

STUDI EKSPERIMENTAL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN KAPUR DAN BATU APUNG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN

Sintia Melinda

Servie O. Dapas, Marthin D. J. Sumajouw

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: shintiamelinda@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi yang pada saat ini sudah sangat umum digunakan. Gas emisi karbondioksida (CO₂) yang di hasilkan pada saat pembuatan semen yang menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Guna meminimalisirkan penggunaan semen portland pada konstruksi bangunan dan mengurangi penggunaan limbah pada material alam, maka pemakaian semen jenis lain perlu dicoba, kapur dan batu apung adalah contoh limbah yang mengandung oksida silika sebagai bahan utama penyusunnya, demikian hal tersebut memberikan sifat pozzolanik sehingga dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Penelitian kali ini untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur dan batu apung sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton. Menggunakan metode ACI 211.1-91 digunakan untuk menghitung komposisi pada kuat tekan beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Pengujian dilakukan pada beton umur 14 hari dan 28 hari, dengan variasi presentase benda uji KPR, KPRBA1, KPRBA2, dan KPRBA3.

Hasil penelitian uji kuat tekan beton dengan bahan pengganti sebagian semen bahwa seiring bertambahnya variasi batu apung nilai kuat tekan beton menurun. Pada beton dengan bahan tamba KPR 16% dan BA 4% mengalami peningkatan presentase paling optimum sebesar 28,46%.

Kata Kunci: Pozzolan, kapur, Batu Apung, Kuat Tekan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton adalah material konstruksi yang pada saat ini sudah sangat umum digunakan. Saat ini berbagai bangunan sudah menggunakan material dari beton. Pentingnya peranan konstruksi beton menuntut suatu kualitas beton yang memadai. Penelitian-penelitian telah banyak dilakukan untuk memperoleh suatu penemuan alternatif penggunaan konstruksi beton dalam berbagai bidang secara tepat dan efisien, sehingga akan diperoleh mutu beton yang lebih baik.

Beton merupakan unsur yang sangat penting, mengingat fungsinya sebagai salah satu pembentuk struktur yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Keadaan ini dapat dimaklumi, karena sistem konstruksi beton mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan bahan lain. Keunggulan beton sebagai bahan konstruksi antara lain mempunyai kuat tekan yang tinggi, dapat mengikuti bentuk bangunan secara bebas, tahan terhadap api dan biaya perawatan yang relatif murah.

Beton yang bermutu baik mempunyai beberapa kelebihan diantaranya mempunyai kuat tekan tinggi, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, tahan aus, dan tahan terhadap cuaca (panas, dingin, sinar matahari, hujan). Beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu lemah terhadap kuat tarik, mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sulit kedap air secara sempurna, dan bersifat getas (Tjokrodinuljo, 1996).

Indonesia merupakan salah satu negara yang dominan menggunakan beton sebagai bahan material pada struktur bangunan. Peningkatan produksi semen akan menambahkan jumlah gas emisi karbondioksida (CO₂) yang dilepas ke atmosfer sehingga mempercepat proses pemanasan global. Guna meminimalkan penggunaan semen portland dalam konstruksi sederhana dan memaksimalkan penggunaan material alam secara langsung maka pemakaian semen jenis lain perlu dicoba.

Pada dasarnya kapur terbentuk dari bahan dasar batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO₃). Susunan kimia dan

sifat bahan yang mengandung kapur ini berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain, bahkan dalam suatu tempat yang samapun belum tentu memiliki sifat yang sama .

Bahan Tambah (Kapur Alam) merupakan bahan bangunan yang diperoleh dari galian alam. Kapur alam ini berwarna putih atau putih kekuningan dan memiliki butiran yang sangat halus jika dihancurkan. Kapur alam ini sudah digunakan sejak lama oleh masyarakat sebagai bahan bangunan (bata pres). Penggunaan kapur alam ini adalah sebagai bahan substitusi pada semen.

Batu apung batuan dengan ciri ciri utama berwarna terang serta sangat berpori, batu apung termasuk jenis batuan beku yang terbentuk dari hasil letusan eksplosif gunung berapi. Batu apung paling banyak digunakan sebagai agregat beton ringan dan sebagai bahan abrasif pada berbagai produk industri, Batu apung memiliki porositas tinggi sehingga batu tersebut bisa mengapung di atas air. Batu Apung (Pumice) juga memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai campuran untuk membuat beton.

Penggunaan beton sebagai konstruksi bangunan tentunya tidak terlepas dari ketersediaan material beton seperti kerikil, pasir dan semen. Namun pada kenyataannya pada beberapa tahun ini mengalami kenaikan harga material, disebabkan karena mahalnya harga material akibat jauhnya sumber material tersebut. Hal ini disebabkan karena tidak adanya sumber atau pengganti semen di Kota Manado.

Kapur dan batu apung menjadi pilihan sebagai bahan pengganti perekat (semen) beton. Dengan demikian pergantian perekat beton dengan menggunakan batu apung dan kapur ini diharapkan bisa memberikan jaminan terhadap kualitas beton yang dihasilkan. Pemakaian kapur dan batu apung ini dikarenakan sumber material yang cukup dekat, sehingga dapat diperoleh dengan mudah dan relatif lebih murah.

Rumusan Masalah

Di Indonesia terdapat banyak gunung berapi, salah satunya di wilayah sulawesi utara. Gunung berapi yang menghasilkan pecahan batu vulkanik. Salah satunya batu apung hasil dari pecahan gunung berapi yang menjadi bebatuan, sedangkan kapur terjadi pada alam yang mengandung silica sebagai bahan utama penyusunnya. upaya yang dilakukan untuk tetap

menjadikan beton sebagai bahan konstruksi tanpa meningkatkan emisi gas karbondioksida adalah dengan menciptakan bahan bangunan yang berasal dari alam. Hal tersebut, menjadikan kapur batu apung dan sebagai bahan tambah mineral (pozzolan) yang dapat meningkatkan mutu beton. Penelitian menggunakan batu apung yang di gabung dengan abu sekam padi pernah dilakukan oleh Rajak dkk (2020). Untuk itu peneliti mengajukan penelitian mengenai Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Kapur Dan Batu Apung Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang ada dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan dari Girian.
2. Agregat kasar (batu pecah) yang digunakan dari Lansot, Kema.
3. Air yang digunakan dari Sumur Bor Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
4. Bahan tambah kapur berasal dari kota mubagu dan digunakan yang lolos saringan no. 200 untuk bahan pengganti sebagian semen
5. Bahan tambah batu apung berasal ring road digunakan yang lolos saringan no. 200 untuk bahan pengganti sebagian semen.
6. Mutu beton yang direncanakan sebesar 20 MPa.
7. Perhitungan komposisi campuran beton sesuai SNI Beton 03-2834-2000.
8. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan.
9. Umur benda uji adalah 14 hari dan 28 hari
10. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur dan batu apung sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap nilai kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui seberapa besar nilai persentase penambahan kapur dan batu

apung agar diperoleh kuat tekan yang maksimal.

3. Untuk mengetahui kapur dan batu apung bisa menjadi bahan pengganti sebagian semen

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini diantaranya:

1. Kapur dan batu apung dapat menjadi salah satu bahan tambah alternatif untuk mengurangi penggunaan semen.
2. Penambahan kapur dan batu apung sebagai bahan pengganti sebagian semen diharapkan dapat menjadi bahan tambah yang bisa meningkatkan nilai kuat tekan beton.
3. Dengan penelitian yang maksimum diharapkan bahan tambah tersebut dapat dijadikan bahan tambah komponen beton yang berkualitas baik dan ramah lingkungan.

LANDASAN TEORI

Penggunaan beton dan bahan-bahan vulkanik seperti abu pozzolan sebagai pembentuknya telah dimulai sejak zaman Yunani dan Romawi bahkan mungkin sebelumnya. Dengan campuran kapur, pozzolan, dan batu apung, bangsa romawi banyak membangun infrastruktur seperti aquaduk, bangunan, drainase dan lain-lain. Di Indonesia penggunaan yang serupa bisa dilihat pada beberapa bangunan kuno yang tersisa. Benteng Indrapatna di Aceh yang dibangun pada abad ke-7 oleh kerajaan Lamuri, bahan bangunannya berupa kapur, tanah liat, dan batu gunung. Orang Mesir telah menemukan sebelumnya bahwa dengan memakai aditif debu vulkanik mampu meningkatkan kuat tekan beton.

Terdapat beberapa jenis beton, yaitu sebagai berikut (Mulyono, 2004):

1. **Beton ringan.** Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan memiliki berat jenis 800 - 1.800 kg/m³ dengan kekuatan tekan 6,89 - 17,24 Mpa.
2. **Beton normal.** Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2.200 - 2.400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 - 40 MPa.

3. **Beton berat.** Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2.400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. **Beton massa (mass concrete).** Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. **Ferro-Cement.** *Ferro-Cement* adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. **Beton serat (fibre concrete).** Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Bahan Tambah Pozzolan

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

Standar mutu pozzolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas pozzolan diuraikan sebagai berikut:

Bahan tambah kapur

Kapur alam merupakan bahan bangunan yang di peroleh dari galian alam. Kapur alam ini berwarna putih atau putih kekuningan dan memiliki butiran yang mirip dengan pasir. Kapur alam ini sudah digunakan sejak lama oleh masyarakat sebagai bahan bangunan. Penggunaan kapur alam ini adalah sebagai bahan substitusi semen pada beton karena karakteristik butirannya mirip dengan pasir, pada penelitian kali ini menggunakan kapur yang sudah di proses yang sudah menjadi

butiran kecil, maka dari itu harus di ayak lagi pakai ayakan No. 200 sehingga tekstur kapur akan lebih halus sama seperti semen.

Komposisi dan karakteristik kimia kapur:

- SiO₂ (silikon dioksida) 1,2%
- CaCO₃ (kalsium karbonat) 95,2%
- MgCO₃ (magnesium karbonat) 0,90%
- H₂O (air) 2,7 %

Tabel 1. Karakteristik Kapur

Karakteristik	Penjelasan
Warna	Putih, abu-abu gelap
Berat Jenis	2,20
Berat Volume	250-300 kg/m ³
Kehalusan	20,000 kg/m ³
Diameter	0,1 mm (1/100 diameter semen)



Gambar 1. Bahan Kapur

Bahan tambah batu apung

Batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelombang berinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik apung (pumice silikat). Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Gambar 2 merupakan batu apung.

Batu apung ini akan di haluskan memakai palu sehingga berbentuk berupa abu, setelah itu di ansar pakai ayakan No. 200 hingga teksturnya sama seperti semen, dan akan di campurkan ke dalam adukan beton.

Komposisi dan karakteristik kimia batu apung:

- SiO₂ (silikon dioksida):60 – 75,%
- Al₂O₃ (aluminium oksida):2–15,%
- Fe₂O₃ (ferioksida/besi):0,9– 4%
- Na₂O (natrium oksida): 2 –5%
- K₂O (kalium oksida):2– 4%
- MgO (magnesium)1–2%
- CaO (kalsium) 1- 2%

Tabel 2. Karakteristik Batu Apung

Karakteristik	Nilai	Syarat
Kadar Lumpur (%)	20,022	≤ 5%
Berat Jenis	2,39	—
Penyerapan Air (%)	14,029	—
Modulus Halus Butir	2,795	1,5-3,8
Berat Volume (kg/m ³)	1476,452	—
Kadar Air (%)	2,67	—



Gambar 2. Batu apung

Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi agregat, berat jenis agregat, ukuran maksimum agregat, karena berat volume beton tergantung pada berat volume agregat. Berat volume beton ini semuanya berada dalam keadaan kering udara. Berat volume dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_c = \frac{w}{v}(\text{kg/m}^3) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
- W = Berat Benda Uji (kg)
- V = Volume Beton (m³)

Tabel 1 Klasifikasi Berat Volume Beton

Jenis Beton	Berat Volume Beton (kg/m ³)
Beton Ultra Ringan	300-11000
Beton Ringan	1100-1600
Beton Ringan Struktural	1450-1900
Beton Normal	2100-2550
Beton Berat	2900-6100

Sumber: (ACI, 1993)

Kekuatan tekan beton

Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur.

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f^c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- f^c = Kuat Tekan Beton (N/mm²)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm²)

Tabel 3 Faktor Konversi Umur Beton

Umur (hari)	Faktor Konversi
3	0,4
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1

Sumber: (PBI, 1971)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses penelitian yang akan dilakukan dalam digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton

Berdasarkan hasil yang didapat dari pemeriksaan material untuk mix design menurut ACI 211.1-91 dengan FAS 0,54 (nilai FAS ditetapkan dari beberapa kali trial mix design dibutuhkan komposisi campuran beton sebagai berikut:

Tabel 4. Komposisi Campuran Beton Per m³

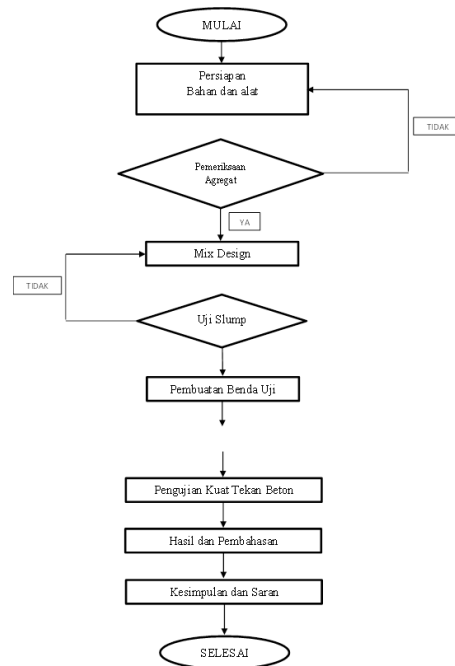
Komposisi Campuran Beton Per m ³		
Semen	kg	436,170
Air	kg	225,763
Agregat Kasar	kg	821,516
Agregat Halus	kg	727,501

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 5 Komposisi Campuran kapur dan Batu Apung Per Pengecoran

Berat Semen Per Pengecoran (kg)	Prensentase		Material (kg)		Total	Berat Semen Setelah Substitusi Material
	KPR	BA	KPR	BA		
4,73	20%		0,945	0	0,945	3,78
4,73	16%	4%	0,756	0,189	0,945	3,78
4,73	12%	8%	0,567	0,378	0,945	3,78
4,73	10%	10%	0,472	0,472	0,945	3,78
TOTAL			2,742	1,04	3,782	15,129

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pemeriksaan nilai slump

Pemeriksaan nilai slump dilakukan untuk mengetahui workability dari campuran beton. Pemeriksaan nilai slump dilakukan pada masing-masing campuran. Nilai slump dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai Slump

Kode	Bahan Campuran	Slump
BN	Tanpa bahan campuran	75
KPR	KPR 20%	75
KPRBA1	KPR 16% + BA 4%	76
KPRBA2	KPR 12% + BA 8%	97
KPRBA3	KPR 10% + BA 10%	80
KPRBA4	KPR 5% + BA 15%	88

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 6 nilai slump yang didapatkan dengan dan tanpa bahan tanpa campuran beton sesuai nilai slump yang ditetapkan yaitu 75-100 mm. Setiap campuran beton dengan dan tanpa bahan tambahan kapur dan batu apung dianggap bisa diterapkan karena memiliki workability yang baik.

Pemeriksaan Berat Volume Beton

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton (berat benda uji) dengan volume beton (volume benda uji). Hasil dari perhitungan berat volume beton adalah berat

volume rata-rata beton pada umur 1 hari, dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Rata-rata Berat Volume Beton Normal

No.	Rata-rata Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Rata-rata Berat Volume (kg/m ³)
1.	3,33887	0,00157	2126,667

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 8. Rata-rata Berat Volume Beton dengan Campuran

No.	Bahan Campuran	Rata-rata Berat Benda Uji (kg)	Volume Beton (m ³)	Rata-rata Berat Volume (kg/m ³)
1	KPR 20%	3,23352	0,00157	2059,565
2	KPR 16% + BA 4%	3,22113	0,00157	2051,677
3	KPR 12% + BA 8%	3,24628	0,00157	2067,696
4	KPR 10% + BA 10%	3,25073	0,00157	2070,531

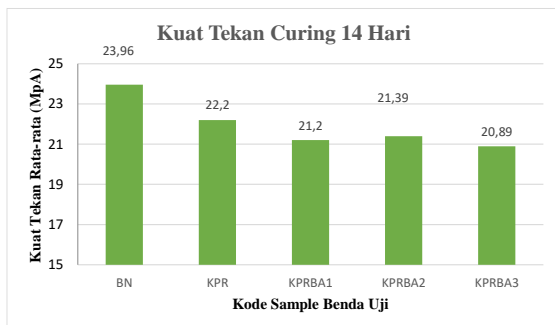
Berdasarkan tabel 7 dan 8 diatas diketahui bahwa, rata-rata berat volume beton dengan dan tanpa bahan tambah campuran beton, berkisar antara 2099,459-2059,565 kg/m³. Maka, semua jenis beton normal berat massa volume beton normal berada pada interval 2110-2550 kg/m³.

Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Tabel 9. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 14 hari

Kode	Presentase Bahan Campuran (%)		Kuat Tekan Rata-rata 14 hari (MPa)
	KPR	BA	
BN	0	0	23,96
KPR	20	0	22,20
KPRBA1	16	6	21,19
KPRBA2	12	8	21,39
KPRBA3	10	10	20,88

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4 Diagram Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

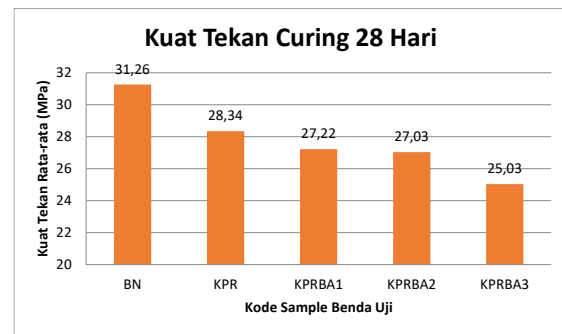
Dari hasil pemeriksaan kuat tekan beton rata-rata umur 14 hari, didapat nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah rata-rata, dengan

campuran kapur 20% sebesar 22,20 MPa, kemudian mengalami penurunan pada beton dengan campuran kapur 16% + batu apung 4% dengan nilai kuat tekan beton 21,20 MPa, lalu mengalami kenaikan kembali pada beton dengan campuran kapur 12% + batu apung 8% sebesar 21,36 MPa, dan mengalami penurunan kembali pada campuran kapur 10% + batu apung 10% sebesar 20,89 MPa.

Tabel 10. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Kuat Tekan Beton Umur 28 hari

Kode	Presentase Bahan Campuran (%)		Kuat Tekan Rata-rata 28 hari (MPa)
	KPR	BA	
BN	0	0	31,26
KPR	20	0	28,34
KPRBA1	16	4	27,22
KPRBA2	12	8	27,03
KPRBA3	10	10	25,02

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 5 Diagram Hasil Pemeriksaan Ratarata Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Dari hasil pemeriksaan kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari, didapat nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah rata-rata, dengan campuran kapur 20% sebesar 28,34 MPa, kemudian mengalami penurunan pada beton dengan campuran kapur 16% + batu apung 4% dengan nilai kuat tekan beton 27,22 MPa, lalu mengalami kenaikan kembali pada beton dengan campuran kapur 12% + batu apung 8% sebesar 27,03 Mpa, dan mengalami penurunan kembali pada campuran kapur 10% + batu apung 10% sebesar 25,03 MPa.

Konversi Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari ke 28 Hari

Berikut ini adalah nilai kuat tekan beton rata-rata pengujian umur 14 hari jika dikonversikan ke dalam pengujian kuat tekan beton umur 28 hari. Faktor konversi umur beton terdapat pada tabel 3 faktor konversi umur beton.

Tabel 11. Hasil Konversi Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari kedalam Umur 28 Hari

Kode	Presentase Bahan Campuran (%)		Kuat Tekan Rata-rata 14 hari (MPa)	Kuat tekan rata-rata faktor konversi 28 hari (MPa)
	KPR	BA		
BN	0	0	23,96	27,22
KPR	20	0	22,20	25,22
KPRBA1	16	4	21,20	24,09
KPRBA2	12	8	21,39	24,30
KPRBA3	10	10	20,89	23,73

Sumber: Hasil Penelitian

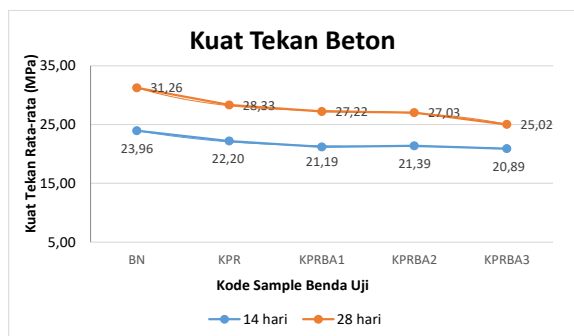
Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Dari tabel dan hasil pemeriksaan kuat tekan beton umur 14 hari dan kuat tekan beton umur 28 hari dibuat grafik presentase kenaikan kuat tekan beton pada umur 14 hari dan umur 28 hari seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 12. Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Kode	Bahan Campuran	Kuat Tekan Beton (MPa)		Penaikan Kuat Tekan Rata-rata (%)
		14 hari	28 hari	
BN	Tanpa Bahan Tambah	23,96	31,26	31,95
KPR	KPR 20%	22,20	28,34	27,61
KPRBA1	KPR 16% + BA 4%	21,19	27,22	28,46
KPRBA2	KPR 12% + BA 8%	21,39	27,03	26,37
KPRBA3	KPR 10% + BA 10%	20,88	25,02	19,83

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 6. Grafik Presentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Dari gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur pengujian kuat tekan beton. Presentase kenaikan kuat tekan pada beton tanpa tambahan bahan campuran yaitu sebesar 31,95%. Sedangkan, beton dengan substitusi parsial semen mengalami presentase kenaikan paling optimum pada campuran

bervariasi kapur 16% + batu apung 4% yaitu nilainya sebesar 28,46%.

Perbandingan Kuat Tekan Beton Tanpa Bahan Campuran dengan Beton Variasi Kapur dan Batu Apung 28 hari

Sejalan dengan bertambahnya variasi campuran kapur dan batu apung nilai kuat tekan beton menurun, Sedangkan beton tanpa bahan campuran memiliki nilai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan menambahkan campuran kapur dan batu apung.

Tabel 13. Perbandingan Kuat Tekan Beton Tanpa Bahan Campuran dengan Beton Variasi Kapur dan Batu Apung 28 hari

Kode	kuat tekan (Mpa)	Penurunan kuat rata-rata %
	28 Hari	
BN	31,26	-10,34239322
KPR	28,33	
BN	31,26	-14,84202792
KPRBA1	27,22	
BN	31,26	-15,64927858
KPRBA2	27,03	
BN	31,26	-24,94004796
KPRBA3	25,02	

Sumber: Hasil Penelitian

PENUTUP

Kesimpulan

1. Nilai *slump* untuk benda uji berkisar antara 75-100 mm, campuran beton dengan variasi dan tanpa bahan tamba kapur dan batu apung sesuai dengan nilai *slump* yang ditetapkan memiliki *workability* yang baik.
2. Rata-rata berat volume beton dengan variasi atau tanpa bahan tambah kapur dan batu apung pada campuran beton berkisar antara 2099,459-2126,667 kg/m³, dan termasuk dalam jenis beton normal.
3. Adanya pengurangan berat semen sehingga membuat kuat tekan beton menjadi bervariasi dengan nilai tertinggi sebesar 28,23 MPa pada benda uji 28 hari dengan variasi kapur 20%.
4. Adanya pengurangan berat semen sehingga membuat kuat tekan beton menjadi bervariasi dengan nilai terendah sebesar 25,02 MPa pada benda uji 28 hari dengan variasi kapur 10% dan batu apung 10%.
5. Seiring bertambahnya umur pengujian beton dari umur 14 hari ke umur 28 hari, nilai kuat tekan beton juga semakin bertambah.

- Presentase kenaikan paling optimum terdapat pada beton dengan bahan tambah kapur 16% dan batu apung 4% yaitu sebesar 28,46%.
6. Dilihat dari kuat tekan beton normal 28 hari dengan nilai 31,26 MPa, adanya penambahan campuran kapur dan batu apung tidak bisa menjadi bahan pengganti sebagian semen.

Saran

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran, yaitu:

1. Material kapur yang digunakan untuk bahan pengganti sebagian semen sebaiknya perlu

- disimpan rapat pada suhu ruang sehingga bisa tercampur rata saat mix design.
2. Pada saat pencetakan, pastikan campuran terisi padat sehingga tidak terdapat pori-pori pada beton.
 3. Pada saat melakukan capping agar tidak miring, maka perlu dilakukan secara teliti pada penempatan benda uji.
 4. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan lebih memperhatikan saat melakukan penelitian di laboratorium, agar lebih teliti.
 5. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan untuk memeriksa kandungan kimia pada bahan tambah kapur dan batu apung.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1-91. 1993. *Standard Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. ACI. Detroit.
- ASTM C618-92a, *Standard specification for fly ash or raw or calcinate natural pozzolana for use as a mineral admixture in portland cement concrete*, American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Pennsylvania, vol. 04(02) (2005)
- DPU. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. N.1-2 1971. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum Bandung.
- Mulyono, Tri., 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Rajak, F. S. A., Dapas, S. O., Sumajouw, M. D. J., 2020. *Pengujian Kuat Tekan Beton yang Menggunakan Agregat Lokal dengan Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Batu Apung sebagai Substitusi Parsial Semen*, Jurnal Sipil Statik Vol 8 No 2, ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- SNI 03-2834-2000. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.