

Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung SDN Cipageran Mandiri 1 Kota Cimahi Jawa Barat

Article History:

Received
22 Desember 2025
Revised
12 Januari 2026
Accepted
18 Maret 2026

MUCHTAR¹, RIAWAN GUNADI¹, IRA PUSPITASARI^{1*},
MUHAMAD IRFAN NURDIN¹, AMIRAH ZAKIYAH¹,
MOCH. IMAM MUFLIH¹

¹Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia
*Corresponding email: ira.puspitasari@polban.ac.id

ABSTRAK

SDN Cipageran Mandiri 1 Kota Cimahi memiliki gedung bertingkat yang menimbulkan kekhawatiran terkait keselamatan dan kenyamanan pengguna akibat kerusakan struktural maupun arsitektural. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan struktur gedung C melalui inspeksi visual, pengujian non-destruktif (NDT), serta analisis struktur menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga. Metode penelitian dilakukan secara kuantitatif melalui tahapan studi literatur, pengumpulan data sekunder, pemeriksaan visual, pengujian NDT (Rebound Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity, Brinell Hardness Test, Liquid Penetrant Test, dan uji vertikalitas), hingga pemodelan struktur 3D. Hasil pengujian menunjukkan variasi mutu beton yang signifikan (29,1–407,4 kg/cm²) serta mutu baja yang tidak seragam (693,3–1432,6 MPa). Selain itu, ditemukan cacat pada sambungan las, korosi pada elemen baja, serta penyimpangan vertikal pada beberapa kolom. Analisis permodelan memperlihatkan stress ratio >1 pada sejumlah elemen balok dan kolom serta deformasi yang melebihi batas standar L/240, sehingga struktur dinyatakan tidak memenuhi persyaratan SNI 1729:2020. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa gedung C SDN Cipageran Mandiri 1 memerlukan perbaikan struktural secara menyeluruh untuk menjamin keselamatan, kenyamanan, serta keberlangsungan fungsi bangunan sebagai sarana pendidikan.

Kata kunci: evaluasi struktur, gedung sekolah, kelayakan bangunan, keselamatan konstruksi, NDT

ABSTRACT

SDN Cipageran Mandiri 1 in Cimahi City has a multi-story building that raises concerns regarding the safety and comfort of its users due to both structural and architectural damage. This study aims to evaluate the feasibility of Building C through visual inspection, non-destructive testing (NDT), and structural analysis using finite element software. The research was conducted quantitatively through several stages, including literature review, secondary data collection, visual inspection, NDT (Rebound Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity, Brinell Hardness Test, Liquid Penetrant Test, and verticality test), and 3D structural modeling. The results indicate significant variations in concrete strength (29.1–407.4 kg/cm²) and non-uniform steel quality (693.3–1432.6 MPa). In addition, defects were found in the welding joints, corrosion in steel elements, and deviations in verticality in several columns. Structural modeling analysis revealed stress ratios greater than 1 in several beam and column elements, as well as deformations exceeding the L/240 limit, indicating that the structure does not comply with the requirements of SNI 1729:2020. This study concludes that Building C of SDN Cipageran Mandiri 1 requires comprehensive structural rehabilitation to ensure safety, comfort, and the continued functionality of the facility as an educational facility.

Keywords: structural evaluation, school building, building feasibility, construction safety, NDT

This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



PENDAHULUAN

Sekolah Dasar Negeri (SDN) Cipageran Mandiri 1 yang berlokasi di Jl. Cipageran No.99/101 RT.005 RW.015, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi, sebagai mitra PkM, memiliki jarak sekitar 7,9 kilometer dari kampus Politeknik Negeri Bandung. Sekolah Dasar Negeri (SDN) Cipageran Mandiri 1 memiliki 3 gedung utama dengan 44 ruang kelas dan jumlah siswa sebanyak 1.604, dengan jumlah siswa laki-laki 780 dan perempuan 824. Gedung sekolah ini terletak di atas lahan seluas 5.211 m² yang berdiri pada tahun 2006.

Sekolah merupakan perpanjangan tangan orang tua dalam mendidik anak, yang seharusnya menjadi tempat aman bagi siswa sesuai dengan visi SDN Cipageran Mandiri 1, yaitu menuju sekolah ramah anak. Sekolah ramah anak adalah sekolah yang menciptakan lingkungan yang aman, nyaman, dan mendukung tumbuh kembang anak. Kondisi SDN Cipageran Mandiri 1, khususnya gedung C yang terdiri dari 3 lantai dengan konstruksi baja, cukup mengkhawatirkan untuk siswa maupun guru. Menurut kepala sekolah, gedung C digunakan oleh siswa kelas 5 dan 6, di mana pada saat hujan atau angin kencang sering kali siswa dipulangkan dikarenakan kondisi bangunan yang dianggap mengkhawatirkan, seperti atap bocor dan dinding terlepas akibat tidak adanya ikatan yang kuat antara material baja dan dinding bata. Bahkan dalam situasi normal dan tidak hujan, lantai 3 sering kali bergetar pada saat dilewati siswa. Kondisi seperti ini membuat siswa tidak nyaman dan tidak dapat belajar dengan optimal.

Selain pengamatan secara langsung, adanya data sekunder berupa gambar rencana dan struktur bangunan (denah, potongan) juga membantu dalam melakukan evaluasi kelayakan struktur. Seiring dengan bertambahnya usia bangunan dan meningkatnya beban struktur akibat perubahan lingkungan, diperlukan evaluasi terhadap kelayakan struktur gedung pada sekolah ini. Umur bangunan sangat dipengaruhi oleh ada atau tidaknya kerusakan pada bangunan tersebut, karena kinerja bagian-bagian struktur bangunan akan menurun jika terjadi kerusakan. Informasi mengenai tahap inspeksi awal menjadi dasar untuk menentukan langkah deteksi teknis dan alat uji yang sesuai untuk pemeriksaan kerusakan [1]. Evaluasi kelayakan

struktur ini bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual struktur bangunan dan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi sehingga dapat memberikan solusi yang tepat dalam penanganannya. Untuk mendapatkan informasi tentang kekhawatiran mengenai tingkat keamanan struktur dari suatu komponen bangunan ataupun bangunan secara keseluruhan akibat adanya faktor-faktor yang tidak diperhitungkan, perlu dilakukan beberapa pengujian terkait untuk menentukan kelayakan struktur [2].

Penilaian kelayakan struktur bangunan perlu dilakukan untuk mencegah kegagalan bangunan. Regulasi terkait penilaian kegagalan bangunan adalah sebagai berikut; 1) Undang-undang No. 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi khususnya yang tercantum pada Pasal 30; 2) Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2021 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2020 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 2 Tahun 2017; 3) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 8 tahun 2021 tentang Penilai Ahli, Kegagalan Bangunan dan Penilaian Kegagalan; 4) Surat Edaran Ketua LPJK Nomor 06/SE/LPJK/2022 tentang Pedoman Tata cara Penugasan Penilai Ahli Kegagalan Bangunan [3].

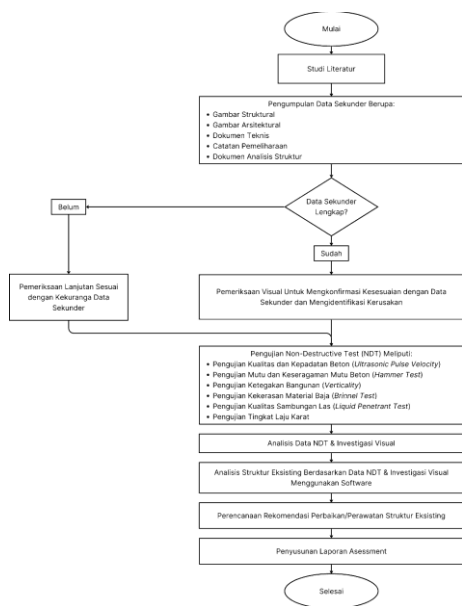
Pembangunan gedung bertingkat harus memperhitungkan akibat dari beban-beban yang akan dipikulnya, baik beban hidup maupun beban mati. Terutama dalam pembangunan sekolah, perlu diperhatikan dengan baik keadaan strukturnya sehingga memenuhi standar kriteria keselamatan yang telah ditentukan dalam SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726:2019 tentang analisis gempa, SNI 1727:2013 dan PPURG 1987 untuk pembebanan [4].

Ruang lingkup dari pengabdian ini adalah melakukan studi pendahuluan, meliputi koordinasi dengan pihak Pemkot Cimahi dan sekolah, melakukan identifikasi awal meliputi informasi tentang kondisi bangunan, baik dari laporan sekolah maupun hasil observasi awal, dilanjutkan dengan pengumpulan data sekunder meliputi Dapodik sekolah serta gambar denah bangunan. Setelah itu, dilanjutkan dengan evaluasi teknis kelayakan struktur yang meliputi inspeksi visual dan pengujian material di tempat.

Diharapkan dengan adanya evaluasi ini, pihak sekolah dan pemerintah daerah atau pemangku kepentingan terkait dapat mengambil langkah yang tepat dalam menjamin keselamatan dan kenyamanan siswa dalam belajar. Dengan melakukan evaluasi kelayakan struktur ini, risiko kerugian ekonomi dan kecelakaan dapat diminimalkan, sehingga siswa dan guru sebagai pengguna bangunan dapat melakukan kegiatan belajar-mengajar dengan baik dan mendapatkan rasa aman saat berada di ruang kelas.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan lokasi penelitian di SDN Cipageran Mandiri 1 dan Kampus Politeknik Negeri Bandung selama 5 bulan mulai dari bulan Maret sampai Juli. Tahap penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahap penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap Pertama
 Pada tahap pertama dilakukan studi literatur yang terdiri atas pengumpulan berbagai standar dan acuan pemeriksaan struktur bangunan eksisting terutama berdasarkan standar yang berlaku.
2. Tahap Kedua
 Pada tahap kedua, pengumpulan data sekunder dilakukan dengan menghubungi

pihak mitra dan meminta data-data terkait bangunan meliputi: gambar struktural, gambar arsitektural, dokumen teknis bangunan, catatan pemeliharaan dan dokumen analisis struktur.

3. Tahap Ketiga
 Pada tahap ketiga, dilakukan pemeriksaan visual dan pemeriksaan lanjutan untuk mengetahui secara garis besar tingkat kerusakan pada bangunan eksisting. Pada tahap ini akan dilakukan pengecekan pada komponen arsitektural dan struktural. Penilaian dari pemeriksaan visual meliputi: tingkat keretakan struktural, tingkat korosi komponen baja, penyimpangan geometri struktur, kondisi koneksi struktur, integritas struktur secara keseluruhan, kondisi komponen arsitektural eksterior dan interior, dan kondisi *finishing* pada bangunan.

4. Tahap Keempat
 Pada tahap keempat, pengujian NDT dilakukan untuk mengetahui kondisi lebih lanjut komponen struktural dari bangunan eksisting. Pengujian jenis ini digunakan untuk mengetahui kualitas komponen struktur tanpa merusak strukturnya. Pengujian kualitas dan kepadatan beton menggunakan UPV memungkinkan evaluasi integritas beton dengan mengukur kecepatan gelombang ultrasonik yang merambat melalui material [5], [6], [7], [8], [9]. Jika kecepatan gelombangnya tinggi, ini menunjukkan kualitas beton yang baik dan kepadatan yang sesuai.

Pengujian mutu dan keseragaman mutu beton menggunakan *Schmidt Hammer Test* dilakukan dengan alat pukul untuk mengukur kekuatan permukaan beton. Alat ini memberikan indikasi kekerasan dan keseragaman material tersebut [10], [11], [12].

Pengujian ketegakan bangunan (*verticality*) bertujuan untuk memastikan bahwa struktur bangunan tegak lurus sesuai dengan desain awal. Parameter ini penting untuk mengecek kestabilan dan keamanan pada bangunan [13]. Pengujian Kekerasan Material Baja (*Brinell Hardness Test*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengukur seberapa keras permukaan material baja yang berkorelasi

dengan kekuatan dan daya tahannya [14], [15].

Pengujian Kualitas Sambungan Las dengan *Liquid Penetrant Test* adalah pengujian dengan penggunaan cairan penetran untuk mendeteksi retakan kecil atau cacat pada sambungan las. Hal ini memastikan bahwa sambungan tersebut cukup kuat dan bebas dari cacat yang dapat mengganggu integritas struktur [16], [17].

Terakhir, pengujian tingkat laju karat dilakukan untuk mengetahui laju korosi pada material baja dengan menganalisis tingkat oksidasi yang terjadi. Pengujian ini penting untuk mengetahui kapasitas penampang eksisting dan kebutuhan akan proteksi anti-korosi. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah *Ultrasonic Thickness Gauge*.

5. Tahap Kelima

Pada tahap kelima, dilakukan analisis data NDT dan investigasi visual untuk mengetahui berbagai parameter dari komponen struktural dan kondisi visual komponen struktural dan arsitektural. Data ini nantinya akan memberikan gambaran secara mendetail mengenai tingkat kerusakan pada setiap bagian struktur. Setelah itu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai kondisi strukturnya dengan *software* analisis struktur.

6. Tahap Keenam

Pada tahap keenam, dilakukan perencanaan rekomendasi perbaikan/perawatan struktur eksisting berdasarkan hasil analisis struktur eksisting. Pada tahap ini, seluruh kerusakan dengan berbagai tingkatan kerusakan dibuatkan rekomendasi perbaikan.

7. Tahap Ketujuh

Pada tahap ketujuh dilakukan penyusunan laporan asesmen, yaitu tahapan pembuatan laporan yang berisi latar belakang asesmen, kegiatan inspeksi awal, kegiatan pengujian NDT, proses analisis struktur menggunakan *software*, dan rekomendasi-rekomendasi yang perlu dilakukan untuk memperbaiki berbagai kerusakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Sekunder

Berdasarkan hasil pengumpulan data dari pihak sekolah, dari empat jenis data yang diperlukan, yaitu data gambar teknis struktural, arsitektural, dokumen teknis pembangunan, catatan pemeliharaan, dokumen perizinan dan laporan analisis struktur, hanya terdapat satu data yang diperoleh, yaitu data gambar teknis berupa gambar *site plan*. Adapun gambar *site plan* dari bangunan eksisting adalah seperti yang terlihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Site plan SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Pemeriksaan Material Penyusun Beton

Dalam penelitian ini, pemeriksaan agregat halus dan kasar dilakukan di laboratorium dengan mengacu pada standar SNI dan panduan laboratorium yang ada di Laboratorium Konstruksi Bangunan Politeknik TEDC Bandung dan Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.








Hasil Inspeksi Visual

Berdasarkan hasil inspeksi visual, terdapat kerusakan-kerusakan pada aspek struktural maupun arsitektural dengan tingkat kerusakan bervariasi, baik ringan hingga berat, sehingga akan menjadi masukan untuk rekomendasi perbaikan bangunan (**Tabel 1**).

Pengukuran Geometrik dan Penggambaran Gedung Eksisting

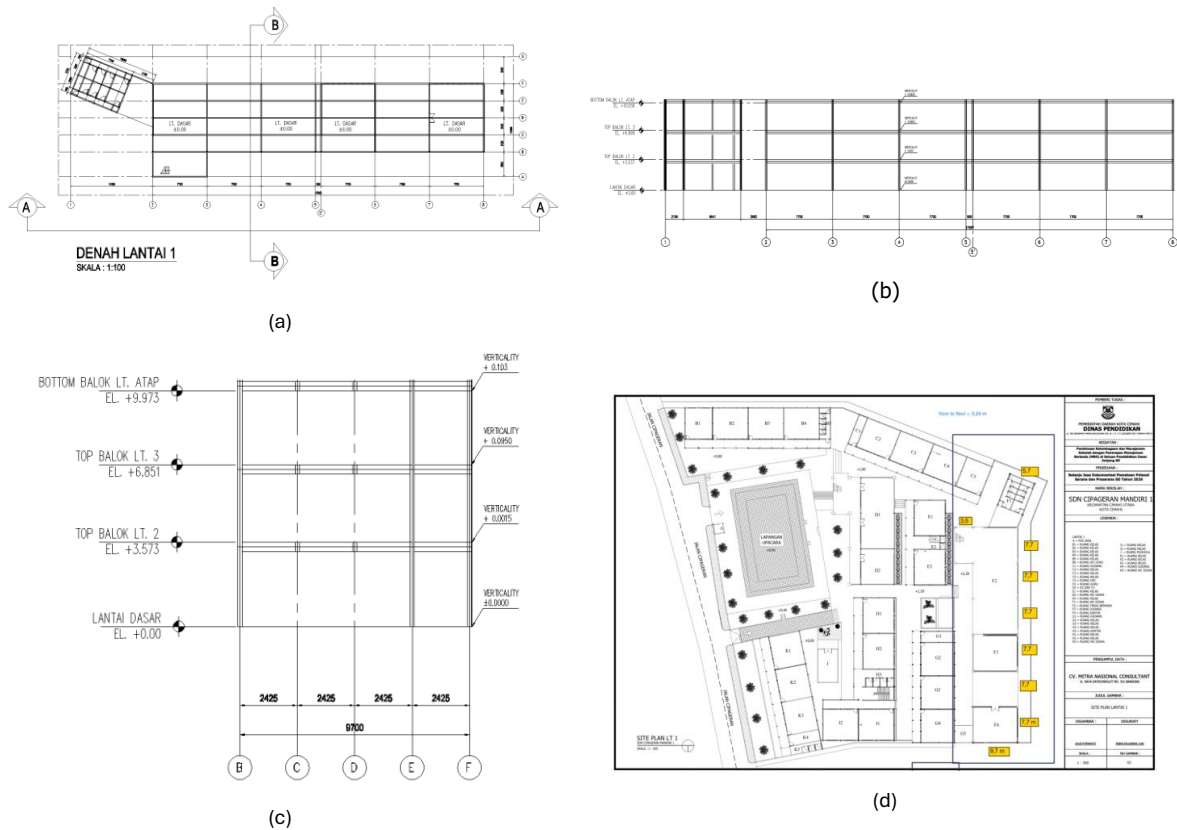
Dilakukan pengukuran dimensi dan tata letak gedung secara langsung di lapangan menggunakan meteran pita. Hasil pengukuran kemudian dituangkan dalam gambar teknis ulang (*as-built drawing*) menggunakan AutoCAD. Adapun hasil pengukuran dan hasil penggambaran *as-built drawing*-nya adalah seperti yang terlihat pada **Gambar 3**.

Tabel 1. Hasil Inspeksi Visual di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

No.	Temuan Visual	Lokasi	Dokumentasi
1	Kondisi talang air sudah banyak yang bocor bahkan terlepas dari dudukannya	Sisi belakang bangunan	
2	Korosi dengan intensitas sedang hingga berat pada beberapa kolom baja, terutama di area terbuka	Area tangga	
3	Terdapat lapisan cat bangunan yang telah mengelupas akibat paparan cuaca luar	Seluruh isi luar bangunan	
4	Penutup plafond terlepas	Selasar lantai 3	
5	Terdapat keramik lantai yang terlepas akibat deformasi pada balok	Selasar lantai 3	
6	Terdapat pengelupasan pada lapisan cat dinding akibat rembesan air	Ruang kelas lantai 3	
7	Lapisan cat pada penutup plafond terkelupas	Ruang gudang lantai 3	

Tabel 1. Hasil Inspeksi Visual di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi lanjutan

No.	Temuan Visual	Lokasi	Dokumentasi
8	Terdapat korosi pada lapisan spandek	Area tangga	



Gambar 3. (a) Denah lantai *site plan* eksisting, (b) Potongan memanjang, (c) Potongan melintang, dan (d) *Plotting* hasil pengukuran lapangan pada *site plan* eksisting

Gambar denah, potongan, dan tampak ini diperlukan sebagai dasar dalam pembuatan model struktur pada perangkat lunak analisis struktur.

Pengujian Verticality Bangunan

Pengujian *verticality* dilakukan menggunakan teodolit, dengan tujuan untuk mengukur penyimpangan posisi kolom terhadap sumbu vertikal yang dapat memengaruhi kestabilan struktur. Pengujian dilakukan pada satu titik kolom utama di tiap lantai bangunan. Berikut

adalah kegiatan pengukuran *verticality* pada bangunan eksisting seperti yang terlihat pada **Gambar 4**.

Setelah dilakukan pengukuran *verticality*, data yang diperoleh kemudian diolah untuk dicek apakah bangunan masih memiliki *verticality* yang masuk dalam batas maksimum atau tidak. Adapun data hasil pengolahannya adalah seperti yang terlihat pada **Tabel 2**.

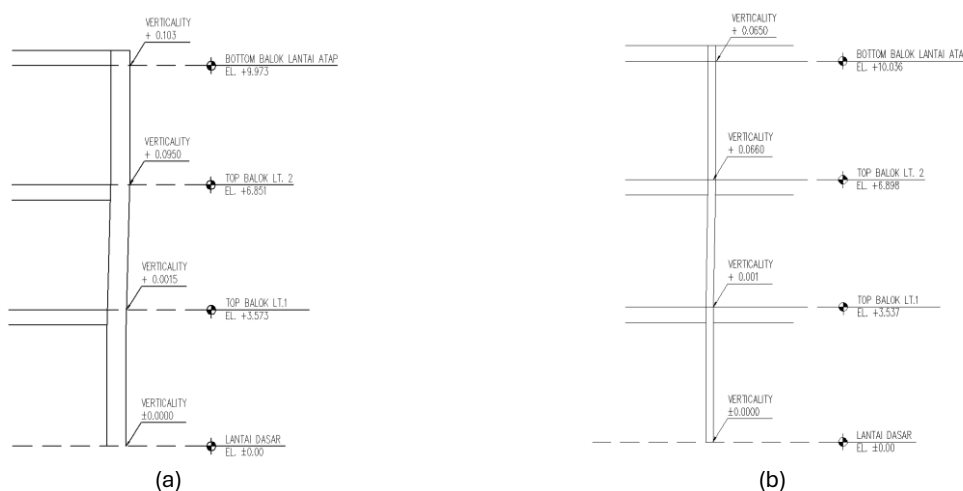


Gambar 4. Kegiatan pengukuran *verticality* bangunan eksisting pada salah satu kolom menggunakan teodolit di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Berdasarkan hasil pengecekan *verticality*, dapat diketahui bahwa pada kedua arah pengukuran, yaitu arah memanjang dan melintang bangunan, nilai *verticality* pada lantai 2 dan lantai 3 tidak memenuhi standar *verticality* karena nilainya di atas nilai ambang batas standar yang ditentukan. Berikut adalah hasil koreksi pada gambar *as-built drawing* seperti yang terlihat pada **Gambar 5**.

Tabel 2. Pengolahan Data Hasil Pengukuran *Verticality* dan Pengecekan Terhadap Standar

No.	Lokasi	Jarak [m]	Tinggi Alat [m]	Titik Tinjau	Elevasi [m]	Tinggi Lantai [m]	<i>Verticality</i> [m]	Toleransi [m]	Keterangan
Arah Memanjang Bangunan									
1	A-4	18	1,382	Trap Tangga 1	0		0		
				Top Balok Lt. 1 (Tepi)	3,573	3,573	0,012	0,018	OK
				Top Balok Lt. 2 (Tepi)	6,851	3,278	0,095	0,034	NOT OK
				Bottom Balok Lt. 3 (Tepi)	9,973	3,122	0,103	0,050	NOT OK
Arah Melintang Bangunan									
2	A-4	13	1,475	Trap Tangga 1	0		0		
				Top Balok Lt. 1 (Tepi)	3,537	3,537	0,001	0,0177	OK
				Top Balok Lt. 2 (Tepi)	6,898	3,361	0,066	0,0345	NOT OK
				Bottom Balok Lt. 3 (Tepi)	10,036	3,138	0,065	0,0502	NOT OK



Gambar 5. (a) Potongan melintang dan (b) Potongan memanjang hasil koreksi *verticality* dari kolom eksisting pada *as-built drawing* di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Pengujian Rebound Hammer Test

Pengujian mutu beton dilakukan pada pelat lantai atap, lantai 2, dan lantai 3 menggunakan metode *Rebound Hammer Test* untuk mengetahui kekerasan permukaan dan mengestimasi kuat tekan beton secara relatif. Berikut adalah kegiatan pengujian *Rebound*

Hammer Test pada bangunan eksisting seperti yang terlihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Kegiatan pengujian *Rebound Hammer Test* pada pada pelat lantai di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Adapun hasil pengolahan data yang diperoleh dari pengujian *Rebound Hammer Test* pada titik-titik yang diperlukan pada setiap lantainya adalah seperti yang terlihat pada **Tabel 3**.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui bahwa mutu beton pada bangunan eksisting nilainya sangat bervariasi, dimulai dari 29,1 kg/cm² – 407,4 kg/cm², di mana variasi kualitas permukaannya mulai dari “Terdapat Void/Retakan” – “Cukup”. Hal ini menunjukkan tidak konsistennya mutu beton hasil pengecoran pada saat pembangunan karena variasinya sangat jauh. Adapun rekapitulasi mutu beton pada elemen struktur beton pada setiap lantainya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian *Rebound Hammer Test* pada Bangunan Eksisting di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Pengujian Kekerasan Permukaan Beton dengan Alat <i>Schmid's Hammer Test</i>								
Komponen	Atap Tangga S1	Atap Tangga MID	Atap Tangga S2	Ring Balok	Lantai Gedung Utama	Lantai Toilet	Lantai Gedung Utama	Lantai Toilet
Arah	V-	V-	V-	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	V-2
Lantai	Atap	Atap	Atap	Atap	3 (Tiga)	3 (Tiga)	2 (Dua)	(Dua)
1	20	25	20	19	41	28	44	27
2	18	25	19	18	43	27	44	28
3	17	25	19	18	40	27	43	26
4	16	25	18	18	40	28	43	26
5	16	24	18	18	39	28	42	25
6	16	24	17	18	38	28	42	25
7	16	24	17	18	39	26	41	25
8	16	24	17	18	39	26	40	24
9	16	24	17	19	38	26	40	24
10	15	23	17	17	38	26	40	24
R Maksimum	20	25	20	19	43	28	44	28
R Minimum	15	23	17	17	38	26	40	24
R Rata-rata	16,6	24,3	17,9	18,1	39,5	27	41,9	25,4
Deviasi	1,4	0,7	1,1	0,6	1,6	0,9	1,6	1,3
R Koreksi	14,3	23,2	16,1	17,2	36,9	25,5	39,3	23,2
Perkiraan Kuat Tekan [kg/cm²]	34,4	183,6	65,1	29,1	366,7	170,8	407,4	183,4
Kualitas Permukaan	Terdapat Void/Retakan	Jelek	Terdapat Void/Retakan	Terdapat Void/Retakan	Cukup	Jelek	Cukup	Jelek

1. Atap beton tangga = 94,4 kg/cm²
2. Ring balok atap = 29,1 kg/cm²
3. Pelat lantai gd. utama lt. 3 = 366,7 kg/cm²
4. Pelat lantai toilet lt. 3 = 170,8 kg/cm²
5. Pelat lantai gd. utama lt. 2 = 407,4 kg/cm²
6. Pelat lantai toilet lt. 2 = 183,4 kg/cm²

kuda atap untuk memperkirakan kekuatan tarik material tanpa merusaknya. Berikut adalah kegiatan pengujian *Brinell Hardness Test* pada bangunan eksisting seperti yang terlihat pada **Gambar 7**.

Pengujian Kekerasan Material (*Brinell Hardnes Test*)

Uji kekerasan *Brinell* dilakukan pada elemen-elemen baja seperti kolom, balok, dan kuda-



Gambar 7. Kegiatan pengujian *Brinell Hardness Test* pada pada balok baja di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Adapun hasil pengolahan data yang diperoleh dari pengujian *Brinell Hardness Test* pada titik-

titik yang diperlukan pada setiap lantainya adalah seperti yang terlihat pada **Tabel 4**.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui bahwa mutu baja pada bangunan eksisting nilainya sangat bervariasi, dimulai dari 693,3 – 1.432,6 MPa, di mana variasi kualitas mutu baja memiliki rentang yang sangat jauh di beberapa komponen struktur baja. Adapun rekapitulasi mutu baja pada elemen struktur baja pada setiap lantainya adalah sebagai berikut:

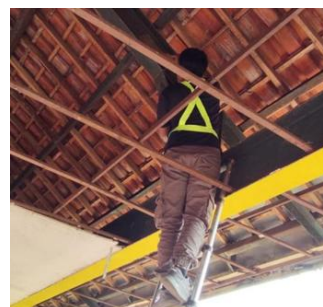
1. Rangka atap = 1.214,4 MPa (A36)
2. Balok rangka tangga atap = 875,6 MPa (A36)
3. Balok lt. 1-3 = 983,2 MPa (A36)
4. Kolom lt. 1-3 = 741,6 MPa (A36)

Tabel 4. Hasil Pengujian *Brinell Hardness Test* pada Bangunan Eksisting di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Komponen	Pengujian <i>Brinell Hardness Test</i>							
	Balok Tangga	Balok Anak Tangga	Ring Balk	Kuda-Kuda AS 5	Kuda-Kuda AS6	Kolom Tangga Luar	Kolom Utama AS 5	Balok Tangga
Lantai	Atap	Atap	Atap	Atap	Atap	3 (Tiga)	3 (Tiga)	3 (Tiga)
1	299	350	449	409	359	227	253	399
2	279	358	458	417	402	251	265	338
3	277	351	465	392	373	263	277	331
4	276	359	435	390	347	245	300	319
5	272	304	456	374	417	239	235	305
6	251	373	445	356	315	283	246	
7	245	319	400	329	353	227	220	
8	240	316	458	353	378	212	334	
9	202	315	438	329	402	207	291	
10		311	458	385	347	233	298	
R Maksimum	299	373	465	417	417	283	334	399
R Minimum	202	304	400	329	315	207	220	305
R Rata-rata	260,1	335,6	446,2	373,4	369,3	283,7	271,9	338
Deviasi	28,8	24,9	18,9	30,9	31,3	23	34,7	32,3
R Koreksi	212,9	294,8	415,3	322,7	318	201	215	285
Perkiraan Kuat Tarik Ultimit [MPa]	734,4	1.016,9	1.432,6	1.113,5	1.097	693,3	741,6	983,2

Pengujian Kualitas Sambungan Las (*Liquid Penetrant Test*)

Pengujian *Liquid Penetrant Test* (LPT) dilakukan untuk mendeteksi cacat permukaan pada sambungan las struktur baja, terutama pada area sambungan balok–kolom dan sambungan kuda-kuda atap. Berikut adalah kegiatan pengujian LPT seperti yang terlihat pada **Gambar 8**.


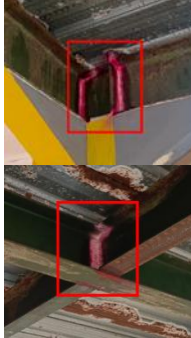


Gambar 8. Kegiatan pengujian LPT pada pada balok baja di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

Berdasarkan hasil analisis, dapat diketahui bahwa hasil pekerjaan sambungan las pada area kuda-kuda atap dan sambungan kolom-balok lt. 3 kurang baik, dikarenakan ditemukan

cukup banyak retakan dan kecacatan berupa lubang yang terdapat pada pekerjaan pengelasannya.

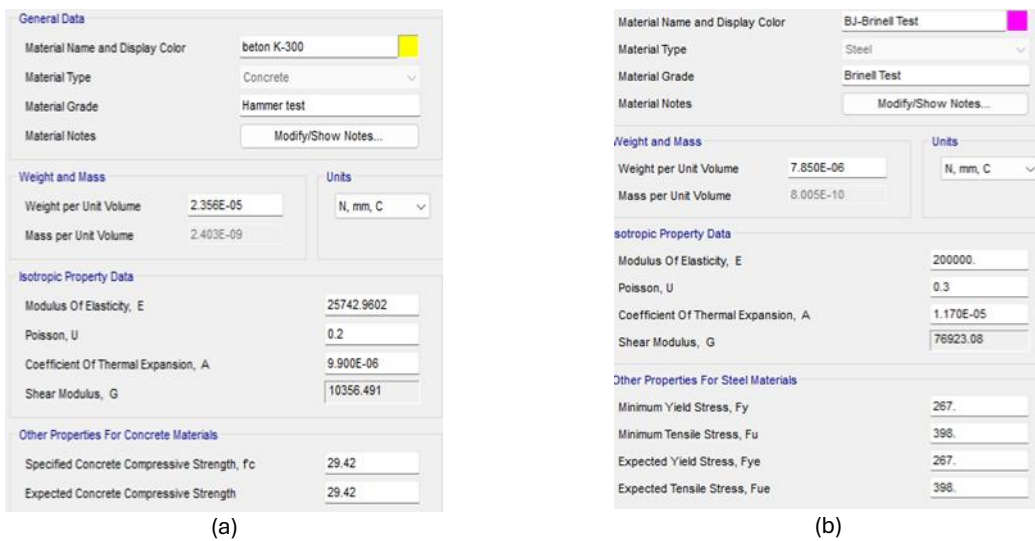
Tabel 5. Analisis Hasil Pengujian LPT pada Bangunan Eksisting di SDN Cipageran Mandiri 1, Kecamatan Cimahi Utara, Kota Cimahi

No.	Temuan Visual	Lokasi	Dokumentasi
1	Terdapat <i>crack</i> pada bagian tengah dan sisi dari sambungan las	Kuda-kuda atap	
2	Terdapat <i>crack</i> pada bagian tengah dan sisi dari sambungan las	Area tangga	

Pemantauan Kondisi Gedung Dengan Permodelan Struktur 3D

Pada bagian ini, dilakukan pemantauan kondisi gedung dengan menggunakan *software finite element analysis*. Gedung yang ditinjau tersusun dari 3 (tiga) lantai dengan

menggunakan material baja. Hasil pengujian non-destruktif berupa pengujian kekerasan material baja dan pengujian *rebound hammer* pada material beton dijadikan sebagai *input data* (**Gambar 9**) pada *software* sebagai berikut.



Gambar 9. Input data pengujian (a) Kekerasan material baja dan (b) Rebound Hammer Test material beton

Adapun selanjutnya, hasil inspeksi visual berupa ukuran profil baja yang terbagi menjadi 3 (tiga) bagian elemen struktur, yaitu kolom IWF 500X200, balok induk IWF 400X180 dan balok

anak IWF 350X175. Ketiga elemen struktur tersebut di-input-kan ke dalam *frame properties* pada *software* sebagai berikut.



Gambar 10. Input data penampang elemen struktur (a) Input properties kolom, (b) Input properties balok utama dan (c) Input properties balok anak

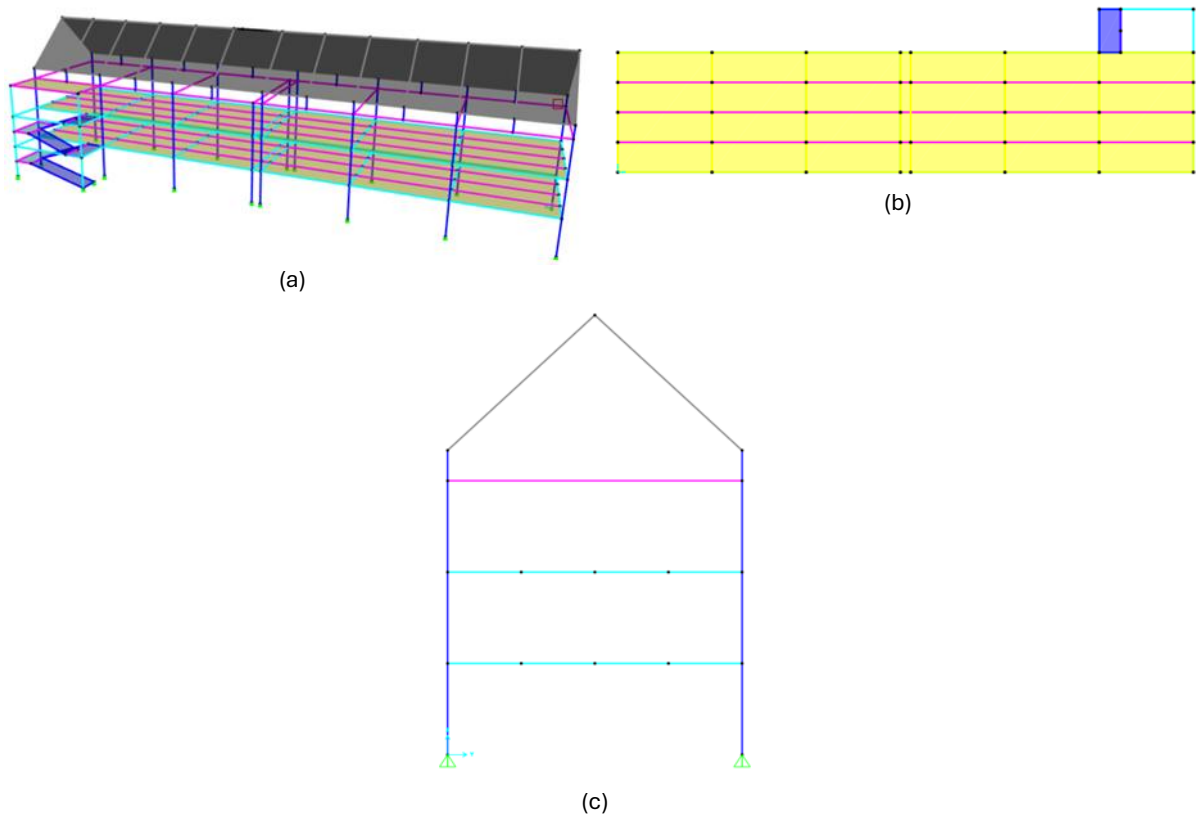
Tidak adanya data *as-built drawing* pada saat selesai masa konstruksi menyebabkan permodelan objek struktur didasarkan pada data sekunder berupa denah bangunan, hasil pengukuran geometrik, dan penggambaran gedung eksisting. Ilustrasi permodelan struktur dapat dilihat pada **Gambar 11** berikut.

Karena kedekatan lokasi objek terhadap potensi gempa bumi dari sesar Lembang, dalam permodelan ditambahkan parameter beban gempa berupa grafik respons spektrum (**Gambar 12**) yang tersusun berdasarkan faktor risiko, faktor keutamaan gempa, dan faktor lainnya yang memengaruhi tingkatan besaran gaya gempa yang terjadi pada struktur. Selain itu, beban lain yang di-input-kan dalam

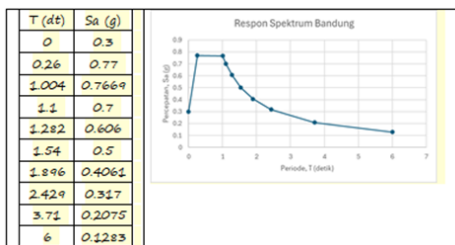
permodelan merujuk pada SNI 1727 : 2020 [18] dengan uraian pada **Tabel 6** sebagai berikut.

Tabel 6. Beban yang Digunakan dalam Permodelan

Kategori Beban	Besaran Beban per Satuan
Plafond dan penggantung	0,552 kN/m ²
Keramik dan mortar	1,10 kN/m ²
Dinding (B ½ bata dan finishing)	2,35 kN/m ²
Waterproofing (liquid applied)	0,05 kN/m ²
Ruang kelas	2,4 kN/m ²



Gambar 11. Permodelan struktur (a) Model 3D, (b) Denah struktur dan (c) Potongan melintang struktur

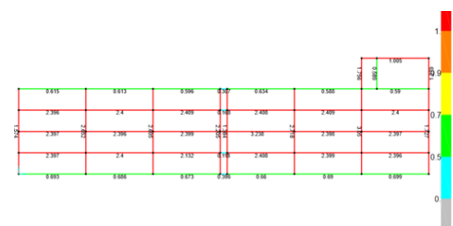


Gambar 12. Beban gempa Bandung

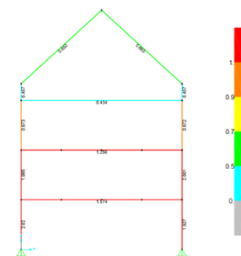
Dalam mengetahui kapasitas struktur dan dibatasi minimnya data eksisting yang diperoleh, ditetapkan analisis objek struktur yang diasumsikan hanya sebagai struktur portal 3D tanpa adanya struktur komposit pada bidang kontak elemen pelat lantai dan balok. Kapasitas struktur yang ditinjau pada elemen kolom dan balok dibandingkan dengan gaya dalam yang terjadi, untuk selanjutnya diketahui apakah struktur memenuhi SNI 1729:2020 [19].

Hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 13** dan **Gambar 14** menyatakan bahwa terjadi ketidakmampuan struktur dalam menahan gaya. Stress ratio lebih dari 1, khususnya terjadi pada balok utama, balok anak dan kolom.

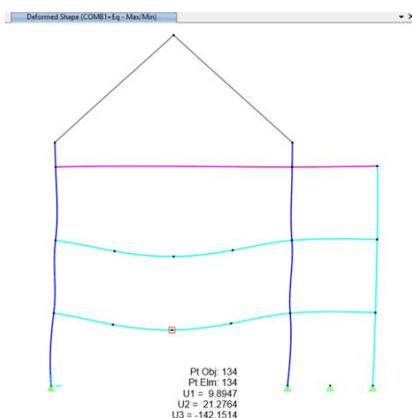
Sedangkan balok utama sisi tepi struktur dapat dinyatakan kapasitasnya masih memenuhi. Pengecekan deformasi ditinjau pada balok utama pada bentang 9,7 m yang dapat dilihat pada **Gambar 15** berikut.



Gambar 13. Stress ratio elemen struktur balok (denah bangunan)



Gambar 14. Stress ratio elemen struktur kolom dan balok (tampak bangunan)



Gambar 15. Deformasi maksimal pada balok utama

Berdasarkan titik tinjauan pada balok utama, terjadi deformasi maksimal sebesar 142,15 mm. Acuan standar deformasi yang ditetapkan yaitu $L/240$ atau setara dengan 40,416 mm, yang menyatakan bahwa struktur balok tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Gedung C SDN Cipageran Mandiri 1 Kota Cimahi menunjukkan banyak indikasi kerusakan struktural dan arsitektural, mulai dari mutu beton yang sangat bervariasi ($29,1\text{--}407,4\text{ kg/cm}^2$), mutu baja yang tidak seragam ($693,3\text{--}1432,6\text{ MPa}$), hingga adanya cacat sambungan las, korosi, dan penyimpangan vertikal pada kolom. Hasil analisis struktur dengan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga menunjukkan adanya *stress ratio* >1 pada elemen balok dan kolom, serta deformasi balok utama yang melebihi batas standar $L/240$. Berdasarkan temuan tersebut, struktur gedung tidak memenuhi persyaratan SNI 1729:2020, sehingga dinyatakan tidak layak secara struktural. Oleh karena itu, gedung C memerlukan perbaikan dan rehabilitasi struktural secara menyeluruh demi menjamin keselamatan, kenyamanan, dan keberlangsungan fungsi bangunan sebagai sarana pendidikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan pendanaan hibah dosen pemula serta teman-teman penelitian yang sudah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] J. Hakiki, "Investigasi Kerusakan Pada Struktur Gedung Plasa Telkom Padang Sidempuan," *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 100–108, 2023.
- [2] Z. Zaidir, M. Nofitra, and L. M. Putri, "Evaluasi Kelayakan Bangunan Bertingkat Pasca Gempa 30 September 2009 Sumatera Barat (Studi Kasus : Kantor Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informatika Provinsi Sumatera Barat)," *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, vol. 8, no. 1, pp. 61–74, 2012, doi: 10.25077/jrs.8.1.61-74.2012.
- [3] S. Sutjipto, I. Sumeru, W. Supardjo, and S. A. Sucipto, "Asesmen Struktur Gedung Baja Eksisting Berdasarkan Asce 41-17," *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, vol. 6, no. 2, pp. 1–11, 2023, doi: 10.25105/cesd.v6i2.18892.
- [4] N. Yanto, R. Imani, and Z. Andika, "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Rumah Sakit Paru Sumatera Barat dengan Pushover Analysis," *Civil Engineering Collaboration*, pp. 1–9, 2019, doi: 10.35134/jcivil.v4i2.1.
- [5] S. Hong, S. Yoon, J. Kim, C. Lee, S. Kim, and Y. Lee, "Evaluation of condition of concrete structures using ultrasonic pulse velocity method," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.3390/app10020706.
- [6] S. Gavela, N. Nikoloutsopoulos, G. Papadacos, and A. Sotiropoulou, "Combination of compressive strength test and ultrasonic pulse velocity test with acceptable uncertainty," *Material Design and Processing Communications*, vol. 3, no. 4, 2021, doi: 10.1002/mdp2.171.
- [7] M. Jedidi, "Evaluation of Concrete by Non-destructive Ultrasonic Pulse Velocity Method," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 10, no. 4, pp. 1623–1630, 2022, doi: 10.13189/cea.2022.100431.
- [8] F. Saint-Pierre, A. Philibert, B. Giroux, and P. Rivard, "Concrete Quality Designation based on Ultrasonic Pulse Velocity," *Constr. Build. Mater.*, vol. 125, pp. 1022–1027, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.158.

- [9] J. M. C. Ongpeng, "Ultrasonic pulse velocity test of reinforced concrete with induced corrosion," *ASEAN Engineering Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 9–17, 2017, doi: 10.11113/aej.v7.15490.
- [10] M. Wang and W. Wan, "A new empirical formula for evaluating uniaxial compressive strength using the Schmidt hammer test," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, vol. 123, 2019, doi: 10.1016/j.ijrmmms.2019.104094.
- [11] A. Brencich, G. Cassini, D. Pera, and G. Riotto, "Calibration and Reliability of the Rebound (Schmidt) Hammer Test," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 1, no. 3, pp. 66–78, 2013, doi: 10.13189/cea.2013.010303.
- [12] K. Sanchez and N. Tarranza, "Reliability of Rebound Hammer Test in Concrete Compressive Strength Estimation," *International Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engineering*, vol. 1, no. 2, Jan. 2015, doi: 10.15242/IJAAEE.C1114040.
- [13] M. V. G. M. Rădulescu, G. M. T. Rădulescu, A. T. G. M. Rădulescu, C. M. Rădulescu, and T. Popescu, "Theoretical and experimental research on laser-scanner verification of the verticality of the 351.5 m smoke chimney located on the industrial platform in baia mare, Romania," 2015.
- [14] R. Hill, B. Storåkers, and A. B. Zdunek, "A theoretical study of the Brinell hardness test," *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences*, vol. 423, no. 1865, pp. 301–330, Jun. 1989, doi: 10.1098/rspa.1989.0056.
- [15] L. Trevisan and D. A. K. Fabricio, "Measurement uncertainty evaluation of brinell hardness test: Gum and Monte Carlo method," *Periodico Tche Quimica*, vol. 15, no. 30, pp. 252–258, 2018, doi: 10.52571/ptq.v15.n30.2018.255_periodico30_pgs_252_258.pdf.
- [16] P. E. Mix, "Liquid Penetrant Tests," in *Introduction to Nondestructive Testing*, 2004, pp. 221–245. doi: 10.1002/0471719145.ch6.
- [17] C. Chris Roshan, H. Vasanth Ram, and J. Solomon, "Non-destructive testing by liquid penetrant testing and ultrasonic testing-A review," *International Journal of Advance Research*, pp. 694–697, 2019, [Online]. Available: www.IJARIT.com
- [18] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1727:2020, Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung Dan Struktur Lain," Badan Standardisasi Nasional, 2020.
- [19] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1729:2020, Standar perencanaan spesifikasi untuk bangunan gedung baja," Badan Standardisasi Nasional, 2020.