

ANALISIS UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN SUBSTITUSI KAPUR DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI CAMPURAN SEMEN

Oleh: Galih Adya Taurano¹, Julmadian Abda², Robi Fernando³, Agung Bhakti Utama⁴.

^{1,2,3,4,5}Staf Pengajar Prodi Teknik Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum.

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

E-mail: ²abdabp@yahoo.com, ³roferwong@gmail.com, ⁴agungbhaktiutama@yahoo.com,

Abstrak

Pemanfaatan beton pada setiap pekerjaan konstruksi cenderung terus meningkat setiap tahunnya, sehingga bahan pembentuk beton terutama semen mengalami kenaikan harga yang cukup besar. Berdasarkan hal tersebut, penelitian untuk mengurangi kebutuhan semen dengan menambahkan bahan aditif yang mengandung silika perlu dilakukan seperti penggunaan kapur dan abu sekam padi/rice husk ash (RHA) sebagai bahan pengganti semen. Semen tipe 1 (pc), pasir Muntilan dan kerikil Muntilan digunakan sebagai bahan pembuat beton. Sedangkan abu sekam padi (RHA) diambil dari sisa pembakaran sekam padi pada produksi batu bata di daerah Karanganyar, sementara bahan kapur diambil dari sentra produksi kapur di kabupaten Grobogan Jawa Tengah. Persentase kapur dan abu sekam padi yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15% dengan usia beton yang diuji kuat tekannya adalah 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari sehingga dapat dibandingkan dengan kuat tekan beton normal. Hasil uji kuat tekan beton menunjukkan bahwa kandungan 5% bahan inovasi (2,5% kapur dan 2,5% abu sekam padi) dalam campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan beton yang lebih besar dibandingkan kuat tekan beton tanpa bahan inovasi.

Kata kunci: Abu Sekam Padi, Kapur, Beton, Kuat Tekan Beton.

Abstract

The use of concrete in every construction works tends to increase every year, so that the material forming concrete, especially cement, experience a significant increase in prices. Based on this, research to reduce the need for cement by adding silica-containing additives needs to be carried out such as the use of lime and rice husk ash (RHA) as a cement substitution. Type 1 cement (pc), Muntilan sand and Muntilan gravel are used as concrete material. While rice husk ash (RHA) is taken from the residual burning of rice husk in brick production in the Karanganyar area, while lime material is taken from the limestone production center in Central Java Grobogan district. The percentage of lime and rice husk ash used is 5%, 10% and 15% with the age of the compressed concrete strength tested about 7 days, 14 days, 21 days, 28 days so that it can be compared with normal concrete compressive strength. The concrete compressive strength test results showed that the content of 5% of innovation material (2.5% lime and 2.5% rice husk ash) in a concrete mixture produced a slightly greater concrete compressive strength than the compressive strength of concrete without innovation material.

Keywords: rice husk ash, lime, concrete, concrete compressive strength.

1. Pendahuluan

Beton merupakan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Beton merupakan campuran dari material pembentuk beton yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan semen serta air sebagai katalis untuk mereaksikan campuran tersebut. Semen merupakan material paling mahal di antara material-material tersebut. Biaya semen dalam sebuah campuran beton merupakan faktor yang menentukan karena mahalnya

proses produksi yang pada gilirannya menentukan harga jual. Berdasarkan hal ini dan pertimbangan biaya maka dicoba untuk mencari alternatif campuran semen yang murah dan secara struktural dapat memenuhi kinerja kekuatan tekan. Unsur yang dipertimbangkan sebagai substitusi semen adalah material yang mempunyai sifat hidrolis. Kapur dan abu sekam menjadi alternatif pilihan karena memiliki unsur kimia yang hampir sama dengan semen. Hasil sekam padi yang dibakar pada suhu terkontrol, menghasilkan sisa pembakaran

abu sekam yang mengandung silika yang tinggi. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran tersebut menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa yang kaya dengan silika. Bahan kapur juga merupakan salah satu bahan bangunan, jenis kapur apa yang baik untuk bahan bangunan dan bagaimana proses pembuatan kapur untuk bahan bangunan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kontribusi kapur sebagai bahan bangunan.

Beberapa referensi hasil penelitian terdahulu material bahan tambah berupa abu sekam padi dan kapur memiliki kemampuan yang baik sebagai bahan pengikat hidrolis alternatif sehingga bisa diaplikasikan dilapangan meskipun mutu betonnya tidak mampu melebihi mutu beton bila menggunakan semen 100%.

Pada penelitian ini penulis akan mencoba lakukan riset tentang komposisi kolaborasi semen, Kapur dan RHA, kemudian melakukan analisis hasil pengujian sehingga didapatkan variasi campuran yang menghasilkan mutu beton terbaik dari bahan tersebut diatas. Menjawab dari hal tersebut perlu di lakukan penyelesaian masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana menentukan komposisi pencampuran atau mix design pada penelitian ini?
- b. Bagaimana sifat tampak beton dari setiap persentase penambahan kapur dan abu sekam padi?
- c. Bagaimana perilaku kuat tekan beton akibat penambahan abu sekam padi dan kapur berdasarkan usia beton?
- d. Berapa persentase optimal penambahan abu sekam padi dan kapur untuk menghasilkan kuat tekan beton yang baik?

Manfaat dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton dari beberapa variasi benda uji yang sudah dilakukan, dengan harapan bisa menjadi acuan dan rekomendasi terhadap penggunaan kapur dan abu sekam padi sebagai pencampur beton kedepannya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Agregat

Berdasarkan ukurannya agregat dibedakan menjadi agregat kasar dan halus. Agregat kasar adalah agregat yang butirnya tertahan pada ayakan 4,75 mm dan agregat halus yang lolos 4,75 mm (ASTM – C.125 - 94)

Agregat halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan - batuan atau berupa pasir buatan yang dihasil oleh alat - alat pemecah batu. Adapun syarat - syarat dari agregat halus yang digunakan menurut PBI - 1971, antara lain :

- a. Pasir terdiri dari butir - butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian - bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.
- c. Tidak mengandung bahan - bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams - Harder. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

Agregat kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan - batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Dalam penggunaannya, kerikil harus memenuhi syarat-syarat:

- a. Butir - butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus

dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

- c. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat - zat yang reaktif terhadap alkali.

Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan

Tabel 1. Syarat Pemakaian Agregat Kasar dan Agregat Halus.

AGREGAT KASAR		AGREGAT HALUS	
Ayakan	%-lewat ayakan (berat kering)	Ayakan	%-lewat ayakan (berat kering)
30,0 mm	100	10,00 mm	100
25,0 mm	90 – 100	5,00 mm	90 – 100
15,0 mm	25 – 60	2,50 mm	80 – 100
5,0 mm	0 – 10	1,20 mm	50 – 90
2,5 mm	0 – 5	0,60 mm	25 – 60
		0,30 mm	10 – 30
		0,15 mm	2 – 10

(Sumber : Astanto, 2001)

2.2. Air

Syarat mutu air menurut menurut SK SNI S – 04 - 1989 F, Spesifikasi bahan bangunan bagian A, air yang dapat digunakan sebagai campuran beton :

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda - benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam - garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton prategang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO₄) lebih dari 1 gram/liter.

Syarat mutu air menurut menurut SK SNI 03 – 2847 - 2002

Air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton :

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan - bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan - bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi
 - 1) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - 2) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang - kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “ Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm) ”. (ASTM C 109).

2.3. Semen

Semen PCC (*Portland Cement Composit*) cocok untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum dan bahan bangunan. Adapun kegunaan dan keunggulan dari semen PCC ;

Kegunaan :

- a. Struktur bangunan bertingkat
- b. Struktur jembatan
- c. Struktur jalan beton
- d. Bahan bangunan

- e. Beton pratekan dan pracetak, pasangan bata, plesteran, acian, panel beton, paving block, hollow brick, batako, genteng, polongan, ubin, dll.

Keunggulan :

- a. Lebih mudah dikerjakan
- b. Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak
- c. Lebih tahan terhadap sulfat
- d. Lebih kedap air
- e. Permukaan acian lebih halus.

2.4. Bahan Pengikat Hidrolis

Bahan pengikat hidrolis adalah suatu bahan yang apabila dicampur dengan air akan membentuk pasta kemudian mengeras dan setelah mengeras tidak larut kembali dalam air. Bahan pengikat hidrolis biasanya akan mengeras pada tempat yang kering/terbuka maupun di dalam air. Bahan hidrolis yang dipakai adalah kapur.

Sifat - sifat kapur :

- a. Plastis
- b. Dapat mengeras dengan cepat sehingga memberi kekuatan pengikat
- c. Mudah dikerjakan tanpa melalui proses pabrik
- d. Menghasilkan rekatan yang bagus untuk mortar / plesteran

Kegunaan kapur:

- a. Perekat (industri semen, bahan mortar, plesteran, dll.)
- b. Untuk hidrolisasi (industri sabun, dll.)
- c. Bahan absorpsi (bahan pemutih, dll.)
- d. Pelarut / solvent (industri cat casein, dll)
- e. Bahan dihidrasi (pengering udara, dll.)
- f. Flokulan (industri gula, dll.)
- g. Fluk (pembuatan keramik, dll.)
- h. Pelumas (pembuat kawat, dll.)
- i. Bahan koustik (industri pulp sulfat, dll)
- j. Untuk netralisasi (pemurnian air, dll)

2.5. Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash).

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, dimana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau buangan. Jika sekam padi dibakar akan menghasilkan abu sekam padi. Abu ini dikenal sebagai *Rice Husk Ash* (RHA) yang

memiliki kandungan silika reaktif sekitar 85% - 90%. Dalam setiap 1000 kg padi yang digiling akan dihasilkan 220 kg (22%) kulit sekam. Jika kulit sekam itu dibakar pada tungku pembakaran, akan dihasilkan sekitar 55 kg (25%) RHA. Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi sekitar (500 – 600°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Prasetyoko,2001)

2.6. Pengujian Beton

Kekuatan beton umumnya di identikkan dengan kuat tekan. Dalam peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971 : 39) bahwa kuat tekan adalah bahan kontruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, apabila diperiksa dengan sejumlah besar benda-benda uji, nilainya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata. Kekuatan tekan beton didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi dalam benda uji pada pemberian beban hingga benda uji tersebut hancur. Pengukuran kuat tekan beton didasarkan pada (SNI 03-1974-1990). Beban yang bekerja atau terdistribusi secara kontinyu melalui titik berat, kemudian dihitung dengan rumus :

$$F_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

F_c : tekanan (kg/cm²)

A : luas penampang (cm²)

P : beban (kg)

Apabila tidak ditentukan dengan percobaan untuk keperluan perhitungan atau pemeriksaan mutu beton maka perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Perbandingan Kekuatan Beton pada Berbagai Umur.

Jenis beton	Umur (hari)					
	3	7	14	21	28	90
Semen Portland	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15

(Sumber : PBI 1971 : 34)

Kuat tekan beton merupakan faktor yang utama dan penting untuk diperhatikan di dalam pelaksanaan pengecoran dilapangan. Yang kemudian menjadi perhatian adalah terkait umur beton dan kuat tekan karakteristik yang dimilikinya pada umur terlihat dalam table 5. Rata-rata, beton mencapai kekuatan tekan karakteristik rencananya pada umur 28 hari.

2.7. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

Tujuan:

Menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat, modulus kehalusan dan kombinasi. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar.

Analisis Perhitungan:

Hitunglah persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

- Berat benda uji yang tertahan
 $= W_2 - W_1$
- % berat tertahan
 $= \frac{W_3}{W_{total}} \times 100\%$
- % berat tertahan kumulatif
 $= 100\% - \Sigma\% \text{ berat tertahan}$

Dimana :

- (W₁) = Berat benda uji total
- (W₂) = Berat benda uji lolos
- (W₃) = Berat benda uji tertahan

Modulus Halus Butir Agregat Kombinasi

$$MHB = \frac{\sum (\% \text{ Tertahan Kumulatif Sar. No. 4 s/d Sar. No. PAN})}{100}$$

2.8. Pengujian Bahan Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)

Tujuan:

Menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan No.200 dengan cara pencucian yang dinyatakan dalam persen.

Analisis Perhitungan:

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

- Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2$$

- Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2$$

- Bahan lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$$

Keterangan:

- W₁ = Berat kering benda uji+wadah (gram).
- W₂ = Berat wadah (gram).
- W₃ = Berat kering benda uji awal (gram).
- W₄= Berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram).
- W₅ = Berat kering benda uji sesudah pencucian (gram).
- W₆ = % bahan lolos saringan No.200 (0,075 mm).

2.9. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Tujuan:

Menentukan kandungan bahan organik dalam agregat halus berdasarkan ASTM C-40 standar warna Hellige Tester No.3. Kandungan bahan organik yang berlebihan pada unsur bahan beton dapat mempengaruhi kualitas beton. warna larutan benda uji lebih gelap dari warna standar atau menunjukkan warna standar lebih besar dari No.3, maka kemungkinan mengandung bahan organik yang tidak diizinkan untuk bahan campuran mortar atau beton

2.10. Pemeriksaan Kadar Air Agregat.

Tujuan:

Menentukan persentase kadar air agregat. Metode yang digunakan adalah dengan cara pengeringan. Berat dari agregat didapatkan dengan cara pengeringan menggunakan oven.

Analisa Perhitungan:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

dengan:

W_3 = Berat benda uji semula (gram).

W_5 = Berat benda uji setelah pengeringan (gram).

2.11. Perencanaan Campuran Beton

Tujuan:

Menentukan komposisi komponen atau unsur beton basah dengan ketentuan kuat tekan karakteristik dan slump rencana.

2.12. Percobaan Slump Beton

Tujuan:

Penentuan ukuran derajat kemudahan pengecoran adukan beton basah atau beton segar

Analisa Perhitungan:

$$\text{Nilai slump benda uji} = \text{tinggi cetakan} - \text{tinggi beton segar}$$

2.13. Pemeriksaan Kekuatan Tekan Beton

Tujuan:

Menentukan kekuatan tekan benda uji yang berbentuk kubus dan silinder yang dibuat dan dirawat di laboratorium. Kekuatan tekan beton adalah perbandingan beban terhadap luas penampang beton.

Analisa Perhitungan:

Kekuatan Tekan Beton,

$$f_c = \frac{P}{A} \left(N/mm^2 \right)$$

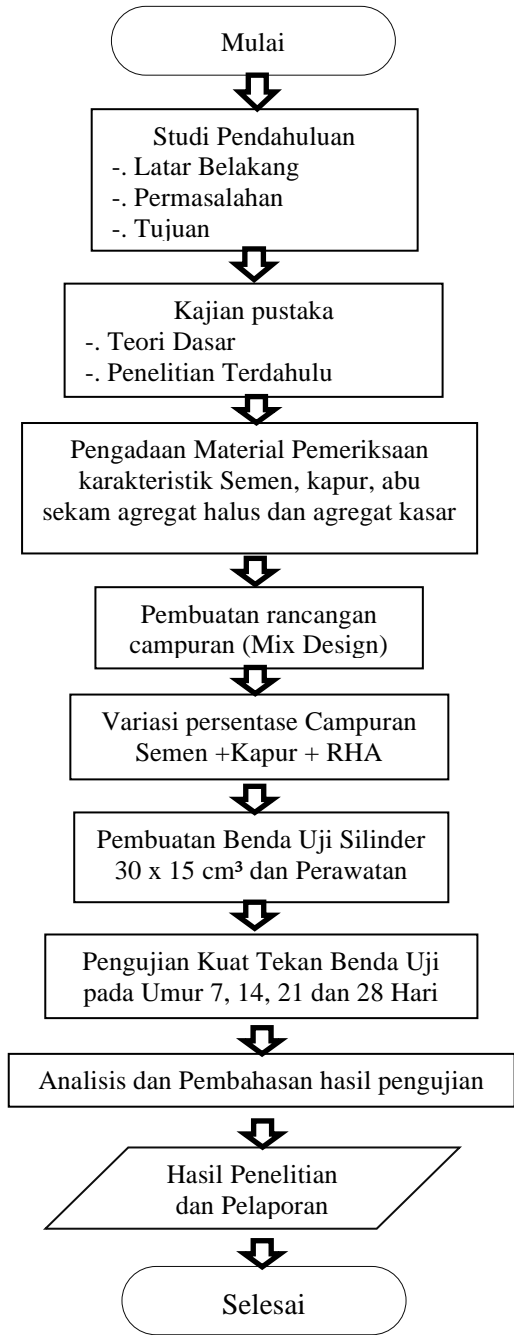
dengan:

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

3. Metodologi Penelitian

a. Bagan Alir Penelitian



b. Kebutuhan Material Untuk Penelitian Berdasarkan mutu beton yang akan digunakan adalah K-300 dengan $f_c' = 26,4$ Mpa Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat nomor : 28/prt/m/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum adalah 1 m³ Beton mutu, $f_c' = 26,4$ MPa (K300) kedap air, slump (12±2) cm, w/c = 0,52 (kedap air).

Tabel 3. Analisa Harga Satuan, 1 m³ Beton mutu, f'c = 26,4 MPa (K300) Kedap Air, Slump (12±2) cm, w/c = 0,52 (Kedap Air)

No	Uraian Bahan	Kode	Satuan	Koefisien
1	Semen Portland	M.15	kg	413
2	Pasir beton	M.14.a	kg	681
3	Batu split ½ (kerikil)	M.12	kg	1.021
4	Air	M.02	Liter	215

c. Volume kebutuhan Material Untuk Benda Uji

Volume Slinder

$$V = \pi \times r^2 \times t \times 1,2 = 3.14 \times 0.075^2 \times 0.3 \times 1,2 = 0.006358 \text{ m}^3$$

Volume Kebutuhan Untuk 1x mixing = 3 benda uji

$$= V \text{ silinder} \times 3 \text{ sampel} = 0.006358 \times 3 = 0.019 \text{ m}^3$$

Tabel 4. Kebutuhan Material untuk Beton Normal (K-300)

No	Uraian Bahan	Satuan	Koefisien	Volume Kebutuhan (3 sampel)	Kebutuhan Bahan
1	Semen Portland	kg	413	0,019	7,888 Kg
2	Pasir beton	kg	681	0,019	11,479 Kg
3	Batu split ½ (kerikil)	kg	1.021	0,019	19,501 Kg
4	Air	Liter	215	0,019	4,107 Liter

Tabel 5. Kebutuhan Material untuk Beton 2,5% RHA & 2,5% Kapur (5% Zat Pengganti Semen)

No	Uraian	Kebutuhan Bahan dari Beton K-300	Jumlah Semen dikurangi (5%)	Kebutuhan Bahan Akhir
1	Semen Portland	7,888 Kg	0,3944	7,494 Kg
2	Pasir beton	11,479 Kg		11,479 Kg
3	Batu split ½ (kerikil)	19,501 Kg		19,501 Kg
4	Air	4,107 Liter		4,107 Liter
5	2,5% RHA			0,197 Kg
6	2,5% Kapur			0,197 Kg

Tabel 6. Kebutuhan Material untuk Beton 5%RHA & 5% Kapur (10% Zat Pengganti Semen)

No	Uraian	Kebutuhan Bahan dari Beton K-300	Jumlah Semen dikurangi (10%)	Kebutuhan Bahan Akhir
1	Semen Portland	7,888 Kg	0,7888	7,099 Kg
2	Pasir beton	11,479 Kg		11,479 Kg
3	Batu split ½ (kerikil)	19,501 Kg		19,501 Kg
4	Air	4,107 Liter		4,107 Liter
5	5% RHA			0,3944 Kg
6	5% Kapur			0,3944 Kg

Tabel 7. Kebutuhan Material untuk Beton 7,5%RHA & 7,5% Kapur (15% Zat Pengganti Semen)

No	Uraian	Kebutuhan Bahan dari Beton K-300	Jumlah Semen dikurangi (15%)	Kebutuhan Bahan Akhir
1	Semen Portland	7,888 Kg	1,1832	6,7048 Kg
2	Pasir beton	11,479 Kg		11,479 Kg
3	Batu split ½ (kerikil)	19,501 Kg		19,501 Kg
4	Air	4,107 Liter		4,107 Liter
5	7,5% RHA			0,5916 Kg
6	7,5% Kapur			0,5916 Kg

Tabel 8. Volume Kebutuhan Material untuk Keseluruhan Benda Uji.

No	Uraian	Kebutuhan Beton Norma 1 (K-300)	Kebutuhan Beton 5%	Kebutuhan Beton 10%	Kebutuhan Beton 15%	Total Kebutuhan
1	Semen Portland	31,552 Kg	29,976 Kg	28,396 Kg	26,8192 Kg	116,7432 Kg
2	Pasir beton	45,916 Kg	45,916 Kg	45,916 Kg	45,916 Kg	183,664 Kg
3	Batu split ½(kerikil)	78,004 Kg	78,004 Kg	78,004 Kg	78,004 Kg	312,016 Kg
4	Air	16,428 Liter	16,428 Liter	16,428 Liter	16,428 Liter	65,712 Liter
5	RHA	-	0,788 Kg	1,5776 Kg	2,3664 Kg	4,732 Kg
6	KAPUR	-	0,788 Kg	1,5776 Kg	2,3664 Kg	4,732 Kg

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

a. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Tabel 9. Hasil Percobaan Analisis Saringan Agregat

Diameter saringan (mm)	Sisa Saringan Dalam (gram)			Prosentase rata-rata	Jumlah sisa (%)	Yang Lolos (%)
	Percobaan 1	Percobaan 2	Rata-Rata			
9,500	58,9	71,85	65,375	6,9%	6,9	93,1
4,750	67,2	118,15	92,675	9,3%	16,2	83,8
2,360	89,8	117,65	103,725	10,4%	26,6	73,4
1,180	161,4	153,35	157,375	15,8%	42,4	57,6
0,600	190,8	159,75	175,275	17,5%	59,9	40,1
0,300	152,5	123,45	137,975	13,8%	73,7	26,3
0,150	192,6	185,75	189,175	18,9%	92,6	7,4
0,075	76,8	26,75	51,775	5,1%	97,7	2,3
Pan	9,3	37,15	23,225	2,3%	100	0
Jumlah	999,3	993,85	995,575	100%		

b. Modulus halus butiran Agregat Kombinasi (Saringan No. 4 – Pan)

$$MHB = \frac{\sum(\% \text{ Tertahan Kumulatif Sar. No. 4 s/d Pan})}{100}$$

$$MHB = \frac{\sum(16,2+26,6+42,4+59,9+73,7+92,6+97,7)}{100}$$

$$MHB = 4,091$$

c. Pengujian Bahan Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)

Data 1

W₃ = 200 gram
 W₅ = 188,8 gram
 Jumlah bahan lewat saringan No.200
 $= \frac{(200-188,8)}{200} \times 100\% = 5,600\%$

Data 2

W₃ = 200 gram
 W₅ = 190,2 gram
 Jumlah bahan lewat saringan No.200
 $= \frac{(200-190,2)}{200} \times 100\% = 4,900\%$

Rata-rata

Jumlah bahan lewat saringan No.200
 $= \frac{(5,600\%+4,900\%)}{2} = 5,250\%$

d. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Tinggi pasir dan lumpur 138 cc
 Tinggi pasir : 122 cc -
 Tinggi lumpur : 16 cc
 Warna NaOH 3% : kuning kecoklatan

e. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Tabel 10. Perhitungan Kadar Air Agregat

A. Agregat Halus	
1. Berat wadah (W1)	76,2 gr
2. Berat wadah + benda uji (W2)	176,2 gr
3. Berat benda uji (W3) = W2-W1	100,0 gr
4. Berat benda uji + wadah setelah kering (W4)	171,2 gr
5. Berat benda uji kering (W5) = W4 - W1	95,0 gr
6. Kadar Air $(\frac{W3 - W5}{W3} \times 100\%)$	5%
B. Agregat Kasar	
1. Berat wadah (W1)	76,2 gr
2. Berat wadah + benda uji (W2)	576,2 gr
3. Berat benda uji (W3) = W2-W1	500,0 gr
4. Berat benda uji + wadah setelah kering (W4)	561,2 gr
5. Berat benda uji kering (W5) = W4 - W1	485,0 gr
6. Kadar Air $(\frac{W3 - W5}{W3} \times 100\%)$	15%
C. Kadar air rata-rata = $(\frac{\text{Kadar air 1} + \text{Kadar air 2}}{2})$	10%

f. Percobaan Slump Beton

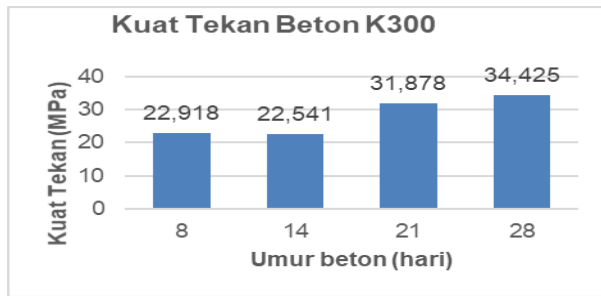
Tabel 11. Hasil Pengamatan Slump Test

Umur Beton (hari)	Titik	Penurunan Slump (cm)			
		0%	5%	10%	15%
8	1	13,50	1,00	0,50	0,20
	2	13,50	2,00	0,50	0,30
	3	16,00	2,00	0,75	0,50
Rata-rata		14,33	1,67	0,58	0,33
14	1	0,50	0,40	1,00	0,50
	2	0,50	0,70	1,50	1,00
	3	1,00	1,30	2,00	1,00
Rata-rata		0,67	0,80	1,50	0,83
21	1	1,50	1,50	2,50	9,00
	2	2,00	2,00	5,00	11,50
	3	2,50	2,50	5,50	13,00
Rata-rata		2,00	2,00	4,33	11,17
28	1	4,00	3,00	2,00	1,00
	2	5,5	3,00	2,00	1,00
	3	7,50	3,50	2,00	1,00
Rata-rata		3,83	3,17	2,00	1,00

g. Perhitungan Uji Tekan Silinder Pejal

Tabel 12. Perhitungan Kuat Tekan Beton K300

Umur (hari)	Benda uji ke-	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
			L (m)	D (mm)				
8	1	12,5	300	150	17671,5	450	25,465	22,918
	2	12,45	300	150	17671,5	345	19,523	
	3	12,55	300	150	17671,5	420	23,767	
14	1	12,4	300	150	17671,5	510	28,86	22,541
	2	12,52	300	150	17671,5	365	20,655	
	3	12,415	300	150	17671,5	320	18,108	
21	1	12,59	300	150	17671,5	595	33,67	31,878
	2	12,28	300	150	17671,5	495	28,011	
	3	12,505	300	150	17671,5	600	33,953	
28	1	12,425	300	150	17671,5	595	33,67	34,425
	2	12,555	300	150	17671,5	610	34,519	
	3	12,455	300	150	17671,5	620	35,085	

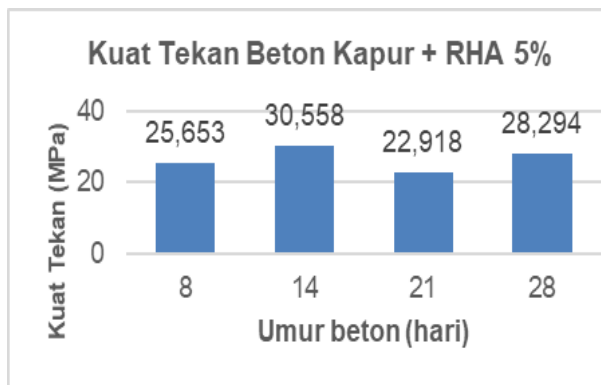


Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Beton K300

h. Beton Campuran Kapur + RHA 5%

Tabel 13. Perhitungan Kuat Tekan Beton Campuran Kapur + RHA 5%

Umur (hari)	Benda uji ke-	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
			L (mm)	D (mm)				
8	1	12,41	300	150	17671,5	390	22,069	25,653
	2	12,175	300	150	17671,5	485	27,445	
	3	12,23	300	150	17671,5	485	27,445	
14	1	12,33	300	150	17671,5	575	32,538	30,558
	2	12,41	300	150	17671,5	555	31,407	
	3	12,28	300	150	17671,5	490	27,728	
21	1	12,33	300	150	17671,5	330	18,674	22,918
	2	12,175	300	150	17671,5	440	24,899	
	3	12,36	300	150	17671,5	445	25,182	
28	1	12,51	300	150	17671,5	600	33,953	28,294
	2	12,23	300	150	17671,5	570	32,255	
	3	12,35	300	150	17671,5	330	18,674	

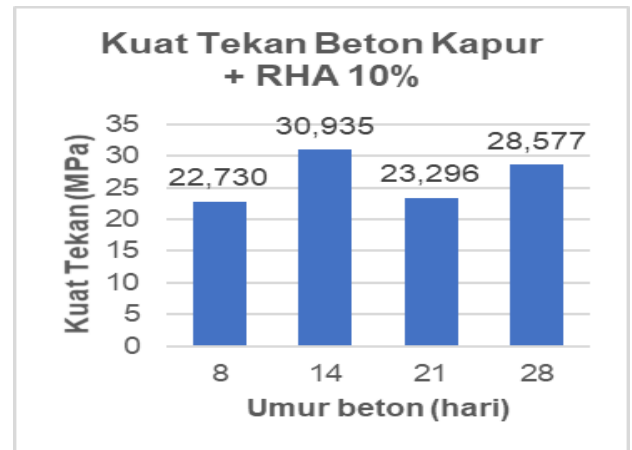


Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton Campuran 5%.

i. Beton Campuran Kapur + RHA 10%

Tabel 14. Perhitungan Kuat Tekan Beton Campuran Kapur + RHA 10%

Umur (hari)	Benda uji ke-	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
			L (mm)	D (mm)				
8	1	12,29	300	150	17671,5	430	24,333	22,730
	2	12,075	300	150	17671,5	325	18,391	
	3	12,19	300	150	17671,5	450	25,465	
14	1	12,2	300	150	17671,5	570	32,255	30,935
	2	12,29	300	150	17671,5	460	26,031	
	3	12,305	300	150	17671,5	610	34,519	
21	1	12,075	300	150	17671,5	505	28,577	23,296
	2	12,075	300	150	17671,5	350	19,806	
	3	12,23	300	150	17671,5	380	21,504	
28	1	12,235	300	150	17671,5	520	29,426	28,577
	2	12,19	300	150	17671,5	52	29,426	
	3	12,21	300	150	17671,5	475	26,879	

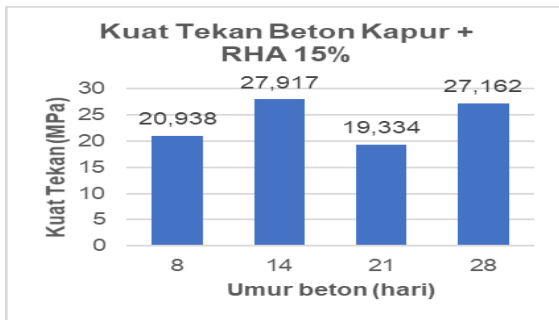


Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton Campuran 10%

j. Beton Campuran Kapur + RHA 15%

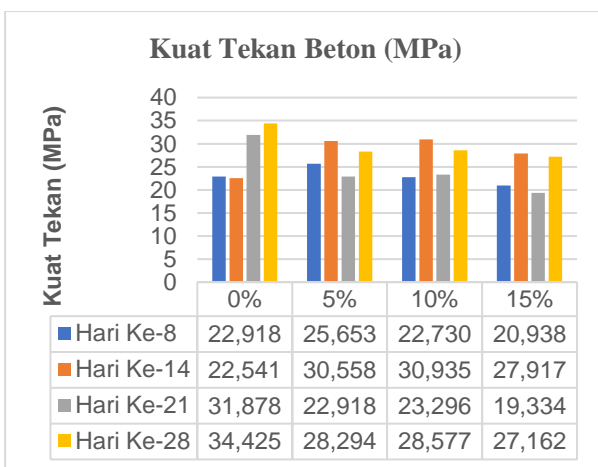
Tabel 15. Perhitungan Kuat Tekan Beton Campuran Kapur + RHA 15%

Umur (hari)	Benda uji ke-	Massa benda uji (kg)	Dimensi		Luas bidang (mm ²)	Gaya tekan (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
			L (mm)	D (mm)				
8	1	12,27	300	150	17671,5	370	20,938	20,938
	2	12,115	300	150	17671,5	365	20,655	
	3	12	300	150	17671,5	375	21,221	
14	1	12,21	300	150	17671,5	550	31,124	27,917
	2	12,27	300	150	17671,5	455	25,748	
	3	12,1	300	150	17671,5	475	26,879	
21	1	12,15	300	150	17671,5	355	20,089	19,334
	2	12,115	300	150	17671,5	350	19,806	
	3	12,125	300	150	17671,5	320	18,108	
28	1	12,285	300	150	17671,5	365	20,655	27,162
	2	12	300	150	17671,5	575	32,538	
	3	12,145	300	150	17671,5	500	28,294	



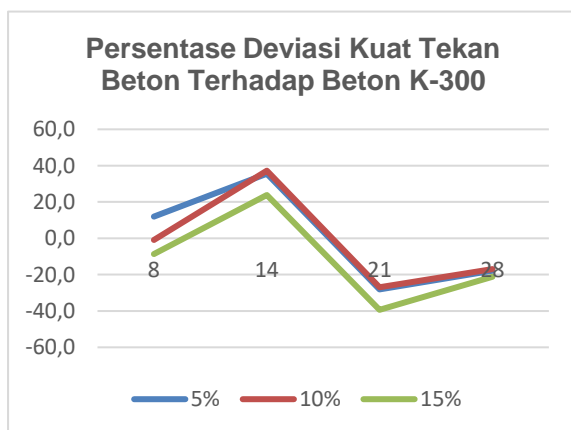
Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Beton Campuran 15%

k. Perbandingan Beton Campuran Kapur + RHA (5%, 10% dan 15%)



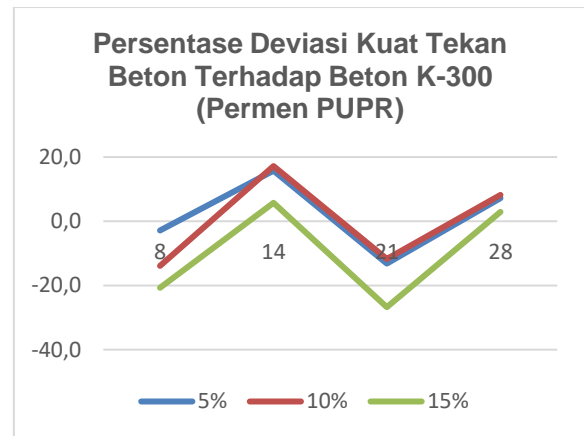
Gambar 5. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Campuran Kapur + RHA (5%, 10% dan 15%)

4.2. Pembahasan



Gambar 6 Grafik Persentase Deviasi Kuat Tekan Beton Terhadap Beton K-300

Berdasarkan gambar 6. hasil perhitungan uji kuat tekan beton diketahui bahwa beton dengan kandungan 5% bahan inovasi (2,5 % abu sekam dan 2,5% kapur) memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dari beton K-300 normal tanpa campuran bahan inovasi. Kenaikan kuat tekan beton cukup besar yaitu 11,9% pada umur ke-8 dan 35,6% pada umur ke-14. Namun kuat tekan tersebut berangsur menurun pada umur ke-21 dan 28, sehingga kuat tekan beton lebih kecil dibanding beton normal.



Gambar 7. Grafik Persentase Deviasi Kuat Tekan Beton Terhadap Beton K-300

Jika dibandingkan dengan Permen PUPR Nomor 28/PRT/M/2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum dengan kuat tekan K-300 sebesar 26,4 MPa. Berdasarkan gambar 7. hasil perhitungan uji kuat tekan beton diketahui bahwa beton dengan kandungan 5% bahan inovasi (2,5 % abu sekam dan 2,5% kapur) memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dari beton K-300 normal tanpa campuran bahan inovasi. Kenaikan kuat tekan beton cukup besar yaitu 15,7% pada umur ke-14 dan 7,2% pada umur ke-28. Namun kuat tekan tersebut berangsur menurun pada umur ke-8 dan 21, sehingga kuat tekan beton lebih kecil dibanding

beton normal seperti yang dijelaskan pada gambar 8. dibawah ini.



Gambar 8. Pola Retak Benda Uji

Perbedaan metode pelaksanaan pada beberapa benda uji kemungkinan mempengaruhi analisis hasil uji kuat tekan beton, yaitu:

- a. Pada proses penuangan air saat pencampuran beton pada mixer, terkadang air langsung terkena material dan terkadang terkena dinding mixer. Hal ini menyebabkan bentuk campuran beton tidak konsisten yakni ada yang lebih encer dan lebih padat.
- b. Penambahan zat additive sika tidak sama perlakuannya, beberapa sampel, sika langsung dimasukkan saat mixing dan beberapa sampel, sika dilarutkan terlebih dahulu dengan air kemudian dicampurkan ke dalam campuran beton.
- c. Pada pencampuran beton dengan komposisi bahan inovasi terdapat perbedaan metode pelaksanaan. Yaitu, beberapa sampel hanya menggunakan bahan inovasi yang lolos saringan 0,150 mm. namun beberapa sampel lainnya menggunakan bahan inovasi campuran yang lolos saringan 0,150 mm, 0,075 mm, dan pan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- a. Hasil menunjukkan beton dengan campuran 5% bahan inovasi (2,5% abu sekam dan 2,5% kapur) dapat meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan beton normal hasil penelitian sebesar 11,9% pada umur ke-8 dan 35,6% pada umur ke-14. Namun

kuat tekan tersebut berangsur menurun pada umur ke-21 dan 28.

- b. Hasil menunjukkan beton dengan campuran 5% bahan inovasi (2,5% abu sekam dan 2,5% kapur) dapat meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan beton normal Permen PUPR sebesar 15,7% pada umur ke-14 dan 7,2% pada umur ke-28. Namun kuat tekan tersebut berangsur menurun pada umur ke-8 dan 21.
- c. Benda uji beton dengan tambahan bahan inovasi memiliki pola retak yang serupa dengan benda uji beton normal seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.8 diatas, dengan pola retak dimulai dari atas kemudian menuju ke bawah.

5.2 Saran

Perlukan penelitian lebih lanjut dengan metode pelaksanaan yang konsisten pada setiap sampel atau benda uji. Diperlukan pengujian pada keseluruhan bahan yang akan digunakan saat mixing, tidak hanya pada beberapa sampel saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanta, Ridwan dkk., 2011, *Laporan Mix Design dan Pengujian Beton*. https://www.academia.edu/3342349/laporan_beton, Yogyakarta.
- Depertemen P.U., 1998. SNI-03-4804-1998 (Metode Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat), LPMB, Bandung
- Maria, dkk, 2014. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Dengan Treatment Hcl Sebagai Pengganti Semen Dalam Pembuatan Beton*. Universitas Kristen Petra. Jawa Timur
- Tri Mulyono, 2013. *Kapur Sebagai Bahan Tambah Untuk Beton Normal*, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta
- Setiyarto, Y. Djoko (2017). *Potensi Penggunaan Abu dan Kapur untuk Mengurangi Jumlah Semen dalam Campuran Beton*. Prosiding Saintiks FTIK UNIKOM, VII, 37-42.