

PERAN *LEAN CONSTRUCTION* DALAM MENINGKATKAN *SUSTAINABLE PROJECT PERFORMANCE* MELALUI *CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT* PADA PROYEK GEDUNG DI KOTA MEDAN

Ormuz FIRDAUS¹, Rikson Kurniawan TANDELILIN^{1*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung, Bangka, Indonesia

*Email korespondensi: rikson-kurniawan@ubb.ac.id

[diterima: 15 Mei 2026, disetujui: 23 Juni 2026]

ABSTRACT

The construction industry still faces issues like projects taking longer than planned, spending more money than expected, using resources in a not efficient way, and not meeting sustainability goals. Lean construction is commonly known as a good method to reduce waste and make projects more successful. This study looks into how lean construction methods affect the sustainability of building projects in Medan City, Indonesia. A quantitative method was used, which involved surveying contractors who work on building construction projects. Data was gathered using detailed questionnaires and then examined with Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS SEM). Lean construction was shown through Process and Technology Lean Practices, People and Culture Lean Practices, and Integrated Project Delivery. Sustainable Project Performance was checked by looking at economic, environmental, and social aspects. The findings show that PTLP, PCLP, and IPD have a positive and significant effect on sustainable project performance. The structural model accounts for 65.6% of the variation in how well sustainable projects perform ($R^2 = 0.656$) and explains 33.7% of the variation in how construction waste is managed ($R^2 = 0.337$). The model shows a good fit with an SRMR value of 0.073. Furthermore, managing construction waste plays a key role in connecting PTLP with SPP, showing that good waste reduction methods help improve sustainability results.

Keywords: Building construction projects, construction waste management, lean construction, PLS SEM, sustainable project performance.

INTISARI

Industri konstruksi masih mengalami berbagai masalah seperti proyek yang tertunda, biaya yang terus meningkat, penggunaan sumber daya yang tidak efisien, serta pencapaian di bidang keberlanjutan yang masih rendah. *Lean construction* berkembang sebagai cara manajemen yang dapat mengurangi pemborosan dan meningkatkan kinerja proyek secara berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan cara melakukan survei kepada kontraktor yang bertugas mengerjakan proyek konstruksi bangunan. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang sudah disusun secara rapi dan dianalisis menggunakan metode *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS SEM). *Lean construction* terdiri dari tiga variabel, yaitu *Process and Technology Lean Practices* (PTLP), *People and Culture Lean Practices* (PCLP), dan *Integrated Project Delivery* (IPD). Sementara itu, *Sustainable Project Performance* (SPP) dinilai melalui tiga aspek, yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial. Penelitian menunjukkan bahwa PTLP, PCLP, dan IPD memiliki dampak yang baik dan nyata terhadap SPP. Model struktural dapat menjelaskan sebanyak 65,6% perubahan dalam SPP dengan nilai $R^2 = 0,656$, serta 33,7% perubahan dalam *construction waste management* dengan nilai $R^2 = 0,337$. Nilai SRMR sebesar 0,073 menunjukkan model tersebut memiliki kesesuaian yang cukup baik. Selain itu, pengelolaan sampah konstruksi terbukti secara nyata memediasi hubungan antara PTLP dan SPP dalam menggunakan sumber daya, mengurangi *construction waste* yang dihasilkan dalam konstruksi serta memperkuat kerja sama antar pihak yang terlibat.

Kata kunci: *Construction waste management*, *lean construction*, PLS SEM, proyek konstruksi gedung, *sustainable project performance*.

PENDAHULUAN

Industri konstruksi di Indonesia, termasuk di Kota Medan, terus mengalami pertumbuhan seiring meningkatnya pembangunan gedung dan infrastruktur. Sektor konstruksi memberikan kontribusi sebesar 10,43% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada Triwulan IV tahun 2024, yang menunjukkan pentingnya sektor ini dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional (Badan Pusat Statistik [BPS], 2025). Namun demikian, industri konstruksi masih menghadapi berbagai tantangan seperti keterlambatan proyek, pembengkakan biaya, rendahnya produktivitas, konflik antar *stakeholder*, serta permasalahan keberlanjutan lingkungan.

Menurut Elkington (1998) dalam Doloi dkk. (2012), lemahnya pengelolaan proyek, perubahan desain, keterlambatan material, dan kurangnya koordinasi antar pihak proyek menjadi penyebab utama keterlambatan proyek konstruksi. Selain itu, Flyvbjerg dkk. (2003) menjelaskan bahwa *cost overrun* merupakan permasalahan umum dalam proyek konstruksi akibat ketidakakuratan estimasi biaya dan rendahnya efektivitas pengendalian proyek.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah *lean construction*, yaitu metode manajemen konstruksi yang berfokus pada pengurangan pemborosan (*waste reduction*), peningkatan nilai tambah, dan optimalisasi proses konstruksi (dalam Kent & Becerik, 2010). *Lean construction* mengadopsi prinsip *lean manufacturing* melalui *continuous improvement*, *just in time*, *collaborative planning*, dan *integrated project delivery* untuk meningkatkan produktivitas proyek (Koskela, 1992). Penerapan *lean construction* terbukti mampu meningkatkan efisiensi waktu, kualitas pekerjaan, dan produktivitas proyek konstruksi di berbagai negara (Alarcón dkk., 2008). Selain itu, Salem dkk. (2006) menyatakan bahwa *lean construction* dapat meningkatkan *workflow reliability* serta mengurangi aktivitas *non-value added* dalam proyek konstruksi.

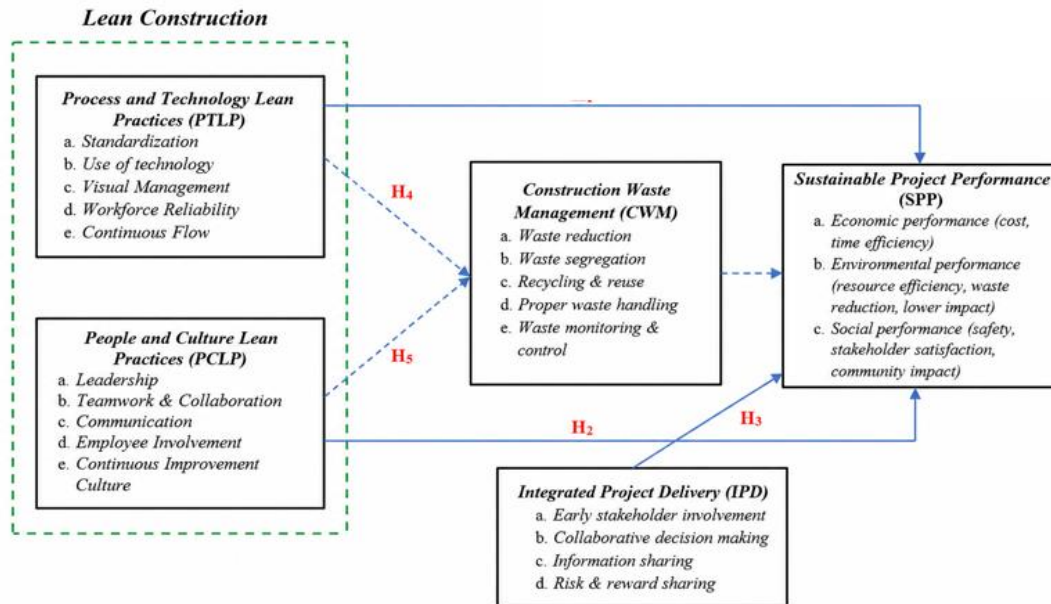
Dalam konteks konstruksi berkelanjutan, *lean construction* tidak hanya berorientasi pada aspek ekonomi, tetapi juga mendukung aspek lingkungan dan sosial melalui pengurangan limbah material, efisiensi sumber daya, serta peningkatan kolaborasi antar *stakeholder* proyek (Solaimani & Sedighi, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *lean construction* terhadap *sustainable project performance* pada proyek konstruksi gedung di Kota Medan.

Penelitian ini memfokuskan *lean construction* pada dimensi *process and technology practices*, *people and culture practices*, serta *integrated project delivery* terhadap *sustainable project performance* yang diukur berdasarkan indikator ekonomi, lingkungan, dan sosial. Metode yang digunakan adalah *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS SEM) dengan bantuan *software* SmartPLS untuk menganalisis hubungan antar variabel penelitian. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi kontraktor dan manajer proyek dalam meningkatkan kinerja proyek konstruksi yang lebih efisien dan berkelanjutan di Kota Medan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei melalui penyebaran kuesioner untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan berdasarkan model konseptual penelitian (Hair dkk., 2018). Seperti pada Gambar 1, model konseptual tersebut menggambarkan hubungan antara *lean construction*, *construction waste management*, dan *sustainable project performance* pada proyek konstruksi gedung di Kota Medan.

Pengumpulan data penelitian dilakukan menggunakan teknik *simple random sampling* dengan menyebarkan sebanyak 185 kuesioner kepada para profesional konstruksi yang terlibat dalam proyek pembangunan gedung di Kota Medan pada tahun 2026. Responden penelitian meliputi *project manager*, *site*



Gambar 1. Model kerangka penelitian

engineer, office engineer, serta staf teknis lainnya yang memiliki pengalaman dalam pengelolaan proyek konstruksi gedung.

Berdasarkan hasil karakteristik responden pada Tabel 1, sebagian besar responden memiliki pengalaman kerja profesional lebih dari 10 tahun, yang menunjukkan bahwa responden memiliki pemahaman dan pengalaman yang memadai dalam praktik manajemen proyek konstruksi. Selain itu, mayoritas responden berasal dari *posisi project management, site engineering, dan office engineering*, sehingga dapat dinilai mampu merepresentasikan kondisi aktual penerapan *lean construction* pada proyek konstruksi gedung di Kota Medan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Model Pengukuran

Hasil model pengukuran yang telah diolah akan menghasilkan nilai *outer loading*, yang digunakan untuk mengetahui korelasi antara indikator dengan variabel laten. Seperti yang terlihat pada Tabel 2, seluruh nilai *outer loading* telah melebihi batas minimum yang direkomendasikan (0,70). Hal ini menunjukkan bahwa seluruh indikator mampu merepresentasikan konstraknya dengan baik. Selain

itu, *Average Variance Extracted (AVE)* untuk seluruh variabel berada di atas 0,50, sehingga mengonfirmasi terpenuhinya validitas konvergen (Ringle dkk., 2020).

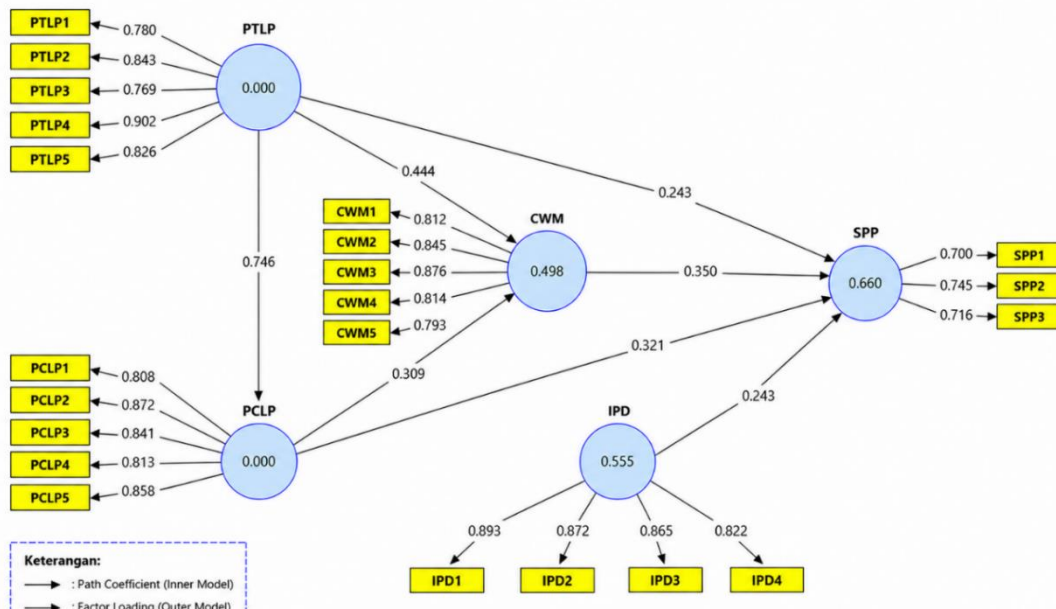
Nilai *Cronbach's Alpha* dan *Composite Reliability* pada seluruh konstruk juga telah melampaui nilai minimum yang direkomendasikan (0,70). Ini menunjukkan adanya konsistensi internal dan reliabilitas konstruk yang baik. Selain itu, seluruh indikator pada konstruk PTLP, PCLP, CWM, SPP dan IPD memiliki nilai statistik *t* yang signifikan pada tingkat signifikansi 5% ($p < 0,05$). Hal ini dapat menunjukkan bahwa seluruh indikator memiliki relevansi yang signifikan dalam menjelaskan konstruk penelitian. Sehingga, model pengukuran penelitian dinilai dapat digunakan. Hasil *outer model* yang dikeluarkan oleh aplikasi PLS SEM sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.

Evaluasi Model Struktural

Evaluasi model struktural penelitian dilakukan untuk menguji tingkat kolinearitas, kemampuan prediktif, serta kesesuaian model penelitian. Pengujian *predictive relevance* menunjukkan bahwa model PLS SEM memiliki kemampuan prediksi yang baik karena

Tabel 1. Karakteristik responden penelitian

Kategori	Frekuensi	Persentase
Pengalaman Kerja		
1 – 5 Tahun	42	22,7
6 – 10 Tahun	34	18,4
11 – 15 Tahun	67	36,2
> 16 Tahun	42	22,7
Latar Belakang Pendidikan		
Doktor (S3)	5	2,7
Magister (S2)	68	36,8
Sarjana (S1)	112	60,5
Posisi atau Jabatan Pekerjaan		
Site Engineer / Construction Engineer	46	24,9
Office Engineer	28	15,1
Project Manager	92	49,7
Lainnya	19	10,3



Gambar 2. Hasil output model pengukuran (outer model)

menghasilkan nilai kesalahan prediksi yang lebih rendah dibandingkan model pembandingan (*naïve linear model benchmark*). Selain itu, nilai *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR) pada model penelitian sebesar 0,073 berada di bawah batas maksimum 0,08, sehingga model penelitian memiliki tingkat *goodness of fit* yang baik dan layak digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Selain itu, hubungan tidak langsung antara *People/Culture Lean Construction Principles* dan *Sustainable Project Performance* melalui *Construction Waste Management* (PCLP >

CWM > SPP) juga menunjukkan hasil yang signifikan dengan nilai $\beta = 0.104$, $t = 2.737$, dan $p < 0.05$. Pengaruh langsung PCLP terhadap SPP juga signifikan ($\beta = 0.276$, $t = 3.491$, $p < 0.05$). Dengan demikian, hasil penelitian ini juga mengindikasikan adanya *complementary partial mediation* antara PCLP dan SPP melalui CWM.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Process and Technology Lean Practices* (PTLP), *People and Culture Lean Practices* (PCLP), dan *Integrated Project Delivery* (IPD)

Tabel 2. Nilai *outer loading*, *ave*, dan reliabilitas konstruk (*outer model*)

<i>Measures</i>	<i>Outer Loading</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Composite Reliability (rho a)</i>	<i>Composite Reliability (rho c)</i>	<i>AVE</i>
<i>Process and Technology Lean Practices (PTLP)</i>		0,887	0,891	0,918	0,691
PTLP ₁	0,780				
PTLP ₂	0,843				
PTLP ₃	0,769				
PTLP ₄	0,902				
PTLP ₅	0,826				
<i>People and Culture Lean Practices (PCLP)</i>		0,874	0,879	0,909	0,668
PCLP ₁	0,808				
PCLP ₂	0,872				
PCLP ₃	0,841				
PCLP ₄	0,813				
PCLP ₅	0,858				
<i>Integrated Project Delivery (IPD)</i>		0,869	0,877	0,910	0,745
IPD ₁	0,893				
IPD ₂	0,872				
IPD ₃	0,865				
IPD ₄	0,822				
<i>Construction Waste Management (CWM)</i>		0,852	0,861	0,894	0,629
CWM ₁	0,812				
CWM ₂	0,845				
CWM ₃	0,876				
CWM ₄	0,814				
CWM ₅	0,793				
<i>Sustainable Project Performance (SPP)</i>		0,781	0,792	0,873	0,696
SPP ₁	0,700				
SPP ₂	0,745				
SPP ₃	0,716				

Tabel 3. Uji hipotesis

Hipotesis	Path (β)	Confidance Interval 95%	Standard Deviation	t-value	p-value	Kesimpulan
H ₁ : PTLP > SPP	0.243	[0.135, 0.372]	0.060	4.059	0.001	Diterima
H ₂ : PCLP > SPP	0.321	[0.184, 0.447]	0.071	4.521	0.042	Diterima
H ₃ : IPD > SPP	0.243	[0.121, 0.356]	0.058	4.188	0.004	Diterima
H ₄ : PTLP > CWM > SPP	0.444	[0.287, 0.563]	0.074	5.998	0.009	Diterima
H ₅ : PCLP > CWM > SPP	0.309	[0.176, 0.428]	0.069	4.477	0.013	Diterima
Direct Effect						
H ₁ : PTLP > SPP	0.312	[0.145, 0.471]	0.081	3.852	0.000	Diterima
H ₂ : PCLP > SPP	0.276	[0.094, 0.418]	0.079	3.491	0.001	Diterima
H ₃ : IPD > SPP	0.241	[0.072, 0.389]	0.085	2.835	0.005	Diterima
H _{4a} : PTLP > CWM	0.428	[0.221, 0.587]	0.094	4.553	0.000	Diterima
H _{4b} : CWM > SPP	0.297	[0.118, 0.446]	0.083	3.578	0.000	Diterima
H _{5a} : PCLP > CWM	0.351	[0.162, 0.503]	0.088	3.989	0.000	Diterima

Tabel 3. Uji hipotesis (lanjutan)

Hipotesis	Path (β)	Confidance Interval 95%	Standard Deviation	t-value	p-value	Kesimpulan
Direct Effect						
H ₁ : PTLP > SPP	0.312	[0.145, 0.471]	0.081	3.852	0.000	Diterima
H ₂ : PCLP > SPP	0.276	[0.094, 0.418]	0.079	3.491	0.001	Diterima
H ₃ : IPD > SPP	0.241	[0.072, 0.389]	0.085	2.835	0.005	Diterima
H _{4a} : PTLP > CWM	0.428	[0.221, 0.587]	0.094	4.553	0.000	Diterima
H _{4b} : CWM > SPP	0.297	[0.118, 0.446]	0.083	3.578	0.000	Diterima
H _{5a} : PCLP > CWM	0.351	[0.162, 0.503]	0.088	3.989	0.000	Diterima

berpengaruh positif dan signifikan terhadap *Sustainable Project Performance* (SPP). PTLP dan PCLP juga berpengaruh positif terhadap *Construction Waste Management* (CWM), yang terbukti memediasi secara parsial hubungan PTLP dan PCLP terhadap SPP. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi praktik *lean construction*, kolaborasi antar-pemangku kepentingan, dan pengelolaan limbah konstruksi yang efektif dapat meningkatkan kinerja proyek yang berkelanjutan. Namun, penelitian ini terbatas pada proyek gedung di Kota Medan dan berbasis persepsi responden. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas cakupan studi, meningkatkan jumlah responden, serta mempertimbangkan faktor lain seperti digitalisasi konstruksi, kapabilitas organisasi, dan dukungan regulasi

REFERENSI

- Alarcón, L. F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2008). Assessing the impacts of implementing lean construction. *Proceedings of the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 387–393.
- American Institute of Architects California Council. (2007). *Integrated project delivery: A guide*. AIACC.
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Indikator Konstruksi, Triwulan IV-2024*. URL: <https://www.bps.go.id/id/publication/2025/03/27/9bae1d4a4dd0b3cd7fb31ffd/in-dikator-konstruksi--triwulan-iv-2024.html> (diakses 17 Juni 2026)
- Doloi, H., Sawhney, A., Iyer, K. C., & Rentala, S. (2012). Analysing factors affecting delays in Indian construction projects. *International Journal of Project Management*, 30(4), 479–489. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.10.004>
- Elkington, J. (1998). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. New Society Publishers.
- Flyvbjerg, B., Holm, M. K. S., & Buhl, S. (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23(1), 71–88. <https://doi.org/10.1080/01441640309904>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2018). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (2nd ed.). Sage Publications.
- Kent, D. C., & Becerik, G. B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815–825. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000188](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000188)
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University.
- Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J. M. (2020). *SmartPLS 3*.

Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean construction: From theory to implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168–175.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:4\(168\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:4(168))

Sedighi, S. & Sedighi, M. (2020). Toward a holistic view on lean sustainable construction: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119213.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119213>