



Keandalan bangunan terhadap aspek keselamatan aktivitas pengguna gedung Rumah Sakit Umum Stella Maris Makassar

Miftahuljannah^{1*}, Erma Sukmawaty¹, Armi Indrayuni¹

Program Studi Arsitektur

Fakultas Teknik, Universitas Pepabri Makassar

Jl. Urip Sumoharjo Km. 4, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia. 90231

*E-mail: miftahujannah@unpepabri.ac.id

Abstrak: Keselamatan dan keandalan struktur bangunan rumah sakit sangat penting, khususnya di fasilitas kesehatan seperti Rumah Sakit Umum Stella Maris Makassar. Bangunan harus mampu menahan beban dan bencana alam, serta memberikan kenyamanan dan keselamatan bagi penggunanya. Penelitian ini mengevaluasi keandalan struktur melalui metode dengan pengujian teknis seperti *hammer test* dan *rebar scan*, serta survei persepsi pengguna mengenai kenyamanan, aksesibilitas, dan keselamatan dari bahaya kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan struktural dan keselamatan pengguna bangunan Rumah Sakit Umum Stella Maris serta untuk memberikan rekomendasi desain struktural, perbaikan sistem pencegahan kebakaran, dan pemantauan rutin guna meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna rumah sakit. Hasil pengujian *hammer test* menunjukkan mutu beton rata-rata sebesar 363,60 kg/cm², yang masih memenuhi standar desain yang berlaku di Indonesia. Pengujian *rebar scan* menunjukkan kesesuaian jumlah tulangan dan ketebalan selimut beton dengan dokumen *as-built drawing*. Kesimpulannya bahwa survei terhadap pengguna menunjukkan bahwa mayoritas responden merasa puas dengan keandalan struktural dan kenyamanan ruangan, meskipun masih ada ruang untuk peningkatan dalam hal aksesibilitas dan keselamatan kebakaran.

Kata Kunci: *hammer test*, keandalan struktural, keselamatan bangunan gedung, *rebar scan*, Rumah Sakit Umum Stella Maris

Abstract: The safety and reliability of hospital building structures are crucial, especially in healthcare facilities like Stella Maris General Hospital in Makassar. Buildings must be able to withstand loads and natural disasters while also providing comfort and safety for users. This study evaluates structural reliability through technical tests such as the Hammer Test and Rebar Scan, as well as a user perception survey on comfort, accessibility, and fire safety. The study aims to assess the structural reliability and user safety of the Stella Maris General Hospital building. Additionally, it aims to provide recommendations for structural design improvements, fire prevention systems, and routine monitoring to enhance the safety and comfort of hospital users. The Hammer Test results show an average concrete strength of 363.60 kg/cm², which meets the applicable design standards. The Rebar Scan results indicate the number of reinforcements and concrete cover thickness are in accordance with the as-built drawing documents. User surveys reveal that the majority of respondents are satisfied with the building's structural reliability and room comfort, though there is room for improvement in terms of accessibility and fire safety.

Keywords: hammer test, structural reliability, building safety, rebar scan, Stella Maris General Hospital

PENDAHULUAN

Keselamatan pengguna gedung, terutama di fasilitas kesehatan seperti rumah sakit, menjadi perhatian utama dalam desain dan konstruksi bangunan. Rumah sakit sebagai fasilitas kesehatan publik tidak hanya harus memenuhi standar pelayanan medis yang tinggi, tetapi juga harus memastikan keselamatan dan kenyamanan bagi semua penggunanya, termasuk pasien, tenaga medis, dan pengunjung. Studi terhadap sembilan rumah sakit di empat provinsi menunjukkan rata-rata *Hospital Safety Index*

Cara Sitas:

Miftahuljannah, M., Sukmawaty, E., Indrayuni, A. (2025). Keandalan bangunan terhadap aspek keselamatan aktivitas pengguna gedung Rumah Sakit Umum Stella Maris Makassar. *Teknossains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 19(3), 284-295. <https://doi.org/10.24252/teknossains.v19i3.51506>

(HSI) nasional sebesar 0,673 (Kategori A), yang menandakan sebagian besar rumah sakit masih berfungsi saat bencana. Namun, aspek non-struktural dan manajemen bencana perlu ditingkatkan. Secara regional, DKI Jakarta (0,76), Yogyakarta (0,709), dan Jawa Barat (0,673) berada pada Kategori A, sementara Sumatera Utara (0,507) berada pada Kategori B dengan risiko tinggi dalam situasi darurat (Lestari, (2022). Keandalan bangunan rumah sakit dalam hal ini tidak hanya berkaitan dengan kekuatan struktural untuk menahan beban dan bencana alam, tetapi juga meliputi aspek keselamatan dalam aktivitas sehari-hari, seperti aksesibilitas, pencegahan kebakaran, kualitas udara dalam ruangan, dan penanganan limbah medis teratur rapi (Tumpu, 2023).

Rumah sakit harus mematuhi berbagai kriteria teknis terkait fasilitas dan infrastruktur untuk mendukung layanan kesehatan yang menyeluruh (Rilatupa, 2020). Semua kriteria ini harus dirancang sesuai dengan standar dan prinsip-prinsip yang berlaku. Pada dasarnya, 'sarana' merujuk pada segala aspek yang berkaitan dengan struktur fisik gedung atau bangunan dan ruangannya. Sementara itu, 'prasarana' mencakup segala yang diperlukan agar sarana tersebut dapat beroperasi secara efektif, termasuk penyediaan air bersih, listrik, sistem pembuangan air limbah, dan lain sebagainya (Nuraeni, 2022). Indonesia telah memperkuat regulasi keselamatan konstruksi melalui sejumlah payung hukum. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung yang menjadi dasar pengaturan awal kemudian direvisi melalui Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 (Omnibus Law). Regulasi ini diperjelas lebih lanjut melalui Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 yang memberikan penjabaran detail mengenai aspek keselamatan bangunan.

Undang-Undang ini wajibkan setiap wilayah di Indonesia untuk mengembangkan dan menerapkan Peraturan Daerah mereka sendiri, yang bertujuan untuk mengatur konstruksi dan manajemen bangunan gedung sesuai dengan kondisi spesifik daerah masing-masing (Purwoko, 2019). Kemajuan dalam desain struktural bangunan yang kian kompleks, keberagaman fungsi penggunaan bangunan, serta tuntutan standar keselamatan yang semakin ketat, menuntut pemilik atau pengembang bangunan untuk serius mempertimbangkan pengelolaan keselamatan dari bahaya kebakaran (Hesna, 2009). Berbagai insiden kebakaran yang terjadi di bangunan tinggi, baik itu bangunan komersial maupun perkantoran, seharusnya menjadi pengingat akan pentingnya persiapan dan penerapan manajemen keselamatan kebakaran yang efektif (Ruddin, 2023).

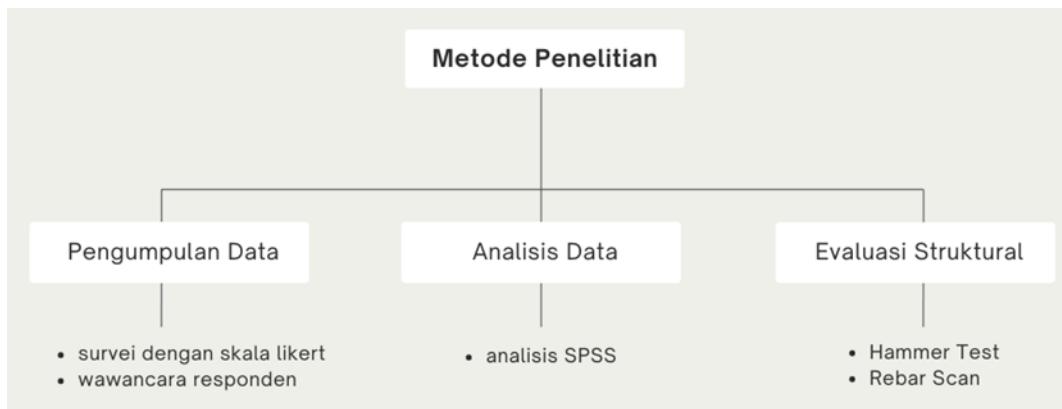
Pengukuran tingkat keandalan sebuah bangunan, perlu dilakukan inspeksi yang mencakup aspek keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan aksesibilitas. Pentingnya evaluasi sistem drainase dan air hujan sangat berkaitan dengan pemenuhan syarat sanitasi dalam standar kesehatan (Tyasneki, 2018). Risiko kebakaran pada bangunan, termasuk pada fasilitas seperti rumah sakit, menjadi alasan utama penerbitan regulasi terkait sistem perlindungan kebakaran. Ini mencakup Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26 PRT/M/2008 dan peraturan Pd-T-11-2005-C. Regulasi ini bertujuan untuk diimplementasikan guna memastikan keamanan dan keselamatan pengguna bangunan (Kurniawan, 2014). Penurunan kualitas sebuah bangunan bisa terjadi akibat faktor usia, seperti proses pelapukan atau ketika ada perubahan fungsi dari bangunan tersebut. Kondisi tersebut akan menimbulkan masalah seperti menurunnya keamanan struktural dan kerugian kenyamanan bisa muncul, yang pada gilirannya dapat meningkatkan risiko keselamatan bagi pengguna bangunan. Situasi ini juga berpotensi menyebabkan penurunan kualitas lingkungan sekitarnya (Mirajhusnita, 2017). Berdasarkan uraian latar belakang maka dirumuskan tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi keandalan

struktural dan keselamatan pengguna bangunan rumah sakit serta memastikan pemenuhan standar teknis terkait fasilitas kesehatan. Meningkatkan keselamatan pengguna rumah sakit melalui rekomendasi desain struktural, sistem pencegahan kebakaran, dan pemantauan rutin bangunan. Hasilnya dapat membantu memperbarui kebijakan keselamatan bangunan di fasilitas kesehatan. Selain itu, penelitian ini juga akan mengurangi risiko kebakaran dan bencana alam serta meningkatkan pemahaman tentang pentingnya pemantauan struktural secara berkala.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus 2024 dengan menggunakan metode penelitian deskriptif yang bertujuan untuk mengevaluasi keandalan struktural dan keselamatan pengguna di Rumah Sakit Umum Stella Maris, Makassar. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif dengan cakupan komprehensif. Data dikumpulkan melalui survei menggunakan kuesioner berbasis skala *Likert* yang dirancang untuk mengukur persepsi pengguna rumah sakit, mencakup pasien, tenaga medis, dan pengunjung. Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 100 orang, yang dipilih untuk memperoleh gambaran representatif mengenai persepsi terkait keandalan struktur bangunan, tingkat keselamatan dalam aktivitas sehari-hari, serta kenyamanan lingkungan rumah sakit secara keseluruhan. Skala *Likert* adalah metode pengukuran yang digunakan untuk menentukan tingkat persetujuan responden terhadap suatu pertanyaan atau pernyataan, dengan memberikan pilihan jawaban mulai dari "sangat setuju" hingga "sangat tidak setuju". Setiap jawaban diberikan nilai atau skor, yang kemudian digunakan untuk menghitung rata-rata atau total skor dalam menilai kepuasan pelanggan atau kualitas layanan (Awaludin, 2023).

Prosedur penelitian dapat diamati pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur kerja

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS, yang memberikan wawasan mengenai korelasi antara faktor keselamatan dan kenyamanan, serta mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Selain survei, penelitian ini juga mencakup pengujian teknis struktural. *Hammer test* dilakukan sesuai standar ASTM C805 untuk mengukur kekuatan tekan beton tanpa merusak struktur bangunan. Tes ini memberikan informasi cepat dan efisien mengenai kondisi struktural bangunan, yang penting untuk pemeliharaan rutin dan perbaikan jika diperlukan. hammer test atau rebound hammer merupakan salah satu metode uji non-destruktif yang distandardisasi secara internasional melalui ASTM C805/C805M-18 (ASTM, 2020).

Prinsip pengujian ini didasarkan pada pengukuran jarak pantulan palu baja pegas setelah menumbuk permukaan beton, di mana nilai pantulan tersebut digunakan sebagai indikator kekerasan permukaan serta estimasi awal kekuatan tekan beton. Metode ini banyak dimanfaatkan untuk menilai keseragaman material dan mendeteksi variasi mutu beton pada bangunan, serta dapat digunakan untuk memperkirakan kekuatan tekan beton in situ dengan dukungan kurva korelasi yang tepat. Keunggulannya yang bersifat cepat, ekonomis, dan praktis membuat hammer test menjadi salah satu metode evaluasi yang paling banyak digunakan di lapangan, terutama untuk mendukung pemeliharaan rutin maupun perencanaan perbaikan bangunan publik seperti rumah sakit (FPrimeC, 2019; FPrimeC, 2020).

Metode *rebar scan* merupakan salah satu bentuk uji non-destruktif (*Non-Destructive Testing/NDT*) yang banyak digunakan untuk mengevaluasi kondisi beton bertulang tanpa merusak struktur. Prinsip utama dari metode ini adalah pemanfaatan teknologi *Ground Penetrating Radar* (GPR) yang bekerja dengan memancarkan gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi ke dalam beton, kemudian menganalisis sinyal pantulan yang diterima dari material dengan sifat dielektrik berbeda, seperti tulangan baja, rongga, atau retakan. Melalui interpretasi hasil pemindaian, GPR mampu mendeteksi lokasi, kedalaman, hingga pola distribusi tulangan, serta mengukur ketebalan lapisan pelindung (*concrete cover*) dengan akurasi yang cukup tinggi (Zatar, 2024). Dengan menggabungkan hasil survei persepsi pengguna dan pengujian teknis struktural, penelitian ini menghasilkan rekomendasi berbasis data yang dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna Rumah Sakit Umum Stella Maris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi persepsi pengguna terkait keandalan struktural, kenyamanan ruangan, aksesibilitas, dan keselamatan dari bahaya kebakaran di Rumah Sakit Umum Stella Maris, Makassar. Data yang diperoleh melalui survei berbasis skala Likert memberikan gambaran umum mengenai tingkat kepuasan pengguna terhadap berbagai aspek penting dalam infrastruktur rumah sakit. Aspek-aspek ini sangat penting mengingat rumah sakit sebagai fasilitas kesehatan harus memastikan kenyamanan dan keselamatan penggunanya dalam setiap aktivitas sehari-hari.

Tabel 1. Hasil analisis berbasis survei

Aspek yang Dinilai	Rata-rata Skor Likert	SD	Distribusi Jawaban (n = 100)	Kategori
Keandalan struktural	4,02	0,61	10% Sangat Puas, 67% Puas, 20% Cukup, 3% Kurang	Puas
Kenyamanan ruangan	3,85	0,73	8% Sangat Puas, 60% Puas, 25% Cukup, 7% Kurang	Puas
Aksesibilitas	3,91	0,65	12% Sangat Puas, 62% Puas, 21% Cukup, 5% Kurang	Puas
Keselamatan dari kebakaran	3,72	0,78	7% Sangat Puas, 55% Puas, 28% Cukup, 10% Kurang	Cukup Puas

Hasil survei menunjukkan bahwa tiga dari empat aspek yang dievaluasi berada dalam kategori “Puas”, yaitu keandalan struktural (rata-rata skor 4,02), kenyamanan ruangan (3,85), dan aksesibilitas (3,91). Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar responden menilai infrastruktur Rumah Sakit Umum Stella Maris telah memenuhi standar yang diharapkan pengguna. Sementara itu, aspek keselamatan dari bahaya kebakaran memperoleh skor rata-rata terendah (3,72) dan hanya masuk kategori “Cukup Puas”,

menandakan perlunya perhatian khusus dalam pengelolaan risiko kebakaran dan sistem proteksi keselamatan.

Keandalan struktural yang dinilai tinggi menunjukkan kepercayaan responden terhadap kekuatan dan ketahanan bangunan. Kondisi ini sejalan dengan teori perencanaan struktur beton bertulang yang menekankan pentingnya analisis beban, penerapan detail tulangan, serta redundansi untuk menjamin keamanan bangunan (Grant, 2020). Temuan ini juga mendukung penelitian Lestari (2022), yang menunjukkan bahwa sebagian besar rumah sakit di Indonesia masuk kategori A dalam Hospital Safety Index, sehingga relatif siap menghadapi bencana.

Hal ini mencerminkan bahwa bangunan dianggap mampu menahan beban dan menghadapi potensi bencana seperti gempa. Responden juga menilai bahwa pemeliharaan struktural dilakukan dengan cukup baik, meskipun ada kebutuhan untuk perbaikan berkala guna mempertahankan kekokohan bangunan. Usia bangunan mungkin menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan untuk pemeliharaan lebih lanjut (Kwon, 2020). Perencanaan struktur beton bertulang mencakup analisis beban, penyesuaian ukuran penampang, serta penerapan tulangan untuk memastikan kekuatan struktur, mempertahankan kesinambungan sistem, memberikan cadangan kekuatan (redundansi), dan menjamin keamanan bangunan secara keseluruhan (Grant, 2020).

Pada aspek kenyamanan ruangan, skor yang mencapai kategori puas memperlihatkan bahwa fasilitas ruang dinilai cukup mendukung aktivitas pasien maupun tenaga medis. Hasil ini konsisten dengan literatur *evidence-based design* (Ulrich et al., 2008) serta studi terkini oleh Al Khatib (2024), yang menegaskan bahwa kenyamanan ruang—termasuk pencahayaan, ventilasi, dan elemen *biophilic*—dapat meningkatkan pemulihan pasien dan kinerja staf medis. Aspek aksesibilitas juga memperoleh kategori puas, dengan skor 3,91 dan mayoritas responden (74%) menilai baik. Hal ini menunjukkan bahwa fasilitas sirkulasi, ramp, lift, dan signage rumah sakit sudah berfungsi memadai. Temuan ini sejalan dengan prinsip *universal design* yang menekankan akses untuk semua kalangan, termasuk penyandang disabilitas (Mace et al., 1996).

Sebaliknya, keselamatan dari bahaya kebakaran memperoleh skor terendah (3,72) dengan 38% responden menilai cukup atau kurang puas. Hal ini menunjukkan adanya kerentanan terkait sistem proteksi kebakaran, jalur evakuasi, maupun manajemen keselamatan. Studi Andanar & Erwandi (2024) juga menemukan bahwa banyak rumah sakit di Indonesia masih belum memenuhi standar NFPA, khususnya dalam aspek proteksi pasif dan fasilitas penyelamatan. Dengan demikian, hasil survei ini mempertegas urgensi peningkatan sistem proteksi kebakaran di RS Stella Maris agar selaras dengan standar keselamatan internasional.

Secara keseluruhan, survei ini mengonfirmasi bahwa keandalan struktural, kenyamanan ruangan, dan aksesibilitas rumah sakit sudah berada pada tingkat kepuasan yang baik, namun aspek keselamatan kebakaran masih menjadi kelemahan utama. Oleh karena itu, strategi peningkatan fasilitas proteksi kebakaran, prosedur evakuasi, dan manajemen risiko bencana menjadi prioritas dalam upaya meningkatkan kualitas keselamatan dan kenyamanan pengguna rumah sakit.

Mayoritas responden merasa puas dengan kondisi fisik dan keandalan struktur bangunan rumah sakit.

Tabel 2. Keandalan struktur

Aspek	Indikator Kuantitatif	Nilai/Temuan	Skor (0–100)	Catatan aksi
Keselamatan -Struktur	f'_c (MPa) vs target (≥ 30)	35,7 MPa	92	Baik; lanjutkan NDT/cek spot lain untuk homogenitas
Keselamatan - <i>Detailing</i>	Kesesuaian <i>rebar scan</i> dengan <i>as-built</i>	Sesuai	90	Sampling tambahan pada zona kritis
Keselamatan - Lingkungan	Jarak ke laut (m) → risiko korosi	~100 m	80	Program coating baja: interval 3–5 th; inspeksi tahunan
Proteksi Kebakaran - Aktif	Keberadaan <i>sprinklers, hydrant, alarm</i>	Ada (foto/tabel)	85	Uji debit/tekanan & fungsi alarm berkala
Proteksi Kebakaran - Pasif	Pintu tahan api, jalur keluar, <i>signage</i>	Ada (visual)	85	Uji tutup otomatis pintu & kelengkapan rambu
Kelistrikan	<i>Grounding & ATS</i> (ukur tersaji)	Tersaji	85	Verifikasi tahanan pentanahan target ($\leq 2\text{--}5 \Omega$, spesifik)
Kesehatan -Ventilasi/ AC	Sistem <i>split/exhaust</i> – fungsi	Ada	85	Cek ACH & CO_2 spot (target 800–1000 ppm ruang umum)
Pencahayaan	Lux vs Permenkes 24/2016 (butuh angka ukur)	Data parsial	75	Lengkapi uji lux; sesuaikan armatur bila < standar
Air bersih & limbah	IPA/IPAL - uji laboratorium	Ada	85	Pantau BOD/COD/MLSS periodik
Kenyamanan akustik	dB(A) ruang kunci (butuh angka ukur)	Data parsial	75	Lengkapi uji dB; perlakuan akustik bila > ambang
Kemudahan/Akses	<i>Ramp, lift, toilet difabel</i> (ada)	Ada	88	Cek kemiringan <i>ramp</i> ($\leq 1:12$), dimensi turning 1500 mm

Tabel konversi mutu beton menunjukkan hasil *hammer test* sebesar 35,7 MPa (kelas K-350) yang menandakan mutu beton baik. Tabel kapasitas aksial kolom K1 memperkirakan daya tekan kolom 500×1000 mm dengan 24 D19 mencapai $\pm 14,7$ MN, cukup aman secara struktural. Tabel rekapitulasi *tie beam* mencatat 9 tipe dengan total 65 batang dan luas penampang agregat $\pm 17,8$ m², berguna untuk estimasi material. Tabel Tipe Pondasi Tiang menampilkan variasi spun pile Ø400–Ø500 mm (1–6 tiang per titik) sebagai dasar perhitungan daya dukung. Tabel parameter lingkungan kritis menyoroti jarak ±100 m dari Pantai Losari, sehingga dibutuhkan pemeliharaan anti-korosi rutin pada elemen baja.

Responden merasa nyaman dengan kondisi ruangan, terutama dari aspek pencahayaan dan kebersihan. Namun, kualitas udara dan tingkat kebisingan masih menjadi perhatian di beberapa area. Sirkulasi udara yang baik dan pengurangan kebisingan dapat meningkatkan kenyamanan lebih lanjut. Penggunaan sistem isolasi akustik pada fasad bangunan dapat mereduksi kebisingan lalu lintas hingga 19 dB dan memperbaiki keterpahaman ucapan di dalam ruangan (Colarossi, 2023).

Aksesibilitas dinilai cukup memadai oleh sebagian besar responden. Namun, beberapa responden menyatakan bahwa fasilitas bagi pengguna berkebutuhan khusus

seperti *ramp* dan *lift* masih memerlukan peningkatan. Tanda arah dan jalur evakuasi juga perlu lebih jelas untuk memastikan akses yang lebih baik di seluruh area rumah sakit. Tanda evakuasi digital yang menunjukkan waktu terkini dan memiliki lampu berkedip dapat membantu proses evakuasi menjadi lebih aman, namun tanda larangan bisa menimbulkan bahaya (Kwee-Meier, 2019).

Persepsi keselamatan dari bahaya kebakaran relatif lebih rendah dibandingkan aspek lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa perlindungan kebakaran, seperti sistem alarm dan jalur evakuasi, membutuhkan perhatian lebih. Penambahan detektor asap dan peningkatan simulasi keselamatan kebakaran bagi staf dapat meningkatkan keamanan secara keseluruhan. Langkah-langkah mitigasi kebakaran di rumah sakit meliputi simulasi evakuasi berkala, instalasi sistem deteksi dan pemadaman otomatis, penggunaan bahan bangunan tahan api, serta pelatihan staf terkait prosedur tanggap darurat (Tathod, 2024).



Gambar 2. Pengukuran dengan *hammer test*

Pemeriksaan *hammer test* pada bangunan gedung Rumah Sakit Umum Stella Maris di Makassar dilakukan untuk mengevaluasi mutu beton pada elemen struktur yang meliputi kolom, balok, dan plat. *Hammer test* adalah metode non-destructif yang umum digunakan dalam pengujian kekuatan beton untuk mengetahui kekuatan tekan tanpa merusak material struktural yang ada. Uji palu benturan memungkinkan pendekripsi retakan serta pengukuran kedalamannya pada pelat beton bertulang secara efektif dan tanpa merusak struktur (Yazid, 2024). Tes ini dilakukan dengan menembakkan *plunger* ke permukaan beton, di mana pantulan dari *plunger* digunakan untuk memperkirakan kekuatan tekan material.

Pada proyek ini, pengujian dilakukan oleh laboratorium independen dari PT. Sucofindo, yang memiliki reputasi baik dalam layanan pengujian material. Selain *hammer test*, dilakukan juga pengujian rebar scan untuk mengetahui lokasi, ukuran, dan jumlah tulangan dalam struktur beton eksisting, yang penting untuk memastikan integritas struktural bangunan. Citra hasil transformasi *short-time Fourier* (STFT) mampu mengidentifikasi keberadaan tulangan (rebar) dalam struktur beton secara akurat melalui metode pengujian non-destructif berbasis sinyal ultrasonik (Kim, 2024). Dengan menggunakan kedua metode ini, hasil pemeriksaan dapat memberikan data yang valid

tentang kondisi material bangunan, yang sangat penting untuk menentukan langkah-langkah perbaikan atau pemeliharaan.

Hasil pengujian *hammer test* memberikan informasi penting terkait mutu beton yang digunakan dalam struktur eksisting bangunan Rumah Sakit Umum Stella Maris di Makassar. Nilai kuat tekan beton yang diperoleh dari pengujian ini menggambarkan apakah kualitas beton masih memenuhi standar desain yang ditentukan. Jika mutu beton masih sesuai dengan standar, struktur dianggap mampu menahan beban yang direncanakan, termasuk dalam situasi bencana seperti gempa. Namun, jika hasil menunjukkan penurunan kualitas beton di bawah standar, langkah-langkah perbaikan struktural perlu segera diambil.

Dalam hal ini, metode *retrofitting* atau penguatan elemen struktural melalui teknik injeksi beton dapat diterapkan untuk memastikan bahwa struktur tetap aman digunakan dan risiko kegagalan dapat dini. Untuk membuat bangunan lebih tahan gempa, pendekatan *Explainable Machine Learning* (XML) bisa membantu menentukan strategi perbaikan terbaik, salah satunya dengan penggunaan sistem peredam gesekan rotasional pegas (SRFD) (Gharagoz, 2025).

Hasil pengujian *hammer test* untuk gedung ini menunjukkan nilai kuat tekan beton dengan kisaran rata-rata sebesar 363,60 kg/cm². Nilai ini merupakan hasil evaluasi dari 15 titik pengujian dengan kuat tekan yang bervariasi, mulai dari nilai terendah 267,98 kg/cm² hingga tertinggi 784,35 kg/cm². Rata-rata kuat tekan beton, yaitu 439,79 kg/cm², dihasilkan setelah menggabungkan semua data pengujian dan dihitung melalui proses statistik. Standar deviasi sebesar 161,97 kg/cm² menunjukkan sebaran atau variasi dari nilai kuat tekan beton di beberapa titik pengujian, yang berarti ada variasi signifikan dalam kualitas material beton di berbagai area gedung. Koefisien k, yaitu 0,47, adalah nilai yang digunakan untuk menghitung karakteristik kuat tekan beton yang lebih realistis dengan tingkat kepercayaan 95%. Akhirnya, nilai karakteristik kuat tekan beton diperoleh sebesar 363,60 kg/cm², yang mencerminkan kapasitas struktur dalam menghadapi beban berdasarkan pengujian dan penghitungan statistik.

Nilai ini penting dalam evaluasi struktur, karena standar desain yang biasanya digunakan di Indonesia adalah $f'_c = 25 \text{ MPa}$ (250 kg/cm^2) atau lebih tinggi, tergantung pada desain struktur dan fungsi bangunan. Dengan hasil kuat tekan ini, dapat dikatakan bahwa mutu beton pada Gedung Santo Yoseph berada pada kisaran yang layak dan aman untuk mendukung beban struktur, meskipun beberapa titik mungkin memerlukan evaluasi lebih lanjut atau perbaikan jika ditemukan penurunan kualitas material yang signifikan. Pemeliharaan atau penguatan elemen-elemen struktur yang lemah perlu dilakukan untuk memastikan keamanan jangka panjang.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Sitorus (2023) pada kantor Wilayah BRI Jatingaleh di Jawa Tengah yang sedang menjalani rekonstruksi untuk meningkatkan fungsinya, termasuk penambahan penguatan struktural baru. Sebelum rekonstruksi dilakukan, kekuatan tekan beton pada bangunan tersebut dievaluasi menggunakan uji palu (*hammer test*) yang bersifat non-destruktif dan uji *core drill* yang bersifat semi-destruktif. Salah satu faktor penting yang memengaruhi kekuatan beton adalah kekerasan permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data primer dari hasil uji palu dan uji *core drill*, serta data sekunder dari kontraktor, untuk menentukan korelasi antara kedua metode pengujian tersebut. Hasil penelitian menunjukkan adanya korelasi antara nilai kekuatan tekan yang diperoleh dari kedua metode tersebut, yang dinyatakan dengan persamaan $1.3178e^{0.0567x}$, dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.8116$.



Gambar 3. Pengukuran dengan *rebar scan*

Pengujian *rebar scan* bertujuan untuk mendeteksi tulangan dalam elemen beton, dan juga ketebalan dari selimut beton (*concrete cover*). Hal ini menunjang pada struktur kekuatan hasil mutu beton dan pemeriksaan kesesuaian dengan dokumen *as buil drawing*. Pengujian *rebar scan* dilakukan oleh penyedia jasa laboratorium di PT. Sucofindo. Adapun hasil pengujian Rebar scan menunjukkan variasi pada ukuran dan jarak tulangan, serta ketebalan *cover*, menunjukkan desain yang dirancang dengan mempertimbangkan beban struktural yang bervariasi di tiap elemen. Selain itu, hasil ini menekankan pentingnya pemeliharaan secara berkala untuk memastikan bahwa perlindungan terhadap korosi tetap optimal, terutama pada elemen-elemen yang lebih rentan seperti plat. Informasi ini memberikan dasar yang kuat untuk keputusan lebih lanjut dalam mengevaluasi atau memperbaiki struktur bangunan, serta memastikan bahwa kekuatan dan keandalan struktur tetap terjaga.

Analisis terhadap hasil *rebar scan* menunjukkan bahwa struktur gedung menggunakan material dan penempatan tulangan yang dirancang untuk memberikan stabilitas dan kekuatan yang tinggi. Penggunaan tulangan D22 yang merata pada elemen-elemen kritis seperti kolom dan balok memberikan indikasi bahwa bangunan dirancang dengan mempertimbangkan beban tinggi dan memastikan ketahanan jangka panjang. Jarak antar sengkang yang bervariasi dan ketebalan selimut beton yang disesuaikan dengan kebutuhan setiap elemen menunjukkan perhatian terhadap detail yang penting untuk perlindungan korosi serta stabilitas struktural secara keseluruhan. Hal ini penting untuk menjamin bahwa struktur bangunan tetap aman dan berfungsi dengan baik, bahkan setelah bertahun-tahun penggunaan. *Rebar scan* merupakan salah satu teknik *non-destructive test* yang digunakan untuk mengetahui jumlah, diameter, dan distribusi tulangan baja (rebar) yang tersembunyi di dalam elemen beton tanpa merusak struktur (Purnomo, 2021).

Tabel 3. Hasil pengujian *rebar scan* pada bangunan Gedung Santo Yoseph RSSM

No	Lokasi	Elemen	Ukuran Elemen	Main Rebar	Stirrups	Jarak (cm)	Cover (mm)	Fungsi
1	Gedung Baru / Santo Yosep (AB1S)	Plat 3x3	N/A	D22, 4 batang	D10	10	25-35	Plat ini berfungsi mendistribusikan beban secara merata pada lantai bangunan.
2	Gedung Baru / Santo Yosep (C5)	Kolom	50x100 cm	D22, 6 batang	D10	15	35-50	Kolom ini mendukung beban vertikal bangunan dengan kekuatan tinggi, terutama untuk menahan beban tekan.
3	Gedung Baru / Santo Yosep (B3)	Kolom	50x100 cm	D22, 10 batang	D10	15	35-50	Kolom ini memberikan dukungan struktural yang kuat dengan jumlah tulangan yang lebih besar untuk menahan beban tekan yang signifikan.
4	Gedung Baru / Santo Yosep (B1)	Kolom	70x130 cm	D22, 5 batang	D10	15	35-50	Kolom dengan dimensi besar untuk menahan beban struktural yang lebih besar, khususnya untuk penyangga vertikal yang sangat kuat.
5	Gedung Baru / Santo Yosep (12C)	Plat 3x3	N/A	D22, 4 batang	D10	10	25-35	Plat ini didesain untuk mendistribusikan beban dengan efektif, dengan jarak antar sengkang yang rapat untuk mengurangi risiko keretakan pada plat.
6	Gedung Baru / Santo Yosep (6VC)	Balok	40x60 cm	D22, 6 batang	D10	12	35-50	Balok ini berfungsi untuk menyalurkan beban dari plat ke kolom. Ukuran tulangan yang besar memastikan bahwa balok dapat menangani beban lentur dan geser.

Data pada Tabel 3 menjelaskan hasil *rebar scan* untuk beberapa elemen struktural pada gedung baru yaitu Santo Yosep, termasuk plat, kolom, dan balok. Tulangan utama (*main rebar*) menggunakan baja berdiameter D22, yang menunjukkan kekuatan dan

ketahanan yang tinggi terhadap beban struktural. Jarak antar tulangan (*stirrups*) bervariasi antara 10 hingga 15 cm, yang menunjukkan perlindungan tambahan terhadap gaya geser dan mencegah retakan. Selimut beton (*cover*) berkisar antara 25 hingga 50 mm, memastikan perlindungan yang baik terhadap korosi. Fungsi utama dari elemen-elemen ini adalah untuk menahan beban vertikal dan lateral, dengan plat berfungsi untuk mendistribusikan beban, kolom mendukung beban tekan, dan balok untuk menyalurkan beban dari plat ke kolom, menjamin stabilitas dan kekuatan struktur bangunan secara keseluruhan.

Sistem struktur bangunan mengandalkan sistem rangka pemikul momen yang mampu menahan beban lateral gempa melalui mekanisme lentur, dan tidak ditemukan tanda-tanda kegagalan struktur pondasi maupun elemen struktur atas seperti balok, kolom, dan plat lantai. Hasil pengujian hammer test menunjukkan mutu beton berkisar 363,60 kg/cm², sementara hasil rebar scan menunjukkan jumlah tulangan dan selimut beton sesuai dengan dokumen *as-built drawing*. Rekomendasi yang diberikan mencakup pemeliharaan struktural berdasarkan PERMEN PU No.24/PRT/M/2008, termasuk pemeliharaan beton dengan metode perbaikan retakan menggunakan *epoxy grouts*, serta penanganan kebocoran pada plat dan dinding beton. Selain itu, pemeliharaan dinding bata merah atau *conblock* yang mengalami rembesan air perlu dilakukan dengan mengganti mortar dengan campuran yang lebih kedap air. Penambahan lantai pada bangunan tidak dapat direkomendasikan berdasarkan mutu beton saja, melainkan harus mempertimbangkan keseluruhan elemen struktur, seperti dimensi kolom, daya dukung tanah, dan dampak gempa terhadap bangunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Rumah Sakit Umum Stella Maris di Makassar memiliki struktur yang cukup andal, namun tetap memerlukan perhatian dan pemeliharaan rutin untuk mempertahankan kualitasnya. Hasil pengujian *hammer test* menunjukkan bahwa mutu beton rata-rata berada pada kisaran 363,60 kg/cm², yang masih dianggap sesuai dengan standar desain yang berlaku. Pengujian *rebar scan* mengonfirmasi bahwa jumlah tulangan dan ketebalan selimut beton sesuai dengan dokumen *as-built drawing*, sehingga elemen-elemen struktural seperti kolom, balok, dan plat dapat dikatakan memadai dalam menahan beban yang direncanakan. Beberapa area yang memerlukan pemeliharaan, seperti potensi retakan pada beton dan perlindungan terhadap korosi. Perbaikan retakan dapat dilakukan dengan menggunakan bahan *epoxy grouts*, dan pemeliharaan berkala terhadap elemen struktural perlu diterapkan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Selain itu, perlu perhatian lebih pada keselamatan dari bahaya kebakaran, seperti peningkatan sistem deteksi dan alarm kebakaran serta jalur evakuasi yang lebih jelas. Rekomendasi tambahan meliputi perbaikan kebocoran pada plat beton dan dinding, serta mempertimbangkan faktor-faktor struktural lainnya sebelum melakukan penambahan lantai pada bangunan. Pemeliharaan dan pemantauan rutin akan memastikan bahwa bangunan tetap aman dan layak untuk digunakan dalam jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti Program Studi Arsitektur Universitas Pepabri Makassar atas dukungan selama penelitian ini. Penelitian ini didukung oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui

Program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang turut berkontribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaludin, M. M. (2023). Penerapan metode servqual pada skala likert untuk mendapatkan kualitas pelayanan kepuasan pelanggan. *JSI (Jurnal sistem Informasi) Universitas Suryadarma*, 10(1), 89-106. <https://doi.org/10.35968/jsi.v10i1.990>.
- Colarossi, D. D. (2023). Multi-objective optimization of thermo-acoustic comfort of school buildings. *Building Simulation Applications BSA* 2022, 59–67. <https://doi.org/10.13124/9788860461919>.
- Gharagoz, M. N. (2025). Explainable machine learning (XML) framework for seismic assessment of structures using Extreme Gradient Boosting (XGBoost). *Engineering Structures*, 327(119621), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.119621>.
- Grant, D. &. (2020). Reinforced concrete design in *Earthquake Design Practice for Buildings*. <https://doi.org/10.1680/edpsb.64553.193>.
- Hesna, Y. H. (2009). Evaluasi penerapan sistem keselamatan kebakaran pada bangunan gedung rumah sakit dr. M. Djamil padang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(2), 65-76. <https://doi.org/10.25077/jrs.5.2.65-76.2009>.
- Kim, S. K. (2024). Image-based analysis method for detecting a rebar in concrete using short-time fourier transform (STFT). *IEEE Sensors Letters*, 8, 1-4. <https://doi.org/10.1109/LSENS.2024.3479408>.
- Kurniawan, P. A. (2014). Evaluasi penerapan sistem proteksi kebakaran pada bangunan rumah sakit (Studi kasus RS. Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 2(4), 824-832. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v2i4.37384>
- Kwee-Meier, S. M. (2019). Recommendations for the design of digital escape route signage from an age-differentiated experimental study. *Fire Safety Journal*, 110(102888), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102888>.
- Kwon, N. S. (2020). Maintenance cost prediction for aging residential buildings based on case-based reasoning and genetic algorithm. *Journal of building engineering*, 28, 101006. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101006>.
- Mirajhusnita, I. (2017). Analisa kelayakan rumah sakit ramah lingkungan berdasarkan evaluasi keandalannya. *Jurnal Universitas Pancasakti Tegal*, 15(2).
- Nuraeni, Y. &. (2022). Bangunan gedung rumah sakit di Kabupaten Cianjur dilihat dari Undang-Undang No 44 Tahun 2009 tentang rumah sakit dan Undang-Undang No 28 Tahun 2002 tentang bangunan gedung. *Pakuan Justice Journal of Law (PAJOUUL)*, 3(1), 15-23. <https://doi.org/10.33751/pajoul.v3i1.5831>.
- Purnomo, S. S. (2021). Penyelidikan struktur bangunan Cagar Budaya Pasar Johar Semarang (Proses Awal Pelaksanaan Rehabilitasi Bangunan Cagar Budaya). *Agora: Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Arsitektur Usakti*, 19(2), 114-126 <https://dx.doi.org/1025105/agora.v19i2.9849>.
- Purwoko, T. (2019). Analisa teknik kelayakan bangunan gedung rumah sakit (Studi kasus RS Kusuma Ungaran Kabupaten Semarang). *Doctoral Dissertation*, Universitas Islam Sultan Agung.
- Rilatupa, J. (2020). *Peranan Arsitek Pada Sistem Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan*. Jakarta: Uki Press.
- Ruddin, A. (2023). Hubungan promosi keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dengan perilaku aman (*Safe Behavior*) pada pekerja bagian produksi PT. Hok Tong Jambi. *Doctoral Dissertation*, Universitas Jambi.
- Sitorus, M. S. (2023). Korelasi kuat tekan *hammer test* (*Non Destructive Test*) dan *core drill* (*Semidestructive Test*) di Gedung Kanwil BRI Teuku Umar Pra Rekonstruksi. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 28(2), 209-215. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v28i2.5237>
- Tathod, P. &. (2024). Assessing and improving fire safety measures of healthcare facilities with special reference to pedestrian flow evacuation simulation and evacuation dynamics. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 4(3): 278-293. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-18931>.
- Tumpu, M. J. (2023). *Infrastruktur berbasis mitigasi bencana*. Makassar: TOHAR MEDIA.
- Tyasneki, D. I. (2018). Evaluasi nilai keandalan gedung rumah sakit “JIH” Yogyakarta dari aspek saluran drainase dan air hujan, 1-11.
- Yazid, N. &. (2024). Cracking assessment of reinforced concrete slab using impact hammer test. *Journal of Structural Monitoring and Built Environment*, 4(1), 56-66. <https://doi.org/10.30880/jsmbe.2024.04.01.008>.