ANALISIS KOEFISIEN BETON MUTU K-250 BERDASARKAN ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DI KOTA AMBON

Muhammad Agly Zhalfin Sangaji[1], Fauzan A Sangadji[2], Rabiyatul Uzda[3]

[1,2,3]*Universitas Pattimura Ambon*
E-mail : zhalfinmuhammad@gmail.com[1], aan.sangadji@gmail.com[2], rabiyatuluzda@gmail.com[3]

ABSTRACT

suitability of the concrete mix design composition for K-250 quality based on SNI 03-2834-2000 and the 2024 Unit Price Analysis (AHSP) in Ambon City. The method used in this research is an experimental laboratory approach by producing 12 cylindrical concrete specimens, consisting of 6 specimens based on SNI 03-2834-2000 and 6 specimens based on AHSP 2024. The tests conducted include material characteristics, slump value, concrete density, and compressive strength at 28 days. The results show that the concrete composition based on AHSP 2024 consists of 368 kg/m³ of cement, 205 kg/m³ of water, 770 kg/m³ of fine aggregate, and 1009 kg/m³ of coarse aggregate, producing an average compressive strength of 18.14 MPa. Meanwhile, the mix design based on SNI 03-2834-2000 resulted in an average compressive strength of 20.55 Mpa. Based on these results, the SNI 03-2834-2000 method is more suitable for designing concrete mixtures targeting K-250 quality, while AHSP 2024 is more appropriate as a reference for estimating material requirements and construction costs. This study is expected to serve as a reference for more effective and efficient concrete mix design planning.

Keywords : *K-250 concrete, mix design, SNI 03-2834-2000, AHSP 2024, compressive strength*

ABSTRAK

Kesesuaian komposisi mix design beton mutu K-250 berdasarkan SNI 03-2834-2000 dan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2024 di Kota Ambon. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental laboratorium dengan membuat benda uji silinder beton sebanyak 12 sampel, masing-masing 6 sampel untuk campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000 dan 6 sampel berdasarkan AHSP 2024. Pengujian dilakukan terhadap karakteristik material, nilai slump, berat isi beton, dan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi beton berdasarkan AHSP 2024 terdiri dari semen 368 kg/m³, air 205 kg/m³, agregat halus 770 kg/m³, dan agregat kasar 1009 kg/m³, dengan kuat tekan rata-rata sebesar 18,14 MPa. Sementara itu, campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 20,55 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, campuran beton dengan metode SNI 03-2834-2000 lebih sesuai digunakan untuk perencanaan campuran beton yang menargetkan mutu K-250, sedangkan AHSP 2024 lebih tepat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan kebutuhan bahan dan biaya pekerjaan konstruksi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan campuran beton yang lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci : *Beton K-250, mix design, SNI 03-2834-2000, AHSP 2024, kuat tekan*

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang semakin pesat tidak mengurangi penggunaan beton dalam dunia konstruksi. Dalam bidang konstruksi, beton merupakan salah satu komponen utama dalam sebuah proyek konstruksi. Mutu beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik, mekanik, dan kimia suatu material. Untuk mendapatkan mutu suatu beton diperlukan *mix design* agar campuran material yang digunakan efektif dan efisien. Dari hasil mix design ini bisa kita dapatkan komposisi masing-masing material untuk mendapatkan mutu sesuai dengan yang direncanakan.

Dalam perancangan beton diperlukan adanya formula untuk menghitung komposisi yang digunakan dalam pencampuran beton, formula ini disebut *mix design*. *Mix design* beton adalah perancangan beton dengan menggunakan material penyusun beton yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, air dengan bahan tambah ataupun tidak dengan bahan tambah lainnya. Koefisien beton adalah angka yang digunakan untuk memperkirakan kebutuhan bahan-bahan penyusun beton seperti semen, air, agregat halus, agregat kasar dalam satuan volume berdasarkan campuran beton tertentu. Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah pekerja, dan peralatan dengan harga bahan bangunan.

Perbedaan antara AHSP 2024 dengan standar sebelumnya berpotensi mempengaruhi karakteristik beton yang dihasilkan. Mengingat kadar semen dalam campuran dapat mempengaruhi mutu beton, setiap metode menghasilkan komposisi semen yang berbeda-beda. Untuk Mencapai efisiensi optimal, diperlukan jumlah air yang tepat namun tetap menghasilkan kualitas tinggi. Penelitian ini dilakukan di laboratorium struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku, menggunakan pendekatan eksperimental.

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, mutu beton sangat menentukan kekuatan dan daya tahan struktur bangunan. Dalam penelitian ini beton yang digunakan adalah beton K-250. Untuk mencapai mutu tersebut, diperlukan perhitungan *mix design* yang tepat, yang disesuaikan dengan standar koefisien yang berlaku, salah satunya mengacu pada Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2024. Namun, dalam praktiknya sering ditemukan perbedaan antara *perhitungan mix design* dengan koefisien AHSP 2024. Hal ini menimbulkan pertanyaan apakah komposisi *mix design* yang digunakan di lapangan sudah sesuai dengan koefisien AHSP 2024. Jika terjadi ketidaksesuaian ini dapat berdampak pada mutu beton. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap kesesuaian perhitungan komposisi *mix design* K-250 dengan koefisien AHSP 2024 untuk memastikan bahwa standar mutu dapat tercapai.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis berinisiatif mengangkat penelitian ini dengan judul **"ANALISIS KOEFISIEN BETON MUTU K-250 BERDASARKAN ANALISA HARGA SATUAN PEKERJAAN KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DI KOTA AMBON".**

METODE

Pelaksanaan pengujian dan penelitian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku sesuai prosedur dalam tata cara pembuatan rencana beton K-250 berdasarkan SNI 03 2834 2000**.** Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium uji bahan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat campuran beton K250 berdasarkan SNI 03 2834: 2000, dan AHSP 2024. dengan membuat benda uji silinder beton

sebanyak 12 sampel, masing-masing 6 sampel untuk campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000 dan 6 sampel. Campuran beton kemudian dibuat menjadi benda uji *silinder* dan di uji kuat tekan setelah umur 28 hari. Penelitian diawali dengan *studi literatur* mengenai beton dari jurnal dan buku referensi, SNI terkait beberapa aturan dan tata cara, dan metode *mix design* beton. Bahan yang digunakan untuk pengujian meliputi semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Selanjutnya, dilakukan pengujian karakteristik bahan-bahan tersebut. Tahap selanjutnya perencanaan campuran beton K250 berdasarkan SNI 03 2834: 2000, dan AHSP 2024. Rencana campuran beton tersebut kemudian digunaan untuk membuat benda uji beton berbentuk *silinder* berukuran 15 cm x 30 cm. Dilanjutkan membuat benda uji dengan menentukan nilai *slump* dan penuangan beton segar kedalam *silinder*. Benda uji beton dilakukan perawatan dengan metode *wet-curing* hingga 28 hari. Setelah itu benda uji diuji kuat tekan beton lalu diukur untuk mendapatkan data kuat tekan dari masing-masing variasi campuran beton. Data kuat tekan beton diolah dan dibahas untuk mendapatkan kesimpulan mengenai koefisien AHSP 2024 dalam merencanakan komposisi *mix design* beton K250.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agrerat

Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisa saringan (gradasi), berat jenis, kadar air, berat volume, kadar lumpur dan kadar organik.

Analisa Saringan (Gradasi

Langkah-langkah pengujian analisa saringan terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ACI E1 – 07. Tabel 4.1 disajikan pengujian analisa saringan agregat halus sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN (*SIEVE ANALYSIS*) AGREGAT HALUS

Dilakukan oleh : Muhammad Agly Zhalfin Sangaji
Dimulai tgl :
Material pasir quarry Laha, CV. Nusaya Mitra Cemerlang

Ukuran Saringan		Berat Ayakan	Berat Ayakan + Pasir	Berat Pasir	Persen Tertinggal	Persen Tertinggal Komulatif	Persen Tembus Komulatif	Spesifikasi
inch	mm	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)	
1/2"	12.7	422	422	0	0	0	100	100 - 100
No.4	4.75	288	320	32	2.13	2.13	97.87	90 - 100
No.8	2.36	410	610	200	13.33	15.47	84.53	75 - 100
No.16	1.18	380	584	204	13.60	29.07	70.93	55 - 90
No.30	0.6	402	650	248	16.53	45.60	54.40	35 - 59
No.50	0.3	394	820	426	28.40	74.00	26.00	8 - 30
No.70	0.15	388	640	252	16.80	90.80	9.20	0 - 10
No.200	0.075	380	488	108	7.20	98.00	2.00	
Dasar		306	336	30	2.00	100	0.00	
Total				1500	100.00			

FINENESS MODULUS (ANGKA KEHALUSAN) = 2.57

(Sumber: data penelitian Lab Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

$$MK = \frac{\sum Tertinggal}{100} = \frac{257{,}07}{100} = 2{,}57\%$$

Berdasarkan tabel 4.1 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus di uji ayakan No. 1/2 inci (12,7 mm) didapatkan 0% tertinggal, ayakan No. 4 inci (4,75 mm) didapatkan 2,13% tertinggal, ayakan No. 8 inci (2,36 mm) didapatkan 15,47% tertinggal, ayakan No. 16 inci (1,18 mm) didapatkan 29,07% tertinggal, ayakan No. 30 inci (0,6 mm) didapatkan 45,60% tertinggal, ayakan No. 50 inci (0,3 mm) didapatkan 74,00% tertinggal, ayakan No. 70 inci (0,15 mm) didapatkan 90,80% tertinggal, ayakan No. 200 inci (0,075 mm) didapatkan 98,00% tertinggal. Semua presentase tertinggal selain ayakan 200 dijumlah didapatkan 2,57%, maka nilai Modulus kehalusan adalah 2,57%. Nilai % lolos komulatif tersebut, selanjutnya nilainya dimasukkan kedalam grafik gradasi agregat halus seperti pada gambar 1 dibawah



Gambar 1. Grafik gradasi agregat halus zona II

Dari data percobaan, didapat nilai modulus kehalusan agregat halus (pasir) sebesar 2,57%. Berdasarkan ACI E1-07, nilai modulus kehalusan agregat halus berada pada kisaran 1,5% - 3,8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pasir dari CV. Naraya Citra Cemerlang lolos pengujian Analisa saringan (gradasi). Gambar grafik di atas menujukan agregat halus yang digunakan dalam pengujian ini tergolong ukuran gradasi zona II (agak kasar).

Berat Jenis dan Penyerapan

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ACI E1-07. Pada tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *(BJ)* AGREGAT HALUS										
Dilakukan oleh : Muhammad Agly Zhalfin Sangaji Dimulai tgl :					Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang					
No.	Berat Pikno	Berat Pasir Kondisi SSD	Berat Pikno + Pasir	erat Pikno + Pasir + Ai	Berat Pikno + Air	Berat Pasir Kering	*Apparent Specific Gravity*	*Bulk Specific Gravity* (Kering)	*Specific Gravity (SSD)*	*Absorbsi*
	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)
1	92	500	592	1280	974	485	2,71	2,50	2,58	3,09
2	92	500	592	1258	974	484	2,42	2,24	2,31	3,31
							2,56	2,37	**2,45**	3,20

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas didapatkan hasil berat jenis *Specific Gravity* (SSD) sebesar 2,45. Nilai yang ditunjukkan masih sesuai dalam standar yang diizinkan pada ACI E1-07 berkisar antara 2,4 – 2,9%. Selanjutnya penyerapan air (*absorption*) yang didapatkan dari hasil pengujian yaitu sebesar 3,20%.

Kadar Air

Langkah-langkah pengujian kadar air terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1971 2011. Pada tabel 4.3 dibawah disajikan hasil pengujian kadar air agregat halus.

Tabel 3. Hasil pengujian kadar air agregat halus

PEMERIKSAAN WATER CONTENT (WC) AGREGAT HALUS								
Dilakukan oleh : Muhammad Agly Zhalfin Sangaji Dimulai tgl :			Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang					
Pemeriksaan Kadar Air Pasir Dalam Kondisi SSD								
No.	No. Cawan	Berat Cawan (W1)	Berat Cawan + Pasir (W2)	Berat Cawan + Pasir Kering (W3)	Berat Pasir Kering (Ws)	Berat Air (Ww)	Kadar Air (Wc)	Kadar Air Rata-Rata (WC)
		(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)
1	PS. 1	14	96	92	78	4	5.13	**4.96**
2	PS. 2	14	112	108	94	4	4.26	
3	PS. 3	14	104	100	86	4	4.65	
4	PS. 4	12	110	104	92	6	6.52	
5	PS. 5	14	112	108	94	4	4.26	

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 3.3 hasil uji kadar air didapatkan nilai rata-rata 4,96%. Nilai kadar air yang didapatkan memenuhi standar karena sesuai dengan standar spesifikasi agregat halus yakni 5%

Berat Volume

Langkah-langkah pengujian berat volume terhadap agregat halus dalam penelitian ini mengacu pada ACI E1-07. Untuk mengetahui hasil nilai bobot isi pada agregat halus maka dapat dilihat pada Tabel 3.4 berat volume agregat halus dibawah ini.

Tabel 4. Hasil pengujian berat volume agregat halus

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT HALUS							
Dilakukan oleh : Muhammad Agly Zhalfin Sangaji Dimulai tgl :			Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang				
Material	Berat Tabung (Wk)	Volume Tabung (V)	Berat Material + Berat Tabung (Wi)	Berat Material	Berat Volume	Berat Volume Rata-Rata	Berat Volume Rata-Rata
	(gr)	(cm^3)	(gr)	(gr)	(gr/cm^3)	(gr/cm^3)	(Kg/m^3)
Pasir	254	1357.71	2260	2006	1.477	**1.475**	1474.54
Pasir	254	1357.71	2252	1998	1.472		

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan berat volume rata-rata sebesar 1,47 gram/cm^3. Nilai yang didapatkan memenuhi standar karena sesuai dalam standar spesifikasi agregat halus yang diizinkan ACI E1-07 yang berkisar antara 1,2 – 1,76 gr/cm^3.

Kadar Lumpur

Untuk mengetahui hasil nilai kadar lumpur pada agregat halus maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Hasil pengujian kadar lumpur pada agregat halus

PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR AGREGAT HALUS					
Dilakukan oleh : Muhammad Agly Zhallfin Sangaji Dimulai tgl :			Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang		
Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pasir					
PENGUJIAN		**Jenis Material**			
		(Satuan)	Pasir	Pasir	Rata-rata
Ukuran Fraksi Lolos Saringan No. 4.75		mm	0	0	
Berat Sebelum Dicuci = A		gr	500	500	
Berat Sesudah Dicuci = B		gr	482	480	
% Kehilangan C = $\frac{A-B}{A} \times 100\%$		%	3,60	4,00	**3,80**
Catatan :	Test A : Berat kering oven sebelum dicuci				
	Test B : Berat kering oven sesudah dicuci				

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 3.5 didapatkan nilai kadar lumpur sebesar 3,8%. Nilai ini lebih kecil dari kadar lumpur yang disyaratkan yaitu 5% sehingga agregat tak perlu dicuci

Kadar Organik

Pengujian kadar organik terhadap agregat halus dalam penelitian ini mengacu pada SNI 03 2816 1992. Untuk mengetahui hasil nilai kadar lumpur pada agregat halus maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Hasil pengujian kadar organik agregat halus

PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK AGREGAT HALUS				
Dilakukan oleh Dimulai tgl	: Muhammad Agly Zhalfin Sangaji :		Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang	
No.	Warna Larutan	Penggunaannya	Perubahan Kekuatan	Pengamatan
1	Tidak Berwarna	Kadar organik rendah dan dapat digunakan untuk beton mutu tinggi	0%	
2	Kuning Muda	Kadar organik rendah dan dapat digunakan untuk beton normal	10% - 20%	
3	Kuning Tua	Kadar organik normal dan dapat digunakan untuk beton normal	15% - 30%	
4	Kuning Merah	Kadar organik tinggi tidak dapat digunakan (harus dicuci)	25% - 30%	
5	Coklat Merah Tua	Kadar organik tinggi tidak dapat digunakan	50% - 100%	

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 3.6 didapatkan nilai kadar organik berada pada No. 2 yang berwarna kuning muda. Warna yang ditunjukkan masih sesuai dalam standar yang diizinkan pada SNI 03-2816-1992 yang disyaratkan yaitu ≤ No. 3. Sesuai hasil pengujian agregat halus, maka untuk mengetahui agregat halus sesuai spesifikasi, dapat dilihat pada tabel 3.7 dibawah ini:

Tabel 7. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS (PASIR)					
Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang					
No.	Uraian Pekerjaan	Standar Uji	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
1	Pemeriksaan Berat Volume	ACI EI - 07	1,47	1,2 - 1,76 gr/cm3	Memenuhi
2	Pemeriksaan Berat Jenis (BJ)	ACI EI - 07	2,45	2,4 - 2,9	Memenuhi
3	Pemeriksaan Kadar Air	SNI 1971 2011	4,96	2- 5%	Memenuhi
4	Pemeriksaan Kadar Organik	SNI 03-2816-1992	Kuning Muda	10 - 20%	Memenuhi
5	Pemeriksaan Analisa Saringan	ACI EI - 07	2,57	1,5 - 3,8%	Memenuhi
7	Pemeriksaan Kadar Lumpur (cara dicuci)	ASTM C 117-95	3,80	< 5%	Memenuhi
8	Pemeriksaan Aborbsi	ACI EI - 07	3,20	< 5%	Memenuhi

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Analisa saringan (Gradasi)

Langkah-langkah pengujian analisa saringan terhadap agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ACI E1-07. Tabel 4.8 disajikan pengujian analisa saringan agregat kasar sebagai berikut:

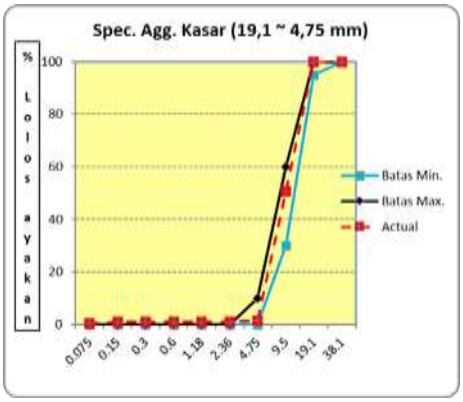
Tabel 8. Hasil pengujian Analisa saringan agregat kasar

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN (*SIEVE ANALYSIS*) AGREGAT KASAR								
Dilakukan oleh Dimulai tgl	: Muhammad Agly Zhalfin Sangaji :				Material pasir quarry Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang			
Ukuran Saringan		Berat Ayakan	Berat Ayakan + Batu Pecah	Berat Batu Pecah	Persen Tertinggal	Persen Tertinggal Komulatif	Persen Tembus Komulatif	Spesifikasi
inch	mm	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)	
1½	38.1	528	528	0	0	0	100	
¾	19.1	530	532	2	0.13	0.13	99.87	
1/2"	12.7	422	1158	736	49.07	49.20	50.80	
No.4	4.75	288	*1028*	740	49.33	98.53	1.47	
No.8	2.36	410	416	6	0.40	98.93	1.07	
No.16	1.18	380	380	0	0	98.93	1.07	
No.30	0.6	402	402	0	0	98.93	1.07	
No.50	0.3	394	394	0	0	98.93	1.07	
No.70	0.15	388	390	2	0.13	99.07	0.93	
No.200	0.075	380	386	6	0.40	99.47	0.53	
Dasar		306	314	8	0.53	100	0	
		Total		1500	100			
FINENESS MODULUS **(ANGKA KEHALUSAN)** =					**6.43**			

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

$$MK = \frac{\sum Tertinggal}{100} = \frac{642{,}53}{100} = 6{,}43\%$$

Berdasarkan tabel 4.8 Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar di uji ayakan No. $1\frac{1}{2}$ inci (38,1 mm) didapatkan 0% tertinggal, ayakan No.3/4 inci (19.1 mm) didapatkan 0,13%, ayakan No. 1/2 inci (12,7 mm) didapatkan 49,20% tertinggal, ayakan No. 4 inci (4,75 mm) didapatkan 98,53 tertinggal, ayakan No. 8 inci (2,36 mm) didapatkan 98,93% tertinggal, ayakan No. 16 inci (1,18 mm) didapatkan 98,93% tertinggal, ayakan No. 30 inci (0,6 mm) didapatkan 98,93% tertinggal, ayakan No. 50 inci (0,3 mm) didapatkan 98,93% tertinggal, ayakan No. 70 inci (0,15 mm) didapatkan 99,07% tertinggal, ayakan No. 200 inci (0,075 mm) didapatkan 99,47% tertinggal. Semua presentase tertinggal selain ayakan 200 dijumlah didapatkan 6,43%, maka nilai Modulus kehalusan adalah 6,43%. Nilai % lolos komulatif tersebut, selanjutnya nilainya dimasukkan kedalam grafik gradasi agregat kasar seperti pada gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Kasar

Dari data percobaan, didapat nilai modulus kehalusan agregat kasar sebesar 6,43%. Berdasarkan ACI E1-07, nilai modulus kehalusan agregat kasar berada pada kisaran 6,0% - 7,1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa pasir dari CV. Naraya Citra Cemerlang memiliki butir maksimum 19 mm.

Berat jenis dan penyerapanya

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan terhadap agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada ACI E1-07. Pada tabel 4.9 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Tabel 9. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *(BJ)* AGREGAT KASAR			
Dilakukan oleh : Muhammad Agly Zhalfin Sangaji Dimulai tgl : :	Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang		
	Sampel A	Sampel B	
Berat benda uji kering oven (Bk)	1954	1946	
Berat benda uji permukaan kering jenuh / SSD (Bj)	2000	2000	
Berat benda uji dalam air (Ba)	1258	1256	
	Sampel A	Sampel B	Rata - rata
Berat jenis (bulk) = Bk / (Bj - Ba)	2.63	2.62	2.62
Berat jenis kering permukaan jenuh / SSD = Bj / (Bj - Ba)	2.70	2.69	**2.69**
Berat jenis semu (apparent) = Bk / (Bk - Ba)	2.81	2.82	2.81
Penyerapan (absorption) = (Bj - Bk) / Bk x 100%	2.35	2.77	2.56

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas didapatkan hasil berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) sebesar 2,69. Nilai yang ditunjukkan masih sesuai dalam standar yang diizinkan pada ACI E1-07 berkisar antara 2,4 – 2,9%. Selanjutnya penyerapan air (absorption) yang didapatkan dari hasil pengujian yaitu sebesar 2,56%. Angka tersebut juga masih dalam spesifikasi yang diizinkan yakni 5%.

Kadar Air

Langkah-langkah pengujian kadar air terhadap agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 1971 2011. Pada tabel 3.10 dibawah disajikan hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Tabel 10. Hasil pengujian kadar air agregat kasar

PEMERIKSAAN WATER CONTENT (WC) AGREGAT KASAR								
Dilakukan oleh	: Muhammad Agly Zhalfin Sangaji			Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang				
Dimulai tgl	:							
Pemeriksaan Kadar Air Batu Pecah Dalam Kondisi SSD								
No.	No. Cawan	Berat Cawan (W1)	Berat Cawan + Batu Pecah (W2)	Berat Cawan + Batu Pecah Kering (W3)	Berat Btau Pecah Kering (Ws)	Berat Air (Ww)	Kadar Air (Wc)	Kadar Air Rata-Rata (WC)
		(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)
1	BP.1	12	90	88	76	2	2.63	**2.87**
2	BP.2	14	88	86	72	2	2.78	
3	BP.3	14	80	78	64	2	3.13	
4	BP.4	14	80	78	64	2	3.13	
5	BP.5	10	86	84	74	2	2.70	

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 4.10 hasil uji kadar air didapatkan nilai rata-rata 2,87%. Nilai kadar air yang didapatkan memenuhi standar karena sesuai dengan standar spesifikasi agregat kasar yakni 5%

Berat Volume

Tabel 11. Hasil pengujian berat volume agregat kasar

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR							
Dilakukan oleh	: Muhammad Agly Zhalfin Sangaji			Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang			
Dimulai tgl	:						
Material	Berat Tabung (Wk)	Volume Tabung (V)	Berat Material + Berat Tabung (Wi)	Berat Material	Berat Volume	Berat Volume Rata-Rata	Berat Volume Rata-Rata
	(gr)	(cm^3)	(gr)	(gr)	(gr/cm^3)	(gr/cm^3)	(Kg/m^3)
Batu pecah	254	1357.71	2012	1758	1.295	**1.319**	1319.13
Batu pecah	254	1357.71	2078	1824	1.343		

Berdasarkan Tabel 3.11 didapatkan berat volume rata-rata sebesar 1,32 gram/cm^3. Nilai yang didapatkan memenuhi standar karena sesuai dalam standar spesifikasi agregat kasar yang diizinkan ACI E1-07 yang berkisar antara 1,2 – 1,76 gr/cm^3.

Kadar Lumpur

Untuk mengetahui hasil nilai kadar lumpur pada agregat kasar maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 12. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR AGREGAT KASAR					
Dilakukan oleh	: Muhammad Agly Zhalfin Sangaji	Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang			
Dimulai tgl	:				
PENGUJIAN		Jenis Material			
		(satuan)	Pasir	Pasir	Rata-rata
Ukuran fraksi Lolos Saringan		mm			
Berat sebelum dicuci = A		gr	1000	1000	
Berat sesudah dicuci = B		gr	993	995	
% Kehilangan C = $\frac{A-B}{A} \times 100\%$		%	0.70	0.50	**0.60**
Catatan	Test A : Berat kering oven sebelum dicuci				
	Test B : Berat kering oven sesudah dicuci				

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 3.12 didapatkan nilai kadar lumpur sebesar 0,60%. Nilai ini lebih kecil dari kadar lumpur yang disyaratkan yaitu 1% sehingga agregat tak perlu untuk dicuci. Sesuai hasil pengujian agregat kasar, maka untuk mengetahui agregat kasar sesuai spesifikasi, dapat dilihat pada Tabel 3.13 dibawah ini:

Tabel 12. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

REKAPITULASI HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR (BATU PECAH)					
Material pasir quarri Laha, CV. Naraya Mitra Cemerlang					
No.	Uraian Pekerjaan	Standar Uji	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
1	Pemeriksaan Berat Volume	ACI E1-07	1.32	1,2 - 1,76 gr/cm3	Memenuhi
2	Pemeriksaan Berat Jenis (BJ)	ACI EI - 07	2.69	2,4 - 2,9	Memenuhi
3	Pemeriksaan Kadar Air	SNI 1971 2011	2.87	2 - 5%	Memenuhi
4	Pemeriksaan Absorbsi	ACI E1-07	2.56	≤ 5%	Memenuhi
5	Pemeriksaan Analisa Saringan	ACI EI - 07	6.43	6,0 - 7,1%	Memenuhi
6	Pemeriksaan Kadar Lumpur	ASTM C 117-95	0.60	≤ 1%	Memenuhi

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Rancangan Campuran (*Mix Design*) dan Kebutuhan Bahan

***Mix Design* Beton Normal**

Perhitungan *mix design* dalam penelitian in mengacu pada SNI 03-2834-2000. Untuk mengetahui hasil perhitungan *mix design* maka dapat dilihat pada tabel perhitungan *mix design* dibawah ini:

No	Uraian	Keterangan	Nilai
1	Kekuatan Karakteristik	Ketentuan	21 MPa
2	Deviasi Standard	Ditetapkan	7.0 MPa
3	Nilai Tambah	1,64 x No 2	12 MPa
4	Kuat tekan beton rata-rata	No 1 + No 3	33 MPa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Jenis Semen PCC (type 1)
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu Pecah
7	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir alami CV
8	Faktor Air Semen	Lihat Tabel 2, Grafik 1	0,52
9	Faktor Air Semen Maximum	Lihat Tabel 4	0,60
10	Slump Rencana	Ditetapkan	60-180 mm
11	Ukuran Agregat Maximum	Ditetapkan	20 mm
12	Kadar Air Bebas	Lihat Tabel 3	205 kg/m^3
13	Jumlah Semen	11:07	394 kg/m^3
14	Jumlah Semen Minimum	Lihat Tabel 4	275 kg/m^3
15	Susunan Butir Agregat Halus	Ditetapkan	Zona 2
16	Persen Agregat Halus	Lihat Grafik 14	42 %
17	Berat Jenis relative kondisi SSD	% Ag.H x BJ.Ag.H + % Ag K x BJ.Ag.K	2,5892
18	Berat Isi Beton	Lihat Grafik 16	2334
19	Kadar Agregat Gabungan	No 18 + No 13 + No 12	1734,77 kg/m^3
20	Kadar Agregat Halus	No 16 x No 19	728,60

21	Kadar Agregar Kasar	No 16 x No 20	1006,17	
22	Proporsi campuran			

Komposisi Bahan Penyusun Beton			
	Pasir (Agregat Halus)	Batu Pecah (Agregat Kasar)	Jumlah
Semen Portland (kg)		394	394
Air		205	205
Agregat	728,60	1006,17	1734,77
Berat Jenis kondisi SSD	2,45	2,69	
Penyerapan air (%)	5,26	2,56	
Kadar air (%)	4,96	2,87	
Jumlah air yang terdapat dalam agregat (kg)	-2,186	3,119	
Koreksi Proporsi Agregat (kg)	726,42	1009,29	1735,70
Koreksi kebutuhan air (lt)		204,07	204,07

23	Komposisi Koreksi	Semen	394
		Air	204,07
		Agregat Halus	726,42
		Agregat Kasar	1009,29
		Jumlah	2334

(Sumber: Hasil perhitungan mix design)

Kebutuhan Bahan

Penelitian ini memiliki benda uji berjumlah 12 sampel masing-masing variasi berjumlah 6 sampel. Benda uji berbentuk silinder berukuran 15x30 cm. Untuk kebutuhan bahan dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Menggunakan cetakan *silinder* dengan ukuran:

Volume *Silinder* $= \pi r^2 h$

$= 3{,}14 \times (0{,}075)^2 \times 0{,}30$

$= 0{,}00530\ m^3$

Faktor kemanan 20 % = 0,00636

Maka untuk 1 benda uji *silinder* membutuhkan:

Tabel 1. Kebutuhan bahan untuk 1 benda uji

Variasi	Proporsi campuran untuk 1 *Silinder*			
	Semen (kg/m^3)	Air ($ltr/m^{3)}$	Agregat Halus (kg/m^3)	Agregat Kasar (kg/m^3)
SNI 03-2834-2000	2,51	1,30	4,63	6,40
AHSP 2024	2,34	1,3	4,90	6,42

(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 2. Kebutuhan bahan untuk 6 benda uji

Variasi	Proporsi campuran untuk 6 *Silinder*			
	Semen (kg/m^3)	Air ($ltr/m^{3)}$	Agregat Halus (kg/m^3)	Agregat Kasar (kg/m^3)
SNI 03-2834-2000	15,04	7,79	27,71	38,51
AHSP 2024	14,04	7,71	29,38	38,49

(Sumber: Hasil perhitungan)

Pengujian Slump

Pengukuran *slump test* dilakukan untuk mengetahui kelecakan *(workability)* adukan beton. Kelecakan adukan beton merupakan ukuran tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkat, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisah *(segresi)*

Tabel 3. Hasil pengukuran nilai slump

Nilai *slump*		
No	Variasi	Nilai *slump* (cm) Fas (0,52)
1	SNI 03-2834-2000	8
2	AHSP 2024	10

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Perawatan Benda Uji (Curring)

Setelah beton telah mengeras yang membutuhkan waktu 24 jam, selanjutnya beton dikeluarkan dari alat cetakan, dilanjutkan dengan merendam beton dalam bak yang bermuatan air sebagai proses perawatan benda uji *(curring)* sampai 28 hari.

Berat Isi Beton

Untuk mendapatkan nilai berat isi beton maka dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi beton (D)} = W/V \ (kg/m^3)$$

Dimana:

W : Berat beton (kg)

V : Volume beton m^3

Berdasarkan rumus diatas, maka hasil berat isi beton dapat diperoleh pada tabel dibawah ini:

Tabel 18. Hasil Pengujian Berat Isi Beton

No	Variasi	Berat isi beton (kg/m^3) Fas (0,52) Umur 28 hari
1	SNI 03-2834-2000	2800
2	AHSP 2024	2818,86

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Setelah perawatan benda uji, maka benda uji tersebut diangkat dari bak perendam untuk dikeringkan. Setelah dikeringkan, di timbang selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Benda Uji menggunakan silinder yang berukuran 150 mm dan tinggi 300 mm, masing-masing variasi sebanyak 6 sampel, di uji menggunakan alat *Digital Concrete Compression*

Strength Machine di Lab Struktur Univesitas Kristen Indonesia Maluku untuk mendapatkan tekanan beban maksimum, yaitu beban pada saat beton hancur ketikan menerima beban tersebut.

Berdasarkan gambar 3.7 maka dapat diperoleh hasil kuat tekan beton yang tertera pada tabel 3.19 dibawah ini:

Tabel 19. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Umur	Berat (kg)	Beban Max (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata kuat tekan (Mpa)
			SNI 2000		
1	28	12,37	365,10	21,10	20,55
2	28	12,41	365,40	21,12	
3	28	12,34	362,40	20,95	
4	28	12,30	342,10	19,77	
5	28	12,55	329,50	19,05	
6	28	12,64	368,60	21,31	
			AHSP 2024		
1	28	12,27	320,50	18,53	18,14
2	28	12,32	320,80	18,54	
3	28	12,29	309,20	17,87	
4	28	12,32	324,30	18,75	
5	28	12,46	310,10	17,92	
6	28	12,47	298,40	17,25	

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Tabel 3.19 terdapat 12 sampel beton silinder di uji tekan menggunakan *Digital Concrete Compression Strength Machine* untuk mendapatkan nilai tekanan saat beton hancur. nilai tekanan dalam kilo newton itu kemudian dibagi dengan luas penampang beton berbentuk silinder untuk mendapatkan masing-masing kuat tekan beton. Berikut merupakan grafik nilai kuat tekan beton rata-rata:



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat Kasar

(Sumber: data penelitian Lab. Struktur Universitas Kristen Indonesia Maluku)

Berdasarkan Gambar 4.7 diketahui bahwa kuat tekan beton terbesar berada pada benda uji SNI 2000 dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 20,55 MPa, sedangkan pada benda uji AHSP 2024 memiliki nilai kuat tekan terendah yaitu 18,1 MPa. Hal ini menggambarkan bahwa Metode SNI 03-2834-2000 dan AHSP 2024 belum mencapai kuat tekan rencana Fc' 21 Mpa. Namun

demikian, hasil kuat tekan beton yang direncanakan dengan metode SNI 03-2834-2000 lebih mendekati kuat tekan rencana dibandingkan metode AHSP 2024.

Analisa Koefisien AHSP 2024

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	Tenaga Kerja					
	Pekerja	L.01	OH	1,000		
	Tukang batu/tembok	L.02	OH	0,250		
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,025		
	Mandor	L.04	OH	0,100		
	Jumlah Harga Tenaga Kerja					
B	Bahan					
	Semen Portland		**Kg**	**368**		
	Pasir		**Kg**	**770**		
	Kerikil		**Kg**	**1.009**		
	Air		**liter**	**202**		
	Jumlah Harga Tenaga Kerja					
C	Peralatan					
	Molen/Beton mixer		hari	0,1475		
	Jumlah Harga Alat					
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					
E	Biaya Umum dan Keuntungan (10% - 15%) x D			…% x D		
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					

Komposisi beton yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada standar Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2024, yang diterapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan konstruksi di Kota Ambon. Proporsi material penyusun beton, seperti semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, ditentukan berdasarkan ketentuan AHSP 2024.

Perbandingan SNI 03 2834 2000 dan AHSP 2024

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dan AHSP 2024, diperoleh perbedaan komposisi material penyusun beton yang mempengaruhi sifat beton segar maupun beton keras. Pada metode SNI 03-2834-2000, jumlah semen yang digunakan sebesar 15,04 kg, air sebesar 7,79 liter, agregat halus sebesar 27,71 kg, dan agregat kasar sebesar 38,51 kg dan memiliki nilai slump 8 cm untuk pembuatan 6 benda uji. Sementara itu pada metode AHSP 2024, jumlah semen yang digunakan sebesar 14,04 kg, air sebesar 7,71 liter, agregat halus sebesar 29,38 kg, dan agregat kasar sebesar 38,49 kg dan memiliki nilai slump 10 cm.

Tabel 4. **Perbandingan SNI dan AHSP**

No	Perbandingan	SNI 03 2834 2000	AHSP 2024
1	Semen	394 kg	368 kg
2	Air	205 liter	202 liter

3	Agregat Halus	728,60 kg	770 kg
4	Agregat Kasar	1006,17 kg	1009 kg
5	Slump	8 cm	10 cm
6	Kuat Tekan	20,55 Mpa	18,14 Mpa

Berdasarkan tabel perbandingan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dan AHSP 2024 diatas, diperoleh perbedaan komposisi material penyusun beton yang mempengaruhi sifat beton segar maupun beton keras. Pada metode SNI 03-2834-2000, jumlah semen yang digunakan lebih besar dibandingkan jumlah semen pada komposisi AHSP. Sementara itu pada metode AHSP, kebutuhan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan lebih besar dibandingkan jumlah agregat halus dan agregat kasar pada metode SNI 03-2834-2000 yang dapat mempengaruhi karakteristik beton terutama kuat tekan dan *workability*. Perbedaan komposisi material tersebut juga mempengaruhi nilai slump beton segar yang dihasilkan. Hasil pengujian slump menunjukkan bahwa beton dengan komposisi AHSP memiliki nilai slump lebih besar dibandingkan dengan metode SNI. Nilai slump yang lebih besar pada metode AHSP menunjukkan bahwa beton memiliki tingkat kelecakan (*workability*) yang lebih tinggi sehingga lebih mudah dikerjakan saat proses pengecoran. Sebaliknya, beton dengan metode SNI memiliki slump yang lebih kecil sehingga campuran beton cenderung lebih kaku namun tetap berada dalam rentang slump yang direncanakan.

Selain itu, hasil pengujian berat isi beton menunjukkan bahwa beton dengan metode SNI memiliki berat isi sebesar 2800 kg/m^3, sedangkan beton dengan metode AHSP memiliki berat isi sebesar 2818,86 kg/m^3. Perbedaan berat isi ini bisa dipengaruhi oleh variasi proporsi agregat pada masing-masing metode. Penggunaan agregat halus yang lebih banyak pada metode AHSP menyebabkan berat isi beton menjadi sedikit lebih besar dibandingkan metode SNI.

Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari diperoleh hasil bahwa beton yang dirancang menggunakan metode SNI 03-2834-2000 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 20,55 MPa, sedangkan beton yang menggunakan metode AHSP 2024 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 18,14 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa beton dengan metode SNI memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode AHSP. Hal ini disebabkan karena metode SNI dalam perencanaan campuran beton mempertimbangkan faktor teknis seperti faktor air semen, gradasi agregat, dan karakteristik material secara lebih rinci melalui proses perhitungan dan penyesuaian campuran.

Sebaliknya, metode AHSP pada dasarnya disusun sebagai pedoman analisis harga satuan pekerjaan yang bertujuan untuk menentukan kebutuhan bahan dalam suatu pekerjaan konstruksi, sehingga komposisi campuran beton yang dihasilkan lebih bersifat standar dan tidak secara khusus dirancang untuk mencapai kuat tekan tertentu melalui proses perencanaan campuran yang detail. Oleh karena itu, kuat tekan beton yang dihasilkan dengan metode AHSP cenderung lebih rendah dibandingkan metode SNI.

Berdasarkan hasil tersebut, bahwa metode SNI 03-2834-2000 lebih tepat digunakan dalam perencanaan campuran beton yang bertujuan untuk memperoleh mutu beton sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan. Sementara itu metode AHSP 2024 lebih sesuai digunakan sebagai acuan dalam perhitungan kebutuhan bahan dan biaya pekerjaan konstruksi. Dengan demikian,

penggunaan metode SNI dalam perancangan campuran beton dapat menghasilkan kualitas beton yang lebih optimal dibandingkan dengan metode AHSP.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa komposisi *mix design* beton mutu K-250 berdasarkan komposisi AHSP di kota ambon adalah rata-rata senilai 18,14 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

ANALISIS HARGA SATUAN PEKERJAAN (AHSP) BIDANG CIPTA KARYA DAN PERUMAHAN: Tata Cara Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Diaz, Petrus Ronny, Harry Janto Jepira, and Yono Yono. "PENGARUH FAKTOR AIR SEMEN (FAS) TERHADAP KUAT TEKAN DALAM MIX DESIGN BETON K 250 DENGAN MEMPERHATIKAN PROSES CURING BETON DAN TANPA CURING BETON." *SIARTEK-Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur* 3.2 (2017).

Foulhudan, Joerda, Dwi Nurtanto, and Krisnamurti Krisnamurti. "Perbandingan Mix Design SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 Ditinjau dari Proses Pengecoran Beton Normal." *Jurnal Riset Rekayasa Sipil* 5.2 (2022): 98-107.

Frederika, Ariany, and Ida Ayu Rai Widhiawati. "Analisis produktivitas metode pelaksanaan pengecoran beton ready mix pada balok dan pelat lantai gedung." *Jurnal Spektran* 5.1 (2017): 56-63.

Hunggurami, Elia, Margareth E. Bolla, and Papy Messakh. "Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012." *Jurnal Teknik Sipil* 6.2 (2017): 165-172.

HUSNA, ASMAUL. *ANALISIS CAMPURAN BETON K-250 (fc'24, 5 MPa) DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR UKURAN BUTIR MAKS 20 MM DAN 10 MM*. Diss. Universitas Pasir Pengaraian, 2021.

Kuntari, Helena Dewi, Andry Alim Lingga, and Asep Supriyadi. "Analisis Perbandingan Desain Campuran Beton Normal Menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 dengan Kuat Tekan 30 MPa." *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang* 6.3 (2019).

Lestari, Windi. "Pengujian Komposisi Campuran Beton Mutu K-250 Berdasarkan Sni 7394: 2008 Dengan Menggunakan Material Alami Gorontalo (Quarry Sungai Bone)." *Radial* 5.1 (2017): 72-83.

Mahbub, Jamal, Rendy Dwi Pangesti, and Roselina Rahmawati. "ANALISIS PERBANDINGAN MUTU BETON NORMAL K250 DAN K350 TERHADAP KADAR SEMEN, DENSITY, DAN KUAT TEKAN RATA-RATA BETON." *Bangun Rekaprima* 7.1 (2021): 30-35.

Muh Ilham Nurrosyid, Muh Ilham Nurrosyid, and Hanggara Yudi Susanto Hanggara Yudi Susanto. *ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON NORMAL DENGAN BETON CAMPURAN BAN BEKAS*. Diss. UPT. Perpustakaan Undaris, 2024.

Mulyono. Tri.2007, "*Teknologi Beton*", Penerbit Andi offset, Jakarta. KMTS FT UGM, Yogyakarta.

Mus, Zulfikra, et al. "Analisis Aktualisasi Penggunaan Material Plesteran Terhadap Koefisien AHSP Pada Proyek Pembangunan Rumah Maguwoharjo." *Jurnal Ilmiah Teknik sipil* 4.1 (2023).

Natalia, Monika, et al. "Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton Bertulang Berdasarkan BCWP dan AHSP SNI 2016 (Proyek Pembangunan Aeon Mixed Use Apartemen 3 Sentul City Bogor)." *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil* 16.2 (2019): 92-102.

No, Kristoforus. *ANALISA KOEFISIEN BAHAN DAN UPAH KERJA PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUSUNAWA BTN KOLHUA KUPANG NUSA TENGGARA TIMUR*. Diss. ITN malang, 2015.

Permatasari, Sylvina, and Septyanto Kurniawan. "Analisis Kuat Tekan Beton Mutu K-250 Terhadap Pengaruh Penambahan Batu Kapur Dari Desa Cantung Kecamatan Hampang Kabupaten Kotabaru." *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil* 11.2 (2022): 87-94.

Pranowo, Dadang Dwi, et al. "PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON MUTU SEDANG 21 MPA BERDASARKAN 03 2834: 2000, SNI 7656: 2012 DAN AHSP 2023." *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur* 29.2 (2024): 65-72.

Purwanto, Herri, et al. "Analisis Penambahan Cairan Bahan Kimia (Chemical Admixture) Damdex dan Sikacim Pada Beton K-250." *Jurnal Deformasi* 9.2 (2024): 126-137.

Rahmadianty, L., et al. "Analisa Campuran Beton Dengan Perbandingan Volume Dan Pengamatan Karakteristik Beton Mutu Sedang. Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 55-69." *Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro* (2017).

SNI Standar Nasional Indonesia: SNI 03-2816-1992: Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar atau Beton.

SNI Standar Nasional Indonesia: SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.

SNI Standar Nasional Indonesia: SNI 1971-2011: Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan.

SNI Standar Nasional Indonesia: SNI 2847-2013: Persyaratan Beton *Structural* Untuk Bangunan Gedung.

TAMBUNAN, ROITO. *Rancangan Campuran Beton Rencana K-250 Dengan Metode ACI (American Concrete Institute)*. Diss. Universitas Pasir Pengaraian, 2021.

Wantoro, Mamik. "Analisis Tidak Tercapainya Mutu Beton K-250 Dengan Penggunaan Agregat Dari Quarry Sungai Abukarei Serui." *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS)* 1.3 (2023).

Yunanda, Mega, Pengki Suanto, and Yulius Yulius. "Analisis Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Sebagai Pengisi Dalam Campuran Mutu Beton K. 250." *J. Tek. Sipil* 11.2 (2022): 50-59.