Strategi Manajemen Mitigasi Kerusakan Struktur Bangunan Akibat Penurunan Tanah pada Kajian Laik Fungsi

Rizky Iqbal Rahmatullah Saepudin Putra[1*], Adriadi[2], Chandra Afriade Siregar[3]
[1-3]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung, Indonesia

Corresponding Author's e-mail : *iqrasaputra19@gmail.com*

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada

Vol. 04, No. 10 Oktober, 2026

Page: 6918-6931

DOI:

https://doi.org/10.55681/armada.v4i10.4815

Article History:

Received: Agustus 21, 2026

Revised: September 10, 2026

Accepted: Oktober 19, 2026

Abstract : *The phenomenon of land subsidence poses a serious threat to the functional suitability of buildings as it can cause structural and infrastructure damage. This study examines a mitigation strategy model for structural damage caused by land subsidence to support the issuance of the Certificate of Functional Suitability (Sertifikat Laik Fungsi or SLF) for buildings. This research employs an explanatory quantitative approach utilizing primary data gathered from 80 expert respondents, each possessing over 8 years of experience. Data analysis began with validity and reliability testing using SPSS, followed by hypothesis testing using Structural Equation Modeling (SEM) via SmartPLS 4.0. Out of a total of 25 hypotheses, 7 significant relationships were identified. The Involvement of Expert Personnel (X5) proved to be the strongest predictor, significantly influencing Building Arrangement (Y1), Safety (Y2), Health (Y3), and Comfort (Y4) aspects. Additionally, Technical Regulation Standards (X4) significantly affected Safety (Y2) and Convenience (Y5) aspects, while Government Laws and Regulations (X1) influenced the Comfort aspect (Y4). Overall, structural damage mitigation strategies against land subsidence effectively enhance SLF achievements when supported by optimal expert competence, appropriate technical standards, and strong government regulations.*

Keywords : *Land Subsidence; Structural Damage Mitigation; Functional Suitability Of Buildings*

Abstrak : Fenomena penurunan tanah (land subsidence) menjadi ancaman serius terhadap kelaikan fungsi bangunan gedung karena dapat menyebabkan kerusakan struktur dan infrastruktur. Penelitian ini mengkaji model strategi mitigasi kerusakan struktur akibat land subsidence guna mendukung perolehan Sertifikat Laik Fungsi (SLF) bangunan gedung. Pendekatan penelitian menggunakan metode kuantitatif eksplanatori dengan data primer dari 80 responden ahli yang berpengalaman lebih dari 8 tahun. Analisis data diawali dengan uji validitas serta reliabilitas menggunakan SPSS, dilanjutkan pengujian hipotesis menggunakan metode Structural Equation Modeling (SEM) melalui SmartPLS 4.0. Dari total 25 hipotesis, teridentifikasi 7 hubungan yang signifikan. Keterlibatan Tenaga Ahli (X5) terbukti menjadi prediktor paling kuat karena berpengaruh signifikan terhadap Aspek Tata Bangunan (Y1), Keselamatan (Y2), Kesehatan (Y3), dan Kenyamanan (Y4). Selain itu, Standar Peraturan Teknis (X4) berpengaruh signifikan terhadap Aspek Keselamatan (Y2) dan Kemudahan (Y5), sementara Peraturan dan Regulasi Pemerintah (X1) berpengaruh terhadap Aspek Kenyamanan (Y4). Secara keseluruhan,

strategi mitigasi kerusakan struktur akibat land subsidence efektif meningkatkan capaian SLF apabila didukung kompetensi tenaga ahli optimal, standar teknis yang tepat, serta regulasi pemerintah yang kuat.

Kata Kunci : Penurunan Tanah; Mitigasi Kerusakan Struktur; Kelaikan Fungsi Bangunan

PENDAHULUAN

Penurunan tanah (*land subsidence*) merupakan fenomena turunnya elevasi permukaan tanah yang dipengaruhi oleh kondisi geologis serta aktivitas antropogenik. Fenomena ini terjadi akibat perubahan keseimbangan pada lapisan bawah permukaan yang memicu deformasi dan pemadatan tanah, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan, infrastruktur, dan lingkungan serta menghambat keberlanjutan wilayah (Sahu & Rawat, 2023; Sarah, 2022). Kondisi geologis merupakan salah satu faktor penyebab penurunan tanah, terutama pada wilayah yang didominasi oleh endapan aluvial yang masih mengalami proses konsolidasi, seperti di kawasan pesisir pantai (Sophian, 2010; Abidin et al., 2013; Suwarsito & Nirwansyah, 2017). Selain kondisi geologi, penurunan tanah juga disebabkan oleh faktor meningkatnya populasi, eksploitasi air tanah, pergerakan lempeng tektonik, beban bangunan, dan infrastruktur lain. Melihat dari sisi kebijakan pemerintahan, penanganan penurunan tanah memerlukan penerapan prinsip-prinsip tata kelola pemerintahan yang baik, seperti transparansi, akuntabilitas, partisipasi publik, efisiensi, dan perlindungan lingkungan sebagai landasan utama dalam perumusan dan pelaksanaan kebijakan (Herlambang et al., 2023). Beberapa negara seperti Jepang, Amerika Serikat, dan Thailand, menunjukkan bahwa penerapan teknologi yang didukung oleh regulasi yang kuat dapat secara efektif mengurangi risiko penurunan tanah. Oleh karena itu, upaya pencegahan dan mitigasi penurunan tanah perlu dilakukan melalui pendekatan terpadu yang mengombinasikan metode teknis dan kebijakan administratif (Sarah, 2022). Struktur bangunan yang rusak berdampak pada jaminan keselamatan dan kelaikan pemanfaatan gedung yang juga merupakan instrumen regulasi administratif Sertifikat Laik Fungsi (Harisun, 2013).

Selain itu, pada kerusakan bangunan gedung kondisi keandalan struktur menjadi faktor paling dominan dalam menentukan tingkat kerusakan bangunan, diikuti oleh aspek arsitektur, kelistrikan, mekanikal, tata letak eksterior, serta komponen bangunan secara umum. Kedepannya tingkat kerusakan bangunan dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan perbaikan (Rachim et al., 2025). Apabila keandalan struktur bangunan belum memenuhi ketentuan Undang-Undang Bangunan Gedung Nomor 28 Tahun 2002, kondisi tersebut menempatkan bangunan dalam kategori tidak andal serta direkomendasikan melakukan perbaikan, perkuatan, retrofitting, atau pembongkaran bangunan sesuai dengan tingkat kerusakan yang terjadi (Lutfi & Syaifullah, 2020). Kondisi ini secara langsung memengaruhi tingkat keandalan bangunan serta menurunkan jaminan keselamatan dan kelaikan pemanfaatan gedung yang juga merupakan persyaratan teknis dari kajian Sertifikat Laik Fungsi (SLF) bangunan gedung. Keberadaan SLF ini menjadi penting karena berkaitan dengan upaya peningkatan kualitas bangunan serta memberikan dampak positif pada aspek ekonomi dan pendapatan (Nasution et al., 2023).

Permasalahan terhadap laik fungsi di lapangan umumnya berfokus hanya pada pelaksanaan teknis secara langsung. Pendekatan ini sering memicu kesalahan metode, serta ketidaktepatan estimasi waktu dan biaya akibat perencanaan yang kurang matang. Pada kenyataannya, pelaksanaan teknis baru dapat berjalan optimal setelah melalui pertimbangan matang berbasis manajemen pengambilan keputusan. Manajemen kajian laik fungsi bertugas menentukan parameter dan area bangunan yang perlu diperiksa. Oleh karena itu, kajian manajemen laik fungsi sangat krusial untuk dipersiapkan secara matang agar mampu menentukan jenis pemeriksaan teknis yang paling tepat dan prioritas, hal ini sesuai dengan penelitian (Harisun, 2013) dan (Janizar et al., 2025).

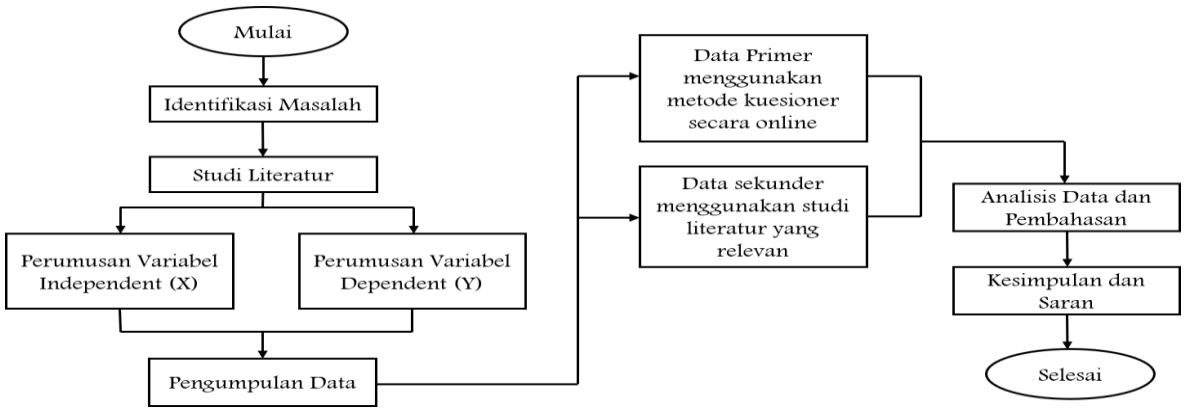
Meskipun berbagai penelitian (Sahu & Rawat, 2023; Sarah, 2022 ; Herlambang et al., 2023) telah membahas fenomena penurunan tanah (*land subsidence*), sebagian besar kajian tersebut berfokus pada analisis regional, pemetaan laju penurunan tanah, serta dampak makro terhadap

lingkungan dan infrastruktur secara umum. Penelitian yang secara khusus mengkaji dampak penurunan tanah terhadap kinerja struktur bangunan *existing* serta pengaruhnya terhadap kelaikan fungsi bangunan, masih relatif terbatas. Hingga saat ini, penanganan *land subsidence* dari kacamata manajemen belum pernah dipetakan secara empiris dengan model berbasis struktural. Penelitian ini mengintegrasikan kriteria manajemen kajian teknis SLF dengan strategi mitigasi struktur yang diuji secara empiris menggunakan pendekatan *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM). Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya dalam menguji model konseptual kompleks dan mengukur hubungan kausalitas antar-variabel laten yang sulit diukur secara langsung dalam praktik manajemen konstruksi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membuktikan secara empiris pengaruh strategi mitigasi kerusakan struktur terhadap pemenuhan persyaratan teknis Sertifikat Laik Fungsi (SLF) pada bangunan terdampak *land subsidence* dengan menggunakan analisis PLS-SEM. Penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan akademis (*research gap*) sekaligus menyajikan rekomendasi berbasis data numerik bagi pemilik bangunan, perencana, kontraktor, dan pemerintah daerah dalam menjaga kelaikan fungsi serta keberlanjutan bangunan secara menyeluruh.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif melalui pengujian hipotesis berbasis data numerik untuk menguji dan membuktikan pengaruh struktural antar variabel (Kotronoulas et al., 2023). Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan yang tersusun secara berurutan, dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan perumusan variabel, pengumpulan data, analisis data, hingga penarikan kesimpulan dan saran. Diagram alir tersebut menunjukkan bahwa seluruh proses penelitian dirancang secara sistematis agar pelaksanaan penelitian berjalan terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Populasi dalam penelitian ini mencakup pemangku kepentingan yang memiliki keahlian dan keterlibatan langsung dalam *assesment* bangunan gedung dan evaluasi kelaikan fungsi bangunan gedung, dengan target populasi terukur sebanyak 100 responden. Berdasarkan tabel penentuan jumlah sampel menurut (Krejcie & Morgan, 1970) dengan jumlah populasi (N) sebanyak 100 responden dan tingkat ketelitian/kesalahan 5%, maka ukuran sampel minimal yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 80 responden. Jumlah ini sudah memenuhi kriteria *10-times rule* menurut (Hair et al., 2019) yang menyatakan bahwa ukuran sampel minimum dalam model PLS-SEM setidaknya bernilai 10 kali dari jumlah jalur/panah struktural terbanyak yang mengarah pada suatu variabel laten dependen. Dalam penelitian ini, model struktural melibatkan 5 variabel independen yang mengarah pada 5 variabel dependen sehingga batas minimum sampel yang dibutuhkan adalah 5×10=50 responden. Dengan demikian, jumlah 80 responden yang diperoleh telah melampaui ambang batas minimum yang dipersyaratkan.

Pemilihan sampel ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan atau kriteria tertentu untuk memastikan bahwa data yang diperoleh berasal dari sumber yang kompeten dan relevan (Sugiono, 2019). Adapun kriteria responden yang dipilih meliputi praktisi konstruksi, konsultan struktur/bangunan, serta ahli yang memahami proses evaluasi gedung existing dan kajian Sertifikat Laik Fungsi (SLF) dengan pengalaman >8 tahun dengan minimal jenjang pendidikan S1. Pemilihan responden berbasis kriteria ini bertujuan untuk menghasilkan data empiris yang valid, akurat, dan sesuai dengan konteks analisis mitigasi kerusakan struktur akibat penurunan tanah.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) dengan bantuan perangkat lunak SmartPLS versi 4 untuk menganalisis hubungan struktural antara lima variabel independen (X1–X5) dan lima variabel dependen (Y1–Y5), serta menguji 25 hipotesis penelitian. Analisis dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu evaluasi model pengukuran (outer model), evaluasi model struktural (inner model), dan pengujian hipotesis. Evaluasi outer model bertujuan untuk memastikan validitas dan reliabilitas instrumen melalui pengujian validitas indikator menggunakan nilai corrected item-total correlation pada tahap pilot study, validitas konvergen berdasarkan nilai outer loading ≥0,70 dan Average Variance Extracted (AVE) ≥0,50, reliabilitas konstruk berdasarkan nilai Cronbach's alpha dan composite reliability ≥0,70, serta validitas diskriminan menggunakan kriteria Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT) dengan nilai di bawah 0,90. Indikator yang belum memenuhi kriteria dievaluasi lebih lanjut berdasarkan pertimbangan statistik dan kesesuaian teoritis sebelum dilakukan estimasi ulang model. Selanjutnya, evaluasi inner model dilakukan untuk menilai kemampuan model dalam menjelaskan varians variabel endogen melalui koefisien determinasi (R^2), relevansi prediksi melalui nilai Q^2_predict menggunakan prosedur PLS-Predict, serta arah dan besarnya pengaruh antarvariabel berdasarkan nilai koefisien jalur (path coefficients). Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan prosedur bootstrapping dengan 5.000 sampel ulang pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$) melalui pendekatan dua arah. Hubungan antarvariabel dinyatakan signifikan apabila nilai t-statistics >1,96 dan p-value

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas

Item-Total Statistics				
Factors	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
X1.1	212,3667	429,344	0,633	0,955
X1.2	212,6000	428,041	0,544	0,956
X1.3	212,9667	426,102	0,523	0,956
X1.4	212,6333	424,171	0,660	0,955
X1.5	213,3667	422,309	0,478	0,957
X1.6	213,2667	420,685	0,513	0,957
X2.1	213,0333	416,447	0,702	0,955
X2.2	212,5000	425,017	0,704	0,955
X2.3	212,9000	424,576	0,565	0,956
X2.4	212,5667	432,185	0,490	0,956
X2.5	212,5333	427,223	0,544	0,956

Item-Total Statistics				
Factors	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
X3.1	212,7000	430,217	0,582	0,955
X3.2	212,4333	435,495	0,530	0,956
X3.3	212,4333	435,633	0,451	0,956
X3.4	212,6000	437,766	0,413	0,956
X3.5	212,2000	435,131	0,568	0,955
X3.6	212,2333	432,668	0,616	0,955
X3.7	212,2333	441,220	0,373	0,956
X4.1	212,1667	436,902	0,548	0,956
X4.2	212,4000	437,766	0,474	0,956
X4.3	212,3667	434,378	0,593	0,955
X4.4	212,3333	434,989	0,557	0,956
X4.5	212,4000	435,559	0,514	0,956
X4.6	212,4333	430,047	0,634	0,955
X5.1	211,8333	439,040	0,519	0,956
X5.2	212,0000	438,966	0,465	0,956
X5.3	212,0667	435,857	0,533	0,956
X5.4	212,0000	434,414	0,547	0,956
X5.5	211,9667	437,482	0,611	0,955
Y1.1	212,4333	431,220	0,596	0,955
Y1.2	212,4333	437,840	0,379	0,956
Y1.3	212,3000	435,114	0,466	0,956
Y1.4	212,1667	436,971	0,492	0,956
Y2.1	212,0667	435,789	0,670	0,955
Y2.2	212,2000	433,752	0,571	0,955
Y2.3	212,1667	434,420	0,591	0,955
Y2.4	212,1333	433,430	0,576	0,955
Y3.1	212,1667	434,420	0,591	0,955
Y3.2	212,3333	436,851	0,536	0,956
Y3.3	212,1667	436,971	0,545	0,956
Y3.4	212,1667	432,902	0,651	0,955
Y3.5	212,0333	435,068	0,627	0,955
Y3.6	212,1667	435,661	0,601	0,955

Item-Total Statistics				
Factors	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Y3.7	212,1667	436,971	0,545	0,956
Y4.1	212,1000	434,300	0,655	0,955
Y4.2	212,3333	440,989	0,411	0,956
Y4.3	212,2333	435,840	0,546	0,956
Y4.4	212,2333	433,151	0,555	0,955
Y5.1	212,2333	435,151	0,525	0,956
Y5.2	212,1333	429,706	0,661	0,955
Y5.3	212,1000	434,093	0,664	0,955

Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Hasil analisis pada *pilot study* ini dengan jumlah sampel N = 30 ditentukan dengan Df= N-2 dan taraf signifikansi 5% maka diperoleh rtabel=0,3610 (Sugiono, 2019). Berdasarkan sajian data pada Tabel 1, seluruh indikator penyusun Variabel X dan Variabel Y menunjukkan nilai *Corrected Item-Total Correlation* >0,3610.

Tabel 2. *Outer Model* Pilot *Study*

	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)
X1	0.882	0.914	0.906
X2	0.889	0.926	0.918
X3	0.820	0.850	0.861
X4	0.851	0.865	0.889
X5	0.901	0.918	0.928
Y1	0.811	0.829	0.876
Y2	0.896	0.900	0.928
Y3	0.951	0.956	0.961
Y4	0.859	0.890	0.907
Y5	0.843	0.851	0.906

Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Reliabilitas berdasarkan Tabel 2 sudah melampaui *Cronbach's Alpha* >0,70. Maka dapat disimpulkan data tersebut telah teruji validitas dan reliabilitasnya. Selanjutnya pengumpulan data primer dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada 80 responden sesuai rencana sampel. Data primer tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) dengan bantuan perangkat lunak *SmartPLS v.4* untuk menguji hubungan hipotesis (Hair et al., 2019). Evaluasi model dilakukan melalui tahapan-tahapan, yaitu:

Pengujian *Outer Model*

Berdasarkan hasil pengukuran model awal, ditemukan beberapa indikator yang memiliki nilai *outer loading* <0,70. Pada iterasi awal, nilai *outer loading* indikator X3.7=0.642 dan X4.3=0.639 tidak memenuhi kriteria sehingga dieliminasi dari model. Setelah dilakukan analisis ulang, nilai *outer loading* indikator X3.6=0.688 dan X4.6=0.697 juga masih berada di bawah nilai ambang <0,70 sehingga turut dieliminasi agar seluruh indikator dalam model memenuhi syarat validitas konvergen yang ideal.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Outer Model*

	Cronbach's alpha	Composite reliability (rho_a)	Composite reliability (rho_c)	Average variance extracted
X1	0.772	0.847	0.895	0.810
X2	0.876	0.877	0.910	0.669
X3	0.846	0.857	0.889	0.617
X4	0.801	0.808	0.870	0.626
X5	0.861	0.863	0.900	0.644
Y1	0.781	0.790	0.858	0.602
Y2	0.879	0.880	0.917	0.734
Y3	0.931	0.937	0.944	0.707
Y4	0.836	0.846	0.889	0.668
Y5	0.817	0.832	0.891	0.731

Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Hasil evaluasi *outer model* pada Tabel 3 menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki nilai *Cronbach's alpha* dan *composite reliability* >0.70 serta nilai AVE > 0.50. Hal ini membuktikan bahwa seluruh konstruk dalam penelitian ini telah memenuhi syarat validitas konvergen dan reliabilitas yang baik.

Pengujian Validitas Diskriminan

Tahap selanjutnya adalah evaluasi validitas diskriminan menggunakan kriteria *Heterotrait-Monotrait Ratio* (HTMT). Hasil analisis awal menunjukkan nilai HTMT antara variabel X1 dan X2 sebesar 0,984, yang melebihi ambang batas maksimum 0,90 yang dipersyaratkan oleh (Hair et al., 2019) dan mengindikasikan adanya masalah multikolinearitas/ diskriminan. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan pemangkasan indikator yang tumpang tindih, yaitu dengan mengeliminasi indikator X1.3, X1.4, X1.5, X1.6, X3.6, X3.7, X4.3, dan X4.6. Setelah eliminasi, seluruh nilai HTMT antarkonstruk berada di bawah <0,90.

Pengujian Hipotesis (*Inner Model*)

Setelah seluruh variabel dan indikator memenuhi kriteria validitas konvergen, validitas diskriminan, dan reliabilitas pada evaluasi *outer model*, analisis dilanjutkan dengan evaluasi *inner model*. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur daya jelaskan model (*explained variance*), kekuatan pengaruh antarvariabel, serta akurasi prediksi model. Evaluasi diawali dengan menilai pengarah/kontribusi total (*total effects*) dan koefisien determinasi (R^2) seperti pada **Tabel 5** di bawah ini.

Tabel 4. Total Effect dan Nilai R^2

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X1	0.044	-0.066	0.177	0.404	0.253

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X2	0.106	0.059	0.082	0.002	0.067
X3	0.136	0.054	0.052	0.038	0.041
X4	0.172	0.229	0.220	0.126	0.375
X5	0.474	0.545	0.426	0.257	0.125
R^2	0.512	0.485	0.522	0.415	0.428

Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

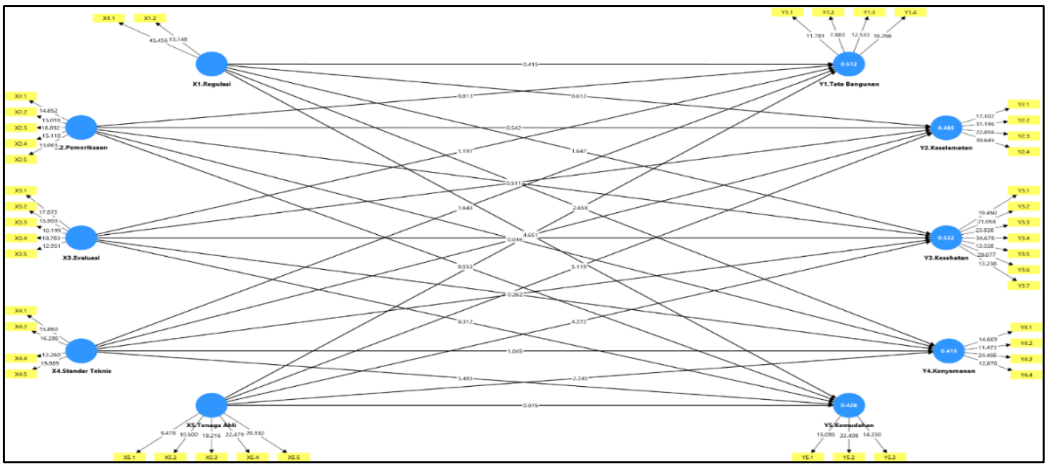
Berdasarkan Tabel 4, Nilai R^2 untuk seluruh variabel endogen berkisar antara 0,415 hingga 0,522. Menurut kriteria (Hair et al., 2019), nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa kemampuan model dalam menjelaskan varians variabel dependen berada pada kategori moderat/sedang ($0{,}25 \leq R^2 \leq 0{,}75$). Selanjutnya, dilakukan pengujian *predictive relevance* (Q^2_{predict}) menggunakan prosedur *PLS-predict* pada *SmartPLS v.4* untuk menilai akurasi prediksi model secara *out-of-sample*. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai *Predictive Relevance* (Q^2)

Variabel	Q^2 Predict	Keterangan
Y1	0.424	Besar/Kuat
Y2	0.398	Besar/Kuat
Y3	0.423	Besar/Kuat
Y4	0.308	Sedang/Moderat
Y5	0.320	Sedang/Moderat

Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Menurut (Hair et al., 2019) kategori nilai harus $Q^2_{\text{predict}} > 0$ yang menunjukkan bahwa seluruh variabel endogen (Y1 hingga Y5) memiliki akurasi dan relevansi prediksi yang baik secara *out-of-sample*. Nilai $Q^2_{\text{predict}} > 0{,}35$ pada variabel Y1, Y2, dan Y3 mengindikasikan relevansi prediksi yang kuat, sedangkan nilai Y4 dan Y5 berada pada kategori sedang. Kemudian dilakukan pengujian hipotesis menggunakan prosedur *bootstrapping* dengan 5.000 sampel ulang. Hasil analisis hubungan struktural dan signifikansi antarvariabel disajikan.



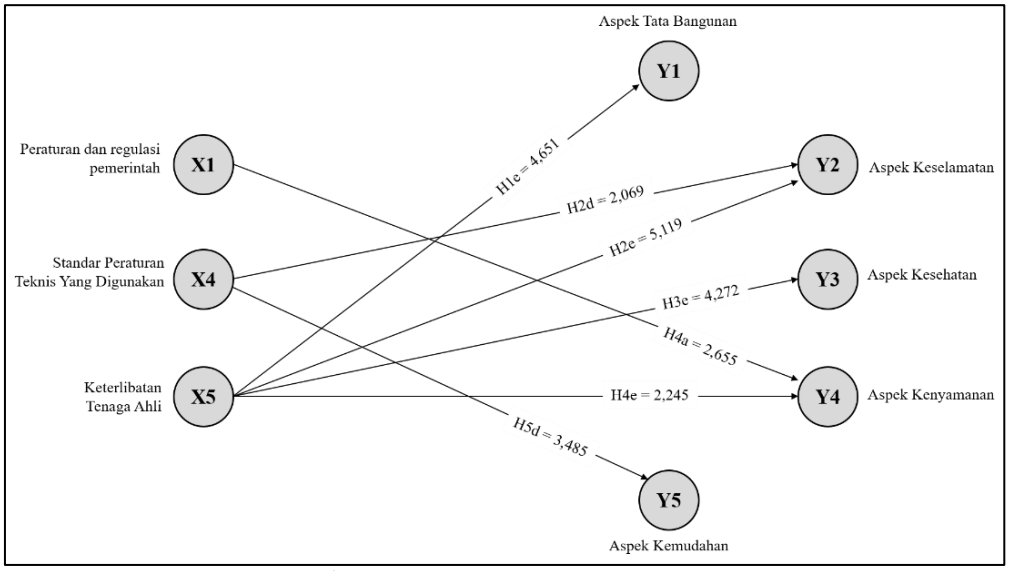
Gambar 2. *Path coefficients T-Statistic, P-value*
Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Tabel 6. Path coefficients T-Statistic, P-value

Korelasi	Original sample (O)	Sample mean (M)	Standard deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	P values	Hasil
X1 -> Y1	0.044	0.036	0.106	0.415	0.678	Tidak Signifikan
X1 -> Y2	-0.066	-0.074	0.108	0.612	0.541	Tidak Signifikan
X1 -> Y3	0.177	0.173	0.107	1.647	0.100	Tidak Signifikan
X1 -> Y4	0.404	0.392	0.152	2.655	0.008	Signifikan
X1 -> Y5	0.253	0.234	0.145	1.743	0.081	Tidak Signifikan
X2 -> Y1	0.106	0.117	0.130	0.813	0.416	Tidak Signifikan
X2 -> Y2	0.059	0.063	0.110	0.542	0.588	Tidak Signifikan
X2 -> Y3	0.082	0.086	0.105	0.781	0.435	Tidak Signifikan
X2 -> Y4	0.002	0.009	0.117	0.016	0.987	Tidak Signifikan
X2 -> Y5	0.067	0.072	0.121	0.553	0.580	Tidak Signifikan
X3 -> Y1	0.136	0.135	0.114	1.197	0.231	Tidak Signifikan
X3 -> Y2	0.054	0.050	0.106	0.511	0.609	Tidak Signifikan
X3 -> Y3	0.052	0.052	0.141	0.369	0.712	Tidak Signifikan
X3 -> Y4	0.038	0.043	0.145	0.262	0.794	Tidak Signifikan
X3 -> Y5	0.041	0.039	0.132	0.312	0.755	Tidak Signifikan
X4 -> Y1	0.172	0.171	0.105	1.643	0.100	Tidak Signifikan
X4 -> Y2	0.229	0.224	0.111	2.069	0.039	Signifikan
X4 -> Y3	0.220	0.217	0.128	1.723	0.085	Tidak Signifikan
X4 -> Y4	0.126	0.129	0.121	1.045	0.296	Tidak Signifikan
X4 -> Y5	0.375	0.383	0.108	3.485	0.000	Signifikan
X5 -> Y1	0.474	0.467	0.102	4.651	0.000	Signifikan
X5 -> Y2	0.545	0.546	0.107	5.119	0.000	Signifikan
X5 -> Y3	0.426	0.430	0.100	4.272	0.000	Signifikan
X5 -> Y4	0.257	0.265	0.115	2.245	0.025	Signifikan
X5 -> Y5	0.125	0.136	0.128	0.975	0.329	Tidak Signifikan

Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Pengujian hipotesis dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% (α=0,05), di mana jalur hubungan dinyatakan signifikan apabila nilai *T-Statistic* >1,96 dan nilai *p-value* <0,05 (Hair et al., 2019). Dari total 25 hipotesis yang diuji, terdapat 7 hipotesis yang terbukti berpengaruh signifikan, sedangkan 18 hipotesis lainnya dinyatakan tidak signifikan. Visualisasi jalur hipotesis yang signifikan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Diagram Jalur Signifikan
Sumber: Hasil Data Peneliti (2026)

Hasil pengujian hipotesis menunjukkan bahwa terdapat tujuh hubungan yang signifikan, yaitu keterlibatan tenaga ahli (X5) terhadap aspek tata bangunan (Y1) dengan nilai T-statistics 4,651 dan p-value 0,000; standar peraturan teknis (X4) terhadap aspek keselamatan (Y2) dengan nilai T-statistics 2,069 dan p-value 0,039; keterlibatan tenaga ahli (X5) terhadap aspek keselamatan (Y2) dengan nilai T-statistics 5,119 dan p-value 0,000; keterlibatan tenaga ahli (X5) terhadap aspek kesehatan (Y3) dengan nilai T-statistics 4,272 dan p-value 0,000; peraturan dan regulasi pemerintah (X1) terhadap aspek kenyamanan (Y4) dengan nilai T-statistics 2,655 dan p-value 0,008; keterlibatan tenaga ahli (X5) terhadap aspek kenyamanan (Y4) dengan nilai T-statistics 2,245 dan p-value 0,025; serta standar peraturan teknis (X4) terhadap aspek kemudahan (Y5) dengan nilai T-statistics 3,485 dan p-value 0,000. Ketujuh hubungan tersebut memenuhi kriteria signifikansi, yaitu nilai T-statistics >1,96 dan p-value

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlibatan tenaga ahli (X5) berpengaruh signifikan terhadap pemenuhan aspek tata bangunan (Y1), keselamatan (Y2), kesehatan (Y3), dan kenyamanan (Y4). Hubungan tersebut masing-masing memiliki koefisien jalur sebesar 0,474; 0,545; 0,426; dan 0,257, dengan nilai p-value di bawah 0,05. Temuan ini menunjukkan bahwa keterlibatan tenaga ahli memiliki hubungan positif dan signifikan dengan empat dari lima aspek kelaikan fungsi bangunan gedung yang diteliti. Hasil tersebut sejalan dengan Harisun (2013), yang menekankan pentingnya tenaga ahli dalam proses penerbitan Sertifikat Laik Fungsi (SLF), serta Rahman et al. (2023), yang mengkaji peran tenaga ahli dalam meningkatkan kualitas dan keandalan bangunan gedung. Relevansi temuan ini juga terlihat dalam penelitian Riau (2024) mengenai implementasi SLF di Kota Probolinggo, yang menyoroti perlunya penguatan kapasitas dan sumber daya dalam pelaksanaan kebijakan sertifikasi bangunan.

Dalam konteks bangunan gedung yang terdampak land subsidence, keterlibatan tenaga ahli menjadi penting karena penilaian kelaikan fungsi tidak hanya berkaitan dengan kondisi fisik yang terlihat, tetapi juga memerlukan evaluasi teknis terhadap potensi kerusakan dan keandalan bangunan. Chourasia et al. (2024), dalam penelitian mengenai kerusakan bangunan akibat penurunan tanah di Joshimath, India, membahas dampak land subsidence terhadap bangunan dan infrastruktur. Sementara itu, penelitian mengenai bangunan beton bertulang tujuh lantai di Murcia, Spanyol, menunjukkan penggunaan pendekatan multidisipliner untuk menilai kerusakan akibat penurunan tanah, merumuskan tindakan perkuatan, dan memantau stabilitas struktur.

Kedua penelitian tersebut memberikan konteks teknis bagi pentingnya evaluasi yang kompeten terhadap bangunan terdampak penurunan tanah. Meskipun demikian, hasil penelitian ini belum

membuktikan bahwa keterlibatan tenaga ahli secara langsung mengurangi kerusakan struktur, melainkan menunjukkan adanya hubungan positif dan signifikan dengan pemenuhan empat aspek kelaikan fungsi yang dianalisis.

Peraturan dan regulasi pemerintah (X1) terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap pemenuhan aspek kenyamanan (Y4), dengan koefisien jalur sebesar 0,404, nilai t-statistics 2,655, dan p-value 0,008. Hasil ini menunjukkan bahwa hubungan antara penerapan peraturan dan pemenuhan aspek kenyamanan didukung secara statistik dalam model penelitian. Temuan tersebut relevan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung, yang menjadi landasan penyelenggaraan bangunan gedung dan pemenuhan persyaratan teknisnya, termasuk aspek kenyamanan. Penelitian Priyo dan Wijatmiko (2011) mengenai evaluasi keandalan fisik bangunan gedung serta Arifah et al. (2017) mengenai kenyamanan termal dapat digunakan sebagai pembanding konseptual mengenai pentingnya persyaratan teknis dalam penilaian kualitas bangunan.

Namun, pengaruh signifikan tersebut hanya ditemukan pada aspek kenyamanan, sedangkan hubungan X1 dengan aspek tata bangunan, keselamatan, kesehatan, dan kemudahan tidak signifikan. Dengan demikian, hasil penelitian tidak menunjukkan bahwa peraturan pemerintah berpengaruh signifikan terhadap seluruh aspek kelaikan fungsi. Temuan ini memperlihatkan bahwa hubungan antara regulasi dan pemenuhan persyaratan bangunan dapat berbeda menurut aspek yang dinilai. Penelitian Rani et al. (2026) mengenai kepatuhan sertifikasi bangunan publik di Banda Aceh juga mengidentifikasi adanya hambatan dalam penerapan SLF, antara lain kompleksitas prosedur, keterbatasan kapasitas kelembagaan, dan rendahnya kesadaran pengelola bangunan. Meskipun konteks penelitian tersebut berbeda, hasilnya memperlihatkan bahwa keberadaan regulasi perlu dibedakan dari tingkat pemenuhan persyaratan teknis di lapangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa standar peraturan teknis yang digunakan (X4) berpengaruh positif dan signifikan terhadap pemenuhan aspek keselamatan (Y2), dengan koefisien jalur sebesar 0,229, t-statistics 2,069, dan p-value 0,039. Selain itu, X4 juga berpengaruh positif dan signifikan terhadap aspek kemudahan (Y5), dengan koefisien jalur sebesar 0,375, t-statistics 3,485, dan p-value 0,000. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan standar teknis memiliki hubungan signifikan dengan dua aspek kelaikan fungsi, meskipun hubungan tersebut tidak signifikan pada aspek tata bangunan, kesehatan, dan kenyamanan. Hasil ini sejalan dengan Nugroho et al. (2022), yang menyoroti penerapan standar teknis dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemeriksaan bangunan, serta Sitompul et al. (2022) dan Patria et al. (2022), yang membahas penggunaan standar teknis dalam evaluasi struktur bangunan existing.

Secara lebih luas, penelitian Riau (2024) menempatkan kepatuhan terhadap persyaratan bangunan sebagai bagian penting dalam implementasi SLF. Sementara itu, penelitian mengenai penilaian kerusakan bangunan akibat land subsidence menunjukkan pentingnya analisis deformasi tanah dan kondisi bangunan untuk menentukan tingkat kerusakan serta kebutuhan penanganan teknis. Dalam penelitian ini, signifikansi hubungan X4 dengan aspek keselamatan dan kemudahan menunjukkan bahwa penggunaan standar teknis berkaitan dengan pemenuhan kedua aspek tersebut. Namun, temuan ini tidak dapat diartikan bahwa penggunaan standar teknis secara otomatis menjamin keselamatan bangunan, sebab pemenuhan persyaratan juga perlu dinilai berdasarkan kondisi aktual bangunan, hasil pemeriksaan teknis, dan kesesuaian penerapan standar yang relevan.

Penelitian ini memberikan implikasi teoretis dan praktis bagi evaluasi kelaikan fungsi bangunan gedung yang terdampak land subsidence. Secara teoretis, hasil penelitian memperlihatkan bahwa hubungan antara faktor regulasi, standar teknis, dan keterlibatan tenaga ahli dengan aspek kelaikan fungsi tidak seragam pada seluruh variabel dependen. Secara praktis, temuan ini dapat menjadi pertimbangan bagi pemilik bangunan, pengelola gedung, konsultan, tenaga ahli, dan instansi pemerintah dalam memperkuat proses evaluasi SLF. Keterlibatan tenaga ahli perlu diperhatikan dalam penilaian aspek tata bangunan, keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan, sedangkan penggunaan standar teknis perlu dipastikan dalam evaluasi aspek keselamatan dan kemudahan. Selain itu, penerapan regulasi pemerintah perlu diintegrasikan dengan pemeriksaan kondisi aktual bangunan agar penilaian kelaikan fungsi tidak hanya bertumpu pada kelengkapan administratif, tetapi juga mempertimbangkan pemenuhan persyaratan teknis.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan hasilnya. Pertama, penelitian melibatkan 80 responden yang dipilih menggunakan purposive sampling, sehingga generalisasi temuan perlu dilakukan secara hati-hati pada populasi dan konteks bangunan yang berbeda. Kedua, data dikumpulkan melalui kuesioner berdasarkan penilaian responden, sehingga hasilnya merepresentasikan hubungan antarvariabel berdasarkan data persepsi dan tidak secara langsung menggambarkan kondisi fisik seluruh bangunan yang terdampak land subsidence. Ketiga, model penelitian hanya mencakup lima variabel independen dan lima aspek kelaikan fungsi, sehingga faktor lain yang berpotensi berkaitan dengan pemenuhan persyaratan bangunan belum tercakup dalam analisis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat memperluas cakupan responden dan lokasi, mengintegrasikan hasil kuesioner dengan data inspeksi teknis bangunan, serta mempertimbangkan faktor tambahan yang relevan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai evaluasi kelaikan fungsi bangunan gedung yang terdampak penurunan tanah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) menggunakan SmartPLS versi 4 terhadap 80 responden, penelitian ini menguji 25 hipotesis dan menemukan bahwa 7 hipotesis berpengaruh signifikan, sedangkan 18 hipotesis lainnya tidak signifikan, berdasarkan kriteria T-statistic > 1,96 dan p-value < 0,05. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi manajemen mitigasi kerusakan struktur akibat land subsidence dalam evaluasi Sertifikat Laik Fungsi (SLF) perlu didukung oleh kompetensi tenaga ahli, penerapan regulasi pemerintah, dan kepatuhan terhadap standar teknis bangunan gedung. Keterlibatan tenaga ahli (X5) merupakan faktor yang paling konsisten berpengaruh signifikan terhadap keempat aspek kelaikan bangunan, yaitu tata bangunan (Y1; T-statistic = 4,651; p-value < 0,001), keselamatan (Y2; T-statistic = 5,119; p-value < 0,001), kesehatan (Y3; T-statistic = 4,272; p-value < 0,001), dan kenyamanan (Y4; T-statistic = 2,245; p-value = 0,025). Selain itu, penerapan regulasi pemerintah (X1) berpengaruh signifikan terhadap aspek kenyamanan (Y4; T-statistic = 2,655; p-value = 0,008), sedangkan penggunaan standar teknis (X4) berpengaruh signifikan terhadap aspek keselamatan (Y2; T-statistic = 2,069; p-value = 0,039). Temuan ini menegaskan bahwa kompetensi tenaga ahli merupakan komponen penting dalam evaluasi kelaikan fungsi bangunan terdampak penurunan tanah, dengan dukungan regulasi dan standar teknis sebagai landasan pelaksanaan mitigasi. Namun, hasil tersebut perlu diinterpretasikan secara proporsional karena sebagian besar hipotesis yang diuji tidak menunjukkan pengaruh signifikan.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas jumlah responden, melibatkan praktisi dari wilayah dengan karakteristik penurunan tanah yang berbeda, serta mengintegrasikan data persepsi dengan data empiris geoteknik dan pemantauan deformasi tanah, seperti pengukuran GPS atau Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR). Pengembangan model melalui kombinasi PLS-SEM dan metode pengambilan keputusan multikriteria, seperti Analytic Hierarchy Process (AHP), juga dapat dipertimbangkan untuk memperkuat penentuan prioritas mitigasi. Bagi praktisi dan evaluator bangunan gedung, hasil penelitian ini merekomendasikan pelibatan tenaga ahli yang kompeten dan berlisensi, pemeriksaan struktur secara sistematis, serta penggunaan standar teknis yang sesuai dengan kondisi bangunan dan tingkat risiko penurunan tanah. Sementara itu, pemerintah perlu memperkuat implementasi regulasi, pengawasan teknis, dan koordinasi antara instansi terkait, tenaga ahli, serta pemilik bangunan dalam proses evaluasi SLF. Integrasi hasil evaluasi kelaikan fungsi dengan pemantauan kondisi fisik bangunan dan perubahan permukaan tanah diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan mitigasi yang lebih terukur, adaptif, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada civitas akademika Universitas Sangga Buana YPKP Bandung atas dukungan fasilitas dan sarana yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas

bimbingan dan masukannya, serta kepada para tenaga ahli dan responden yang telah berkontribusi memberikan data demi terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., & Fukuda, Y. (2013). Land subsidence in coastal city of Semarang (Indonesia): Characteristics, impacts and causes. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *4*(3), 226–240. https://doi.org/10.1080/19475705.2012.692336

American Society of Civil Engineers. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-17)*.

Arifah, A. B., Adhitama, M. S., & Nugroho, A. M. (2017). Pengaruh Bukaan Terhadap Kenyamanan Termal Pada Ruang Hunian Rumah Susun Aparna Surabaya. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya*, *5*(4).

Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*.

Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)*.

Badan Standardisasi Nasional. (2025). *SNI 9273:2025 Evaluasi dan rehabilitasi seismik untuk bangunan gedung eksisting (ASCE/SEI 41-17, MOD)*.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate Data Analysis*.

Harisun, E. (2013). *Kajian Sistem Sertifikasi Laik Fungsi Bangunan Gedung di Kota Ternate Provinsi Maluku Utara*. *3*(1), 14–22.

Herlambang, P. H., Utama, Y. J., Putrijanti, A., & Prayogo, S. S. (2023). Land Subsidence Policy in the Context of Good Governance Principles (Comparing Indonesia and Japan). *Lex Scientia Law Review*, *7*(2), 871–904. https://doi.org/10.15294/lesrev.v7i2.75347

Janizar, S., Setiawan, F., & Kurniawan, E. (2020). *Pemeriksaan Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung Rumah Sakit*. *1*(1), 58–67.

Janizar, S., Setiawan, F., & Schipper, L. A. (2025). Pemeriksaan Kelaikan Fungsi Bangunan Gedung Hotel Di Kabupaten Serang. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, *6*(1), 1190–1205. https://doi.org/10.51988/jtsc.v6i1.354

Kementrian PUPR. (2020). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2018 tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung*.

Kotronoulas, G., Miguel, S., Dowling, M., Fern, P., Pape, E., Drury, A., Semple, C., Colomer-lahiguera, S., Dieperink, K. B., & Papadopoulou, C. (2023). An Overview of The Fundamentals of Data Management , Analysis , and Interpretation in Quantitative Research. *Seminars in Oncology Nursing*, *39*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.soncn.2023.151398

Krejcie, R. V, & Morgan, D. W. (1970). *Determining Sample Size For Research Activities*. *30*, 607–610.

Kunselman, A. R. (2024). A Brief Overview Of Pilot Studies And Their Sample Size Justification. *Fertility and Sterility*, *121*(6), 899–901. https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2024.01.040

Lutfi, M., & Syaifullah, B. N. (2020). Analisis Kelayakan Bangunan Gedung Pasar Sukasari Bogor Melalui Pendekatan Laik Fungsi Bangunan. *Astonjadro*, *9*(1), 14. https://doi.org/10.32832/astonjadro.v9i1.2726

Nasution, R. A., Barus, M. A. A.-G., & Arif, M. (2023). Analisis Dampak Penerbitan Sertifikat Laik Fungsi (SLF) Terhadap Nilai dan Kinerja pada Perusahaan DPD REI Sumatera Utara. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, *3*(1), 37–45. https://doi.org/10.58192/profit.v3i1.1628

Nugroho, W. O., Sagara, A., & Imran, I. (2022). The Evolution Of Indonesian Seismic And Concrete Building Codes: From The Past To The Present. *Structures*, *41*(December 2021), 1092–1108. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.05.032

Patria, A. S. N., Dewi, K., & Krisdiyanto, A. (2022). Perbandingan Nilai Parameter Spektrum Respons Desain SNI 1726:2012 Dan SNI 1726:2019 Pada Kecamatan- Kecamatan Di Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, *5*, 33–41.

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung*.

Priyo, M., & Wijatmiko, I. H. (2011). Evaluasi Keandalan Fisik Bangunan Gedung (Studi Kasus di Wilayah Kabupaten Sleman). *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, *14*(2), 150–159.

Rachim, F., Latief, R. U., & Arifuddin, R. (2025). *Analysis of the Criteria for Assessing Building Quality Damage Levels Using the AHP Method : A Case Study Based on Indonesian Building Regulations*. *15*(6), 29696–29703.

Rahman, M. H., Romadhani, N. F., & Arfandi, A. (2023). Identification Of Competence Standards Of Building Engineers In Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, *18*(2), 152–158.

Rezqiana, A., Murtinugraha, R. E., & Widiasanti, I. (2022). Identifikasi Kompetensi Yang Dibutuhkan Tenaga Ahli Teknik Bangunan Gedung Pada Industri Konstruksi. *Jurnal Cahaya Mandalika*, *3*(1), 202–214.

Sahu, S. R., & Rawat, K. S. (2023). Analysis of Land subsidencein coastal and urban areas by using various techniques– Literature Review. *Indonesian Journal of Geography*, *55*(3), 488–495. https://doi.org/10.22146/ijg.83675

Sarah, D. (2022). Land subsidence hazard in Indonesia: Present research and challenges ahead. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, *32*(2), 83–100. https://doi.org/10.14203/risetgeotam2022.v32.1195

Sitompul, M., Pasaribu, H. M., & Oktaviani, T. (2022). Studi Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 1726:2019 Terhadap SNI 1726:2012 Di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Sipil*, *11*(1), 30–39.

Sophian, R. I. (2010). Penurunan muka tanah di kota-kota besar pesisir pantai utara Jawa (Studi kasus kota Semarang). *Bulletin of Scientific Contribution*, *8*(1), 41–60.

Sugiono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Afabeta.

Suwarsito, & Nirwansyah, A. W. (2017). *Karakteristik Geofisik Lahan Pesisir di Kabupaten Brebes Berbasis Teknologi Sistem Informasi Geografi untuk Pengembangan Budidaya Tambak Udang*. *Karateristik geofisik lahan*, 406–415.

Tefera, B. B., & Tarekegn, A. G. (2025). *Non-Destructive Testing Techniques for Condition Assessment of Concrete Structures : A Review*. *13*(1), 10–31.

Wiyana, Y. E. (2016). Analisis Kegagalan Konstruksi Dan Bangunan Dari Perspektif Faktor Non Teknis. *Jurnal Wahana Teknik Sipil*, *17*(01), 54–60.