

Evaluasi Mutu Beton Proyek Pembangunan Gedung di Desa Pesagi Kabupaten Tabanan-Bali

I Gusti Ngurah Eka Partama¹, Ni Kadek Astariani², I Gusti Made Sudika³, Ni Putu Silvi⁴

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ngurah Rai, Indonesia
Email : epartama@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i2.5175	Received: 11 Januari 2024	Accepted: 19 Maret 2024	Publish: 25 April 2024
--	-------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

ABSTRAK: Pekerjaan beton struktural pada Mayakhosa Pesagi *Project* dalam Pembangunan Gedung *Soul Centre Healing & Retreat* dikerjakan oleh PT. Karya Laksana Gemilang berdasarkan *job mix design* yang diterbitkan oleh Politeknik Negeri Bali dengan mutu beton rencana K-225 ($f'c=18,68\text{MPa}$). Analisis diperlukan untuk mendapatkan informasi mutu beton yang dikerjakan berdasarkan spesimen yang telah disiapkan. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi mutu beton yang dikerjakan berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 26.12.3. Evaluasi mutu beton dilakukan berdasarkan 16 spesimen silinder 150x300mm yang disiapkan saat pengecoran, 8 spesimen pada Pelat Timur dan 8 lainnya dari Pelat Barat. Analisis penerimaan mutu beton yang dikerjakan mengacu pada 2 ketentuan dalam standar tersebut. Syarat pertama: mutu beton dapat diterima jika rerata kuat tekan 3 spesimen berurutan tidak boleh kurang dari $f'c$ dan syarat kedua: untuk mutu beton sampai $f'c=35\text{MPa}$ setiap spesimen tidak boleh memiliki kuat tekan lebih rendah ($f'c-3,5$)MPa. Hasil evaluasi menyimpulkan mutu beton hasil pengecoran Pelat Barat memenuhi K-225 sedangkan Pelat Timur tidak memenuhi, yang ditunjukkan oleh 2 spesimen tidak memenuhi kuat tekan yang disyaratkan. Tiga parameter penting untuk mencapai mutu beton yang disyaratkan yaitu: material yang sesuai rancangan, pelaksanaan yang benar dan sumberdaya manusia yang memadai.

Kata kunci : *Evaluasi penerimaan mutu beton, Gedung Soul Centre, Desa Pesagi*

ABSTRACT: *Structural concrete work on the Mayakhosa Pesagi Project of the construction of the Soul Center Healing & Retreat Building were carried out by PT. Laksana Gemilang's work is based on a job mix design issued by the Bali State Polytechnic with K-225 design concrete quality ($f'c=18.68\text{MPa}$). Analysis is needed to obtain information on the quality of concrete that is done based on the spesimens that have been prepared. The research aims to evaluate the quality of the concrete worked based on SNI 2847:2019 article 26.12.3. Evaluation of concrete quality was carried out based on 16 150x300mm cylindrical spesimens prepared during casting, 8 spesimens from the East Plate and 8 from the West Plate. Acceptance analysis of the quality of concrete that is done refers to 2 provisions in the standard. The first requirement: the quality of concrete is acceptable if the average compressive strength of 3 consecutive spesimens cannot be less than $f'c$ and the second condition: for concrete quality up to $f'c=35\text{MPa}$ each spesimen must not have a lower compressive strength ($f'c-3,5$)MPa. The results of the evaluation concluded that the quality of the concrete casting the West Plate met K-225 while the East Plate did not meet, as indicated by the 2 spesimens not meeting the required compressive strength. Three important parameters to achieve the required concrete quality are: materials according to design, correct implementation and adequate human resource.*

Keywords: *Evaluation of concrete quality acceptance, Pesagi Village, Soul Center Building*

I. PENDAHULUAN

Perberlakuan SNI 2847:2019 menuntut semua pekerjaan beton struktural harus dievaluasi sehingga dapat diketahui mutu beton yang dapat dicapai. Pekerjaan Mayakhosa Pesagi *Project* dan Pembangunan Gedung *Soul Center Healing & Retreat* yang dikerjakan oleh PT. Karya Laksana Gemilang sebagian besar elemen strukturnya menggunakan beton, sehingga evaluasi setiap elemennya harus juga mengikuti ketentuan SNI dimaksud. Untuk mengevaluasi pekerjaan beton yang dilaksanakan maka disiapkan spesimen berbentuk silinder 150x300mm. Rancangan campuran (*Job mix design*) diterbitkan oleh Politenik Negeri Bali (PNB) [1] berdasarkan contoh material yang tersedia di lokasi pekerjaan. Uji coba rancangan campuran dilakukan pada umur 3 hari dan telah memenuhi mutu yang dimaksud. Saat pelaksanaan dibuat spesimen dan terkumpul 16 benda untuk diuji tekan di laboratorium menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM), sehingga dapat diketahui kuat tekan beton yang dilaksanakan. Hasil kuat tekan berdasarkan umur spesimen dapat dihitung sesaat setelah pengujian, namun untuk menyimpulkan apakah mutu beton yang dikerjakan memenuhi persyaratan mutu beton yang ditentukan, perlu dilakukan analisis dengan memperhatikan semua standar yang berlaku. Hasil analisis diharapkan dapat memberi informasi yang akurat terkait mutu beton yang dilaksanakan.

Hasil evaluasi mutu beton dalam pelaksanaan konstruksi menggunakan *ready mix* hasilnya relatif stabil ini ditunjukkan pada pelaksanaan pekerjaan beton pada Proyek Pembangunan Gedung Parkir Yogyakarta *International Airport* yang menggunakan beberapa jasa penyedia *ready mix* semua menunjukkan kualitas beton sesuai dengan peningkatan kekuatan beton untuk umur 3hari mencapai minimal 40% dan 28hari melampaui 100% mutu beton $f'c=35\text{MPa}$ [2]. Kondisi ini tentu tidak lepas dari konsistensi sifat material, komposisi campuran dan perawatan beton yang sesuai. Hasil penelitian yang sama mengevaluasi mutu beton K-175 menggunakan *ready mix* dengan perlakuan yang berbeda dalam perawatan. Perawatan spesimen divariasikan dengan tanpa penyiraman, penyiraman 1 kali dan penyiraman 2 kali dalam sehari. Hasil penelitian ini menunjukkan penyiraman 2 kali mempunyai kuat tekan beton melampaui target mutu K-175 dan yang lainnya cenderung lebih rendah seiring berkurangnya penyiraman [3]. Kesimpulan ini memberi petunjuk, perawatan dengan penyiraman air selama proses pengerasan memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan beton.

Hasil penelitian lain yang mengevaluasi mutu beton K-300 ($f'c=24,90\text{MPa}$) dimana hasil pengujian rancangan percobaan (*trial mix*) umur 3, 14 dan 28hari telah sesuai dengan target mutu yang diharapkan. Hasil pengujian pelaksanaan di lapangan disimpulkan tidak memenuhi mutu beton $f'c=24,90\text{MPa}$ dengan beberapa dugaan penyebabnya adalah: sifat material penyusun beton (semen, agregat dan air) yang tidak sesuai dengan hasil saat penyusunan *Mix Design Formula* (DMF), komposisi campuran yang tidak tepat saat pelaksanaan dan perawatan beton yang tidak maksimal [4]. Kegagalan pencapaian mutu beton seperti yang dipaparkan diatas juga dapat ditegaskan dalam pernyataan : gagalnya pencapaian mutu beton yang dilaksanakan karena kualitas material penyusun beton yang tidak sesuai, metode pelaksanaan yang tidak sesuai dan kompetensi tenaga ahli pelaksana dan pengawas pekerjaan tidak memadai [5]. Hal ini memberi gambaran untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan memerlukan persiapan material yang memenuhi syarat, metode pelaksanaan yang benar dan kompetensi sumberdaya manusia harus memadai. Pemilik Gedung *Soul Center Healing & Retreat* (*owner*) ingin memastikan bahwa mutu beton yang dilaksanakan oleh kontraktor telah memenuhi spesifikasi teknis, oleh karenanya penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi mutu beton berdasarkan spesimen yang dibuat saat pengecoran. Hasil kajian ini nantinya akan dipakai sebagai acuan untuk menetapkan kelayakan struktur atau tindakan korektif jika diperlukan.

II. LANDASAN TEORI

Beton adalah bahan struktur yang paling umum diaplikasikan dalam bangunan sipil. Untuk menjamin mutu beton yang diharapkan mutu beton harus dikontrol dengan melaksanakan berbagai pengujian. Pengujian yang wajib dilakukan untuk menentukan kuat tekan beton yang dilaksanakan dengan membuat spesimen dalam bentuk silinder atau kubus. Ketentuan-penerimaan mutu beton diatur dalam SNI 2847:2019 dan ACI 318-14 pada pasal 26.12.3 yang mencantumkan dua kriteria bahwa mutu beton

yang dikerjakan telah sesuai dengan yang ditargetkan. Syarat pertama: rata-rata kuat tekan spesimen yang dibuat secara berurutan tidak boleh kurang dari mutu beton yang disyaratkan dan syarat kedua: untuk mutu beton dibawah 35MPa kuat tekan tiap spesimen tidak boleh lebih rendah dari mutu beton yang disyaratkan dikurangi 3,5MPa [6] [7].

Untuk menjamin hasil pengujian yang akurat, maka disiapkan spesimen sesuai yang diatur dalam SNI 4810:2013 dengan hal-hal penting yang perlu diperhatikan untuk spesimen silinder 150x300mm yaitu: batang perojok dari besi polos berdiameter 16mm dan panjang 400-600mm. Cetakan diisi 3 lapis dengan perojokan masing-masing 25 kali. Perawatan awal dilakukan maksimum 48jam sebelum cetakan dibuka dengan tujuan untuk menjaga kelembaban dan temperatur campuran berkisar 16-24°C dengan alternatif membungkusnya menggunakan palstik yang tidak menyerap air. Perawatan lanjutan dilakukan dengan perendaman sampai 1 hari sebelum uji tekan dilakukan [8].

Spesimen dalam bentuk silinder diuji tekan dengan CTM dan terbaca berapa beban yang dapat dipikul oleh spesimen, kemudian dianalisis kuat tekannya berdasarkan tegangan yang terjadi menggunakan persamaan tegangan beban sentris [9], [10], [11].

$$f' = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dengan:

- f' adalah Kuat tekan (tegangan) [MPa]
- P adalah Beban yang terbaca pada CTM [N]
- A adalah Luas penampang Spesimen [mm²]

Tegangan yang terjadi (f') sesuai umur spesimen menunjukkan kuat tekan beton sesuai umurnya, namun perlu dilakukan konversi ke umur 28 hari, karena kuat tekan beton rencana yang dimaksud adalah kuat tekan beton umur 28 hari ($f'c$) [12]. Untuk mengkonversi kuat tekan beton saat pengujian ke umur 28 hari dilakukan cara kuat tekan yang didapat saat pengujian dibagi faktor konversi kuat tekan [2].

$$f'c = \frac{f'}{k} \tag{2}$$

Dengan:

- $f'c$ adalah Kuat tekan rencana umur [MPa]
- f' adalah Kuat tekan saat pengujian [MPa]
- k adalah Angka konversi

Angka konversi kuat tekan (k) beton ke umur beton 28 hari disajikan sesuai Tabel 1 [13], [14], [15], [16]

Tabel 1. Angka konversi kuat tekan beton ke umur 28 hari

Umur beton (hari)	Angka konversi (k)				
	PBI 1971	PB 1989 [14]	Murtiadi <i>et al.</i> (2018)	Liang <i>et al.</i> (2021)	Rerata (digunakan)
3	0,400	0,460	0,390	0,350	0,400
7	0,650	0,700	0,660	0,720	0,683
14	0,880	0,880	0,870	0,840	0,868
21	0,950	0,960	-	-	0,955
28	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Kuat tekan rencana dianalisis sesuai ketentuan Pasal 26.12.3 SNI 2847:2019 yang mensyaratkan ada 2 ketentuan yang harus dipenuhi agar mutu beton dapat diterima sesuai mutu yang disyaratkan yaitu evaluasi berdasarkan rerata 3 data kuat tekan berurutan dan evaluasi kuat tekan untuk masing-masing spesimen.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang dilaksanakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Eksperimen utama yang dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Ngurah Rai untuk mengumpulkan data kuat tekan untuk masing-masing spesimen.

Data-data lain yang terkait diambil dari Analisis Komposisi Campuran Kubus Beton Kuat Tekan K:225 kg/cm² ($f'c=18,68\text{MPa}$), Pekerjaan Mayakhosa Pesagi Project dan Pembangunan Gedung SOUL *Center Healing & Retreat* yang diterbitkan oleh Laboratorium Material Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali.

Sifat Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu kombinasi semen portland, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan bahan tambahan [17], [14], [18], [19], [20]. Untuk mendapatkan komposisi campuran yang menghasilkan mutu beton yang ditargetkan, maka sifat-sifat material harus diketahui secara detail.

Semen yang digunakan adalah Merk Rajawali dengan sifat mekanisnya disajikan pada Tabel 2 [1].

Tabel 2. Sifat Mekanis Semen

Berat jenis SSD	Berat volume (gr/cm ³)
3,085	1,155

Agregat halus atau pasir yang digunakan merupakan produksi *Quary* Karangasem merupakan pasir alami hasil erupsi Gunung Agung dengan sifat-sifat disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat agregat halus (pasir)

Jenis Agregat	Kadar lumpur (%)	Berat jenis SSD	Berat Volume (gr/cm ³)	Penyerapan (%)	Zone Gradasi	Kandungan Agregat kasar (%)
Alami	12,72	2,38	1,15	3,30	2	10,38

Agregat kasar atau kerikil yang digunakan merupakan produksi *Quarry* Karangasem merupakan batu pecah dengan sifat-sifat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat agregat kasar (kerikil)

Jenis Agregat	Berat jenis SSD	Berat Volume (gr/cm ³)	Penyerapan (%)	Butiran Maksimum (mm)
Batu pecah	2,38	1,38	4,05	20

Rancangan Campuran (*Job mix design*)

Berdasarkan target mutu beton yang direncanakan dan sifat-sifat mekanis material penyusun beton dilakukan analisis untuk menentukan komposisi campuran untuk masing-masing komponen dimaksud. Mutu beton yang direncanakan K-225 atau $f'c=18,68\text{MPa}$ dengan nilai slump 120mm dan berdasarkan sifat mekanis masing-masing komponen beton didapat komposisi campuran seperti Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi campuran beton K-225 1m³ beton segar [1]

Uraian	Komponen penyusun beton			
	Semen	Pasir	Kerikil	Air
Berat komponen (kg)	375	614	967	227
Rasio berat komponen	1,00	1,64	2,58	0,61
Volume komponen (m ³)	0,32	0,53	0,70	0,23
Rasio volume komponen	1,00	1,64	2,16	0,70

IV. PEMBAHASAN

Pembahasan yang dilakukan meliputi hasil evaluasi mutu beton berdasarkan rancangan campuran percobaan dan pembahasan kuat tekan beton berdasarkan spesimen yang dikumpulkan saat pelaksanaan pengecoran. Hasil ini merupakan bahan kajian terkait capaian mutu beton yang ditunjukkan oleh hasil pengujian spesimen.

Kuat Tekan Beton Hasil Pencampuran Percobaan (*Trial Mix*)

Untuk mendapatkan capaian mutu beton yang direncanakan sebelum diaplikasikan pada lokasi pengecoran yang sebenarnya, terlebih dahulu dilaksanakan pencampuran percobaan (*trial mix*) berdasarkan komposisi campuran dalam perbandingan volume. Spesimen yang diambil selanjutnya diuji tekan pada umur 3 hari. Prosedur pengujian dilakukan seperti disajikan pada Gambar 1, diawali dengan mengukur dimensi (panjang dan diameter), penimbangan, pemasangan *capping* menggunakan sulfur dan

pengujian beban tekan dengan CTM [21]. Data dimensi dan beban maksimum yang dapat ditahan spesimen sebelum hancur dianalisis untuk ditentukan nilai kuat tekannya. Capaian kuat tekan dievaluasi untuk diputuskan apakah komposisi campuran bisa dilanjutkan atau tidak. Tabel 6 menyajikan hasil pengujian kuat tekan campuran percobaan dan hasil evaluasinya berdasarkan Pasal 26.12.3 SNI 2847:2019.

Tabel 6. Evaluasi campuran percobaan (trial mix)

No	Kode	Umur (hari)	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	P (kN)	f'_r (MPa)	k	f'_c (MPa)	Rerata 3 spec. (MPa)	Evaluasi	
											Syarat 1	Syarat 2
1	SCP1	3	298	150	17.671	150	8,488	0,400	21,220	-	-	M
2	SCP2	3	295	150	17.671	155	8,771	0,400	21,928	-	-	M
3	SCP3	3	295	150	17.671	150	8,488	0,400	21,220	21,456	M	M



Gambar 1. Proses pengujian spesimen hasil pncampuran percobaan (trial mix)

Hasil evaluasi berdasarkan Persyaratan 1 dimana kuat tekan beton berdasarkan rerata 3 spesimen berurutan sebesar 21,456MPa lebih besar dari $f'_c=18,68$ MPa dan disimpulkan memenuhi ketentuan 1 (M). Untuk kuat tekan masing-masing spesimen lebih besar dari $f'_c-3,5 = 15,18$ MPa, sehingga memenuhi ketentuan 2 (M) dan dapat ditetapkan komposisi campuran dapat diterima untuk pelaksanaan di lapangan.

Kuat Tekan Beton Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan pengecoran elemen struktur bangunan pembuatan spesimen dalam bentuk silinder disiapkan untuk dapat mengontrol mutu beton yang dicapai saat pelaksanaan pengecoran. Beberapa spesimen yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan pengujian dan dianalisis untuk menyimpulkan apakah beton yang dikerjakan telah memenuhi mutu K-225. Visual berupa foto

dokumentasi hasil pengujian spesimen disajikan pada Gambar 2, sedangkan hasil pengujian, analisis dan evaluasi pencapaian mutu beton secara utuh disajikan pada Tabel 7 dan 8 masing-masing untuk hasil pengecoran pada Pelat Timur dan Pelat Barat.

Tabel 7. Evaluasi mutu beton hasil pelaksanaan pada Pelat Timur

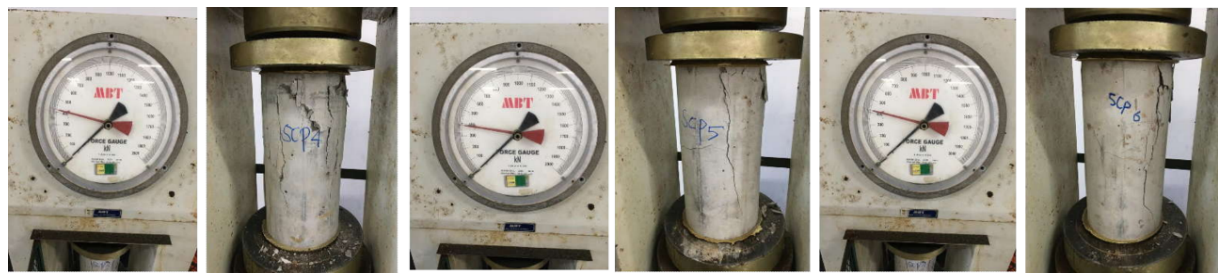
No.	Kode	Umur (hari)	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	P (kN)	f' (MPa)	k	$f'c$ (MPa)	Rerata 3 spec. (MPa)	Hasil evaluasi	
											Syarat 1	Syarat 2
1	SCP-T1	7	295	150	17.671	425	24,050	0,68	35,368	-	-	M
2	SCP-T2	7	295	150	17.671	390	22,070	0,68	32,455	-	-	M
3	SCP-T3	7	297	150	17.671	395	22,353	0,68	32,871	33,564	M	M
4	SCP-T4	22	299	150	17.671	350	19,806	0,95	20,848	28,724	M	M
5	SCP-T5	22	300	150	17.671	235	13,298	0,95	13,998	22,572	M	TM
6	SCP-T6	22	300	150	17.671	235	13,928	0,95	13,998	16,281	TM	TM
7	SCP-T7	28	299	150	17.671	535	30,275	1,00	30,275	19,423	M	M
8	SCP-T8	28	299	150	17.671	635	35,934	1,00	35,934	26,735	M	M

Hasil analisis data kuat tekan untuk pengecoran Pelat Timur dengan kesimpulan mutu beton tidak memenuhi K-225 (TM) karena spesimen nomor 5 dan 6 mempunyai nilai kuat tekan dibawah 15,18MPa.

Tabel 8. Evaluasi mutu beton hasil pelaksanaan pada Pelat Barat

No.	Kode	Umur (hari)	L (mm)	D (mm)	A (mm ²)	P (kN)	f' (MPa)	k	$f'c$ (MPa)	Rerata 3 spec. (MPa)	Hasil Evaluasi	
											Syarat 1	Syarat 2
1	SCP-B1	14	299	150	17.671	520	29,426	0,868	33,900	-	-	M
2	SCP-B2	14	300	150	17.671	500	28,294	0,868	32,596	-	-	M
3	SCP-B3	14	300	150	17.671	520	29,426	0,868	33,900	33,465	M	M
4	SCP-B4	21	297	150	17.671	320	18,108	0,955	18,961	28,485	M	M
5	SCP-B5	21	298	150	17.671	380	21,504	0,955	22,517	25,126	M	M
6	SCP-B6	28	299	150	17.671	395	22,353	1,000	22,353	21,277	M	M
7	SCP-B7	28	299	150	17.671	445	25,182	1,000	25,182	23,350	M	M
8	SCP-B8	28	299	150	17.671	415	23,484	1,000	23,484	23,673	M	M

Hasil analisis data kuat tekan untuk pengecoran Pelat Barat dengan kesimpulan mutu beton memenuhi K-225 karena seluruh hasil evaluasi memberikan kesimpulan memenuhi, sehingga hasil pengecoran pada Pelat Barat memenuhi mutu K-225 berdasarkan spesimen yang dibuat saat pengecoran.



(a). Dokumentasi hasil pengujian spesiemen pengecoran Pelat Timur



(b). Dokumentasi hasil pengujian spesiemen pengecoran Pelat Barat

Gambar 2. Proses pengujian spesimen hasil pelaksanaan penegcoran

Dua lokasi pengecoran menunjukkan hasil pengujian yang berbeda, pada Pelat Barat mutu beton memenuhi K-225 sedangkan Pelat Timur tidak. Untuk menelusuri penyebab tidak terpenuhinya mutu beton sesuai SNI 2847:2019, akan dikaji menggunakan tiga parameter yang menentukan mutu beton yaitu material, metode pelaksanaan dan kompetensi sumberdaya manusia (SDM) [5]. Dari sisi material kemungkinan mutu beton tidak memenuhi karena sifat-sifat fisik materialnya tidak sesuai dengan data rancangan campuran seperti: kadar lumpur dan kadar air telah berubah, sumber material dari lokasi lain dengan sifat-sifat fisik yang berbeda signifikan. Saat pelaksanaan ada indikasi penakaran yang kurang teliti karena pengaruh kelelahan tenaga kerja, pembuatan spesimen yang tidak sesuai dengan SNI 4810:2013 dan kurangnya perawatan spesimen sebelum dan setelah cetakan dibuka. Dari sisi SDM yang kemungkinan memberi kontribusi tidak terpenuhinya mutu beton antara lain tenaga pelaksana dan pengawas yang mengerjakan benda uji kurang memahami bagaimana membuat benda uji sesuai SNI 4810:2013 atau peran pengawas yang tidak maksimal.

Hasil yang tidak memenuhi perlu dilakukan evaluasi lanjutan dengan menggunakan pengujian metode pengujian tidak merusak (*Non-Destructive Test*) yaitu kombinasi *Hammer Test* (HT) dan atau *Ultrasonic Velocity Pulse Test* (*UVP Test*) serta menggunakan metode merusak (*Destructive Test*) yaitu pengujian beton inti (*core drill test*) sehingga mendapatkan hasil pengujian yang lebih akurat. Apabila hasil analisis lanjutan ini juga menunjukkan hasil kuat tekan beton tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan, maka dilakukan evaluasi struktur menggunakan mutu beton hasil pengujian dan dilakukan langkah perbaikan jika perlukan.

V. KESIMPULAN

Hasil analisis yang dilakukan menyimpulkan mutu beton hasil pengecoran Pelat Barat memenuhi mutu beton K-225, sedangkan pada Pelat Timur tidak memenuhi mutu beton K-225 karena ada 2 spesimen yang tidak memenuhi persyaratan penerimaan mutu beton menurut Pasal 26.12.3 SNI 2847:2019 dan diperlukan pengujian lanjutan untuk memastikan mutu beton yang telah dikerjakan. Tiga parameter

penting yang menentukan mutu beton yaitu material yang tersedia sesuai sifat material saat menyusun rancangan campuran (*Design Mix Formula*), metode pelaksanaan yang benar mulai dari persiapan material, pencampuran, penyiapan spesimen dan perawatan pasca pengecoran serta tersedianya sumberdaya manusia (pelaksana, pengawas) sesuai kompetensinya yang dapat bertugas secara maksimal saat pelaksanaan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Politeknik Negeri Bali, *Analisis Komposisi Campuran Kubus Beton Kuat Tekan $K:225 \text{ kg/cm}^2$ ($f'c=18,68 \text{ MPa}$), Pekerjaan Mayakhsa Pesagi Project dan Pembangunan Gedung SOUL Center Healing & Retreat*. Badung: Laboratorium Material Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali, 2022.
- [2] Nurokhman, I. Suharyanto, and U. Rochmawati, "Evaluasi Mutu Beton Dari Berbagai Ready Mix Pada Gedung Parkir Yogyakarta International Airport," *CivETech*, vol. III, no. 2, pp. 55–65, 2021, doi: <https://doi.org/10.47200/civetech.v3i2.1058>.
- [3] A. Suwandi, "Pengendalian Kualitas Beton Melalui Pengujian Kuat Tekan Dengan Metode Design Of Experiment (DOE)," *J. InovisiTM*, vol. 8, no. 1, pp. 30–41, 2012.
- [4] A. R. Prameswara, Dony, Rasiwan, and E. Rabihati, "Evaluasi Rancangan Mutu Beton pada Pembanguna Gedung di Kalimantan Barat," *Constr. Mater. J.*, vol. 4, no. 3, pp. 149–156, 2022, doi: <https://doi.org/10.32722/cmj.v4i3.4969>.
- [5] B. Harisantoso and E. A. Hakim, "Kegagalan Pencapaian Mutu Beton Akibat Tidak Maksimalnya Metode Pelaksanaan," *Semin. Keinsinyuran*, pp. 651–657, 2021, [Online]. Available: <http://research-report.umm.ac.id/index.php/SKPSPP/article/view/4370>
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan," *Badan Stand. Nas. Indones.*, no. 8, pp. 653–659, 2019.
- [7] American Concrete Institute, *Provided by IHS No reproduction or networking permitted without license from IHS*, vol. 11. Texas: American Concrete Institute, 2014.
- [8] Badan Standardisasi Nasional Indonesia, "SNI 4810:2013 Tata cara pembuatan dan perawatan spesimen uji beton di lapangan," *Standar Nas. Indones.*, 2013, [Online]. Available: www.bsn.go.id
- [9] W. Pawirodikromo, *Analisis Tegangan Bahan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2014.
- [10] F.-H. Cheng, *Statics and Strength of Material*, Second. Singapore: Glencoe/McGraw-Hill, 1998.
- [11] Soemono, *Ilmu Gaya*, Keenam. Bandung: Penerbit Djambatan, 1985.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan," *Badan Stand. Nas. Indones.*, no. 8, pp. 653–659, 2019.
- [13] Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Ditjen Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, 1971.
- [14] T. Mulyono, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
- [15] S. Murtiadi, Akmaluddin, B. Anshari, and S. Suparjo, "Experimental study of accelerating early age concrete strength under elevated temperature, steaming, and chemical admixture addition of normal and high strength concrete," *MATEC Web Conf.*, vol. 195, 2018, doi: [10.1051/mateconf/201819501025](https://doi.org/10.1051/mateconf/201819501025).
- [16] X. Liang, F. Yan, Y. Chen, H. Wu, P. Ye, and Y. Mo, "Study on the strength performance of recycled aggregate concrete with different ages under direct shearing," *Materials (Basel)*, vol. 14, no. 9, pp.

1–17, 2021, doi: 10.3390/ma14092312.

- [17] P. Nugraha and Antoni, *Teknologi Beton, Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Ed. I. Surabaya: CV. Andi Offset (Penerbit Andi), 2007.
- [18] A. M. Neville and J. J. Brooks, *Concrete Technology, 2nd Edition Book.pdf*. Pearson, 2010.
- [19] P. Aji and R. Purwono, *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM*. Surabaya: ITS Press, 2009.
- [20] P. Aji and R. Purwono, *Pemilihan Proporsi Campuran Beton(Concrete Mix Design) Sesuai ACI, SNI dan ASTM*. Surabaya: ITS Press, 2011.
- [21] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1974-2011 : Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder,” *Badan Stand. Nas. Indones.*, p. 20, 2011.