayoritas responden dalam penelitian ini adalah staf *engineer* sebanyak 9 orang, sementara sebagian besar responden memiliki pengalaman kerja 6-10 tahun sebanyak 15 orang.. Pemilihan responden ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa setiap individu memiliki kapabilitas dalam mengidentifikasi dan mengelola *non-physical waste*. Pekerja lapangan tidak dilibatkan dalam penelitian ini karena fokusnya adalah pada perspektif manajerial, yang dianggap lebih relevan untuk mencapai tujuan penelitian.

3.2. Data dan Hasil Observasi

Berdasarkan hasil observasi selama di lapangan dapat dikatakan bahwa variabel yang paling banyak dijumpai adalah variabel *defect* dan *waiting*.



Gambar 1 Contoh *defect* di lapangan (*Major Honeycomb* pada dinding lantai basement)



Gambar 2 Contoh *defect* di lapangan (Material *spunpile* mengalami retak karena terjatuh dari truk)



Gambar 3 Contoh *waiting* di lapangan (*Concrete Pump* mengalami *trouble* sehingga pengecoran tertunda)



Gambar 4 Contoh *waiting* di lapangan (Alat *HSPD* kehabisan material *spunpile* sehingga pekerjaan pemancangan tertunda)

Dari gambar 1, dan gambar 2, terlihat bahwa *Defect* yang muncul mencakup kesalahan dalam pekerjaan yang memerlukan perbaikan ulang, kerusakan pada material yang dapat berpotensi menimbulkan *defect*. Sedangkan dari gambar 3, dan gambar 4, menunjukkan bahwa *waiting* melibatkan waktu tunggu yang tidak produktif selama proses konstruksi.

3.3. Hasil Analisis Metode Borda

Data kuesioner yang didapat kemudian akan dianalisis menggunakan metode borda untuk mendapat peringkat dari setiap *non-physical waste* beserta faktor penyebabnya.

Tabel 3 Hasil pemeringkatan *non-physical waste* berdasarkan frekuensinya.

Peringkat	Variabel <i>Non-Physical Waste</i>	Poin
1	<i>Waiting</i> (Menunggu)	0,204
2	<i>Defect</i> (Cacat)	0,180
3	<i>Inappropriate Processing</i> (Proses yang tidak tepat)	0,174
4	<i>Overproduction</i> (Kelebihan Produksi)	0,120
5	<i>Transportation</i> (Transportasi)	0,105
6	<i>Unnecessary Inventory</i> (Persediaan yang tidak perlu)	0,100
7	<i>Unnecessary Motion</i> (Gerakan yang tidak perlu)	0,075
8	<i>Unused Employee Creativity</i> (Ide yang terbuang)	0,034
9	<i>Work Accident</i> (Kecelakaan Kerja)	0,008

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis menggunakan metode borda menunjukkan bahwa *non-physical waste* yang paling dominan adalah *waiting* dengan bobot 0,204 yang kemudian diikuti oleh *defect* pada peringkat kedua dengan bobot 0,180.

Tabel 4 Faktor penyebab variabel *waiting*

Variabel	Faktor	Penilaian				Jumlah	Poin
		1	2	3	4		
<i>Waiting</i>	Terjadi perubahan pada desain awal	12	16	2	0	70	0,389
	Kehabisan material di lokasi	1	2	7	20	14	0,078
	Proses <i>approval</i> yang lambat dari pihak-pihak terkait	17	9	2	2	71	0,394
	Peralatan rusak	0	3	19	8	25	0,139

Tabel 5 Faktor penyebab variabel *defect*

Variabel	Faktor	Penilaian				Jumlah	Poin
		1	2	3	4		
<i>Defect</i>	Material yang tidak sesuai standar mutu	1	4	6	19	17	0,094
	Kurangnya pengawasan	15	9	5	1	68	0,378
	Kecerobohan saat pelaksanaan	3	10	10	7	39	0,217
	Kesalahan dalam metode kerja	11	7	9	3	56	0,311

Dari Tabel 4 dan Tabel 5, didapat hasil analisis borda terkait faktor penyebab *non-physical waste* untuk variabel *waiting* disebabkan oleh proses *approval* yang lambat dari pihak-pihak terkait sedangkan untuk variabel *defect* disebabkan oleh kurangnya pengawasan di lapangan.

3.4. Data dan Hasil Wawancara

Berdasarkan wawancara dengan beberapa narasumber terkait, dapat disimpulkan bahwa proyek RS X sudah menerapkan seluruh *lean tools* walaupun belum semuanya diterapkan secara maksimal. *Lean tools* yang

diterapkan meliputi *last planner system*, *increased visualization*, *first run studies*, *daily huddle meetings*, *5S*, dan *fail-safe for quality*.

Tantangan utama dalam penerapan *lean construction* adalah mengubah mindset dari konsep konstruksi tradisional ke pendekatan *lean*. Selain itu, proyek ini dikelola oleh dua perusahaan, yang menambah kesulitan koordinasi dan kolaborasi dalam operasional. Hal ini membuat adaptasi terhadap perubahan dan komunikasi aktif menjadi sangat penting untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut. Meskipun demikian, penerapan *lean construction* telah memberikan dampak positif bagi proyek, seperti pengurangan keterlambatan, percepatan proses pengadaan dan persetujuan, serta minimisasi *non-physical waste*.

3.5 Rekomendasi Pencegahan *Non-Physical waste*

Berikut adalah rekomendasi pencegahan terkait *non-physical waste* dengan *lean construction* untuk variabel *waiting* dan *defect*

1. *Waiting* (*approval* yang lambat)

Untuk menangani masalah *waiting* yang disebabkan oleh lambatnya *approval* dari pihak terkait adalah dengan menerapkan pendekatan *lean* serta *tools*-nya meliputi:

a. *Specivy value*

Menentukan nilai utama dari proses persetujuan yang cepat dan efisien. Proses persetujuan adalah bagian penting dari aliran kerja yang harus dilakukan seefisien mungkin untuk menghindari penundaan. Dalam *Lean* proses menjadi *concern* utama karena tanpa proses yang cepat, pelaksanaan proyek dapat terhambat

b. *Value stream mapping*

Memetakan seluruh alur persetujuan dari awal hingga akhir untuk mengidentifikasi *bottleneck* (titik kemacetan) dan langkah-langkah yang tidak memberi nilai tambah. Sehingga kita bisa melihat di mana proses terhambat dan menghilangkan atau memperbaiki bagian tersebut untuk mempercepat alur kerja.

Lean tools yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

a. Implementasi *Last planner system*

Last planner system dapat meningkatkan koordinasi dan komunikasi antar tim, sehingga mempercepat proses *approval*. LPS membantu dalam merencanakan dan menjadwalkan pekerjaan dengan lebih efektif, memastikan semua pihak yang terlibat memiliki pemahaman yang sama dan tanggung jawab yang jelas.

b. *Daily huddle meetings*

Mengadakan pertemuan harian singkat untuk membahas status dan kendala yang ada. Dalam pertemuan ini, isu-isu yang memerlukan *approval* dapat segera diidentifikasi dan ditangani secara cepat.

2. *Defect* (kurangnya pengawasan)

Untuk mengatasi masalah defect yang disebabkan oleh kurangnya pengawasan, langkah-langkah yang dapat diambil meliputi:

a. *Value stream mapping*

Value stream mapping membantu menganalisis proses kerja untuk menemukan di mana *defect* terjadi dan bagaimana mengatasinya. Dengan berfokus pada tahap-tahap yang sering menyebabkan kesalahan, pendekatan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya *defect*.

b. *Flow*

Pendekatan ini bertujuan memastikan aliran kerja yang lancar tanpa hambatan yang dapat menyebabkan *defect*. Pengawasan yang baik berperan penting dalam menjaga kelancaran aliran kerja dan mengurangi potensi terjadinya kesalahan.

Lean tools yang dapat diterapkan meliputi :

a. *First-run studies*

Melakukan studi dan uji coba pertama pada pekerjaan atau proses baru untuk memastikan kualitas dan mengidentifikasi potensi masalah sebelum pekerjaan dilanjutkan

b. *Fail-safe for quality*

Menerapkan sistem fail-safe untuk kualitas yang memastikan bahwa pekerjaan yang tidak memenuhi standar kualitas tidak dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis serta pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan: Setiap variabel pada dasarnya terjadi dalam pelaksanaan di lapangan namun dibedakan oleh tingkatan besaran frekuensi masing-masing. Hasil observasi menunjukkan bahwa variabel yang paling banyak ditemui di lapangan adalah *defect* dan *waiting*. *Non-physical waste* dengan bobot tertinggi adalah *waiting* dengan bobot 0,204 yang disebabkan oleh proses *approval* yang lambat dari pihak terkait dan *defect* dengan bobot 0,180 disebabkan oleh kurangnya pengawasan di lapangan. Sementara untuk rekomendasi pencegahan yang dapat diterapkan dengan menggunakan pendekatan konsep *lean construction*, untuk variabel *waiting* adalah *specify value* dan *value stream mapping*, *tools* yang dapat direkomendasikan meliputi implementasi *last planner system* yang optimal, serta *Daily huddle meetings*,. Untuk variabel *defect* pendekatan lean yang dapat digunakan meliputi *value stream* dan *flow*, *tools* yang direkomendasikan adalah *first run studies*, *fail and safe for quality*. Temuan ini memperluas pemahaman tentang penerapan *lean construction* dengan memberikan solusi praktis dan spesifik untuk mengatasi *non-physical waste*, serta menawarkan pendekatan yang lebih terperinci dan aplikatif dalam konteks proyek konstruksi.

Daftar Rujukan

- [1] A. Nursin, Y. Latief, and I. Abidin, "Pertumbuhan Barang Sisa Konstruksi (Construction Waste) Di Indonesia," *Politeknologi*, vol. 13, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [2] M. G. Tamallo and A. Nursin, "Evaluasi Non-Physical Waste Dengan Lean Construction Pada Proyek Gedung Sanggala," *PROKONS Jur. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 2, p. 12, 2020, doi: 10.33795/prokons.v14i2.294.
- [3] S. Alwi, K. Hampson, and S. Mohamed, "Waste in the Indonesian Construction Project," *Proc. 1st Int. Conf. CIB W107 – Creat. a Sustain. Constr. Ind. Dev. Ctries.*, no. January 2002, pp. 305–315, 2002.
- [4] S. Nagapan, I. Abdul Rahman, and A. Asmi, "Factors Contributing to Physical and Non-Physical Waste Generation in Construction Industry," *Int. J. Adv. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 1, 2012, doi: 10.11591/ijaas.v1i1.476.
- [5] Aleksandrova Hasiyana, "REDUCTION OF NON-PHYSICAL WASTE ON CONSTRUCTION SITES USING RESOURCE MANAGEMENT Master Thesis of Construction Management, 4 th Semester Hasiyana Aleksandrova and Egle Eismontaite," 2020.
- [6] J. Alieva and R. von Haartman, "Digital Muda - The new form of waste by Industry 4.0," *Oper. Supply Chain Manag.*, vol. 13, no. 3, pp. 269–278, 2020, doi: 10.31387/OSCM0420268.
- [7] M. S. Bajjou and A. Chafi, "Identifying and Managing Critical Waste Factors for Lean Construction Projects," *EMJ - Eng. Manag. J.*, vol. 32, no. 1, pp. 2–13, 2020, doi: 10.1080/10429247.2019.1656479.
- [8] L. Koskela, "An exploration towards a production theory and its application to construction," *VTT Publ.*, no. 408, 2000.
- [9] W. S. Ho, S. T. Tan, H. Hashim, J. S. Lim, and C. T. Lee, "Waste Management Pinch Analysis (WAMPA) for Carbon Emission Reduction," *Energy Procedia*, vol. 75, no. December, pp. 2448–2453, 2015, doi: 10.1016/j.egypro.2015.07.213.
- [10] M. S. Bajjou, A. Chafi, and A. En-Nadi, "A comparative study between lean construction and the traditional production system," *Int. J. Eng. Res. Africa*, vol. 29, pp. 118–132, 2017, doi: 10.4028/www.scientific.net/JERA.29.118.
- [11] M. S. Bajjou and A. Chafi, "The potential effectiveness of lean construction principles in reducing construction process waste: An input-output model," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 12, no. December, pp. 4141–4160, 2018, doi: 10.15282/jmes.12.4.2018.12.0358.
- [12] M. A. M. Fateh and N. A. Sulaiman, "Preliminary study on awareness of the lean concept from the non-physical waste perspective," *Malaysian Constr. Res. J.*, vol. 14, no. 3 Special issue, pp. 12–26, 2021.
- [13] M. J. Maraqa, R. Sacks, and S. Spatari, "Strategies for reducing construction waste using lean principles," *Resour. Conserv. Recycl. Adv.*, vol. 19, no. August, p. 200180, 2023, doi: 10.1016/j.rcradv.2023.200180.
- [14] M. Aslam, Z. Gao, and G. Smith, "Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction," *J. Clean. Prod.*, vol. 277, p. 123295, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123295.
- [15] L. Eta, G. Mirayudia, I. Bagus, P. Bintana, and I. G. A. P. Dewi, "ANALISIS METODE LEAN CONSTRUCTION DAN PENJADWALAN CCPM DALAM MEREDUKSI NONPHYSICAL CONSTRUCTION WASTE (Studi Kasus : Proyek Pembuatan Gedung PKP-PK di Bandara I Gusti Ngurah Rai)," 2021.
- [16] R. Justan, Margiono, A. Aziz, and Sumiati, "Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)," *Bandung Alf.*, vol. 3, no. 2, pp. 253–263, 2023.
- [17] H. L. Wang, C. W & Leung, "A secure and fully private borda voting protocol with universal verifiability. s.l., COMPSAC," 2004.