

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KUNINGAN TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU K-225

Maryanto*¹, Sigit Winarto², Lucia Desti K³.

^{1,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Kadiri.

email : *¹ maryantocivil@gmail.com , ² sigit.winarto@unik-kediri.ac.id , ³
lucia_desti@unik-kediri.ac.id .

Abstract

Concrete is a material medium which, in its application, can be used to support building construction. The need for articles in the manufacture of cement at this time is gradually depleting. It is necessary to innovate materials as a substitute for the raw media for making concrete structures. Waste from brass production has a form resembling sand with a gradation texture following the specifications of fine concrete aggregates. Thus this material can be used as a material for making concrete. The method used in this research is an experimental method by combining 0%, 10%, 20%, and 30% of brass powder in the manufacture of concrete. In the experimental results, the standard concrete slump value has decreased to 16 cm. At the optimum, the best combination of brass powder is 30%, which is 8.2 cm. The compressive strength of standard concrete at the age of 14 is 226 kg / cm² and 250 kg/cm² at a period of 28 days. The value of the compressive strength of concrete increases after the combination of brass powder. The optimum combination value is 10% with a compressive strength value of 242 kg/cm² at 14 days of age and 276 kg/cm² at 28 days.

Keywords : Concrete, Brass Powder, Slump, Compressive Strength.

Abstrak

Beton merupakan suatu media bahan yang dalam pengaplikasiannya dapat digunakan sebagai penunjang bangunan konstruksi. Campuran dalam pembuatan struktur beton yang sering digunakan antara lain adalah semen portland, agregat halus, agregat kasar dan air. Beton sebagai bahan bangunan sudah lama digunakan dan diterapkan secara luas oleh masyarakat. Kebutuhan bahan dasar beton pada saat ini berangsur-angsur menipis, untuk itu perlu inovasi bahan pengganti media baku pembuatan struktur beton. Limbah produksi kuningan memiliki wujud menyerupai pasir dengan tekstur gradasi sesuai dengan spesifikasi agregat halus pembuatan beton, dengan demikian bahan tersebut dapat digunakan sebagai material pembuatan beton. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen dengan melakukan kombinasi bahan serbuk kuningan sejumlah 0%, 10%, 20% dan 30% dalam pembuatan beton. Pada hasil percobaan nilai slump beton normal mengalami penurunan hingga 16 cm. Pada nilai optimum terbaik kombinasi serbuk kuningan adalah 30% yaitu 8,2 cm. Kuat tekan beton normal pada usia 14 hari adalah senilai 226 kg/cm² dan 250 kg/cm² pada usia 28 hari. Nilai kuat tekan beton meningkat setelah dilakukan kombinasi serbuk kuningan. Nilai kombinasi optimum adalah 10% dengan nilai kuat tekan 242 kg/cm² pada usia 14 hari dan 276 kg/cm² pada usia 28 hari.

Kata Kunci : Beton, Serbuk Kuningan, Slump, Kuat Tekan.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu media bahan yang dalam pengaplikasiannya dapat digunakan sebagai penunjang bangunan konstruksi[1]. Campuran dalam pembuatan struktur beton yang sering digunakan antara lain adalah semen portland (Pengikat), agregat halus (Pasir), agregat kasar (Koral) dan air (Pelarut) [2]. Beton sebagai bahan bangunan sudah lama digunakan dan diterapkan secara luas oleh masyarakat[3][4]. Hal tersebut disebabkan karena beton memiliki keunggulan-keunggulan jika dibanding dengan bahan material struktur lainnya. Adapun salah satu kelebihan yang dimiliki beton jika dibandingkan dengan bahan material lainnya yakni adalah beton memiliki nilai kuat tekan yang baik[5][6], bersifat tahan oleh serangan api, tahan terhadap perubahan cuaca yang tidak menentu, lebih efisien dan relatif lebih mudah dalam pembuatan maupun pengaplikasiannya[7][8].

Kebutuhan bahan dalam pembuatan beton yang secara umum digunakan pada saat ini berangsur – angsur menipis. Inovasi untuk memodifikasi kebutuhan bahan dalam campuran pembuatan beton sangat diperlukan[9]. Menganut referensi terdahulu limbah industri dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton, salah satunya adalah limbah dari kuningan. Limbah dari produksi kuningan memiliki wujud menyerupai pasir dengan tekstur gradasi sesuai dengan spesifikasi bahan dari struktur beton[10]. Kuningan merupakan logam campuran dari tembaga (Cu) dan seng (Zn) dan kuningan dapat diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Kuningan jauh lebih kuat dan lebih keras dari tembaga, sehingga limbah kuningan dapat disusun dalam paper berikut yang berjudul Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Limbah Kuningan Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-225.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu dengan yang lain dan membandingkan hasilnya sehingga menjadikan sebuah inovasi. Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini adalah campuran beton yang ditambahkan limbah serbuk kuningan yang mana nantinya akan diuji kuat tekannya.

2.2 Variabel Penelitian.

Variabel penelitian dibentuk untuk memperoleh data-data dari beberapa variabel yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Variabel-variabel tersebut di antara sebagai berikut :

- A. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah metode penakaran dengan perbandingan berat, pengujian kuat tekan beton umur 14 dan 28 hari dan penambahan limbah serbuk kuningan proporsi 10%, 20% dan 30%.
- B. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah mutu beton K-225.
- C. Variabel pengendali dalam penelitian ini adalah faktor perbandingan campuran agregat, air semen, jenis semen, jenis agregat, dan cara perawatan.

2.3 *Material Penyusun Beton Ringan*

Bahan – bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

A. Semen portland.

Semen adalah suatu bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang mampu melekatkan fragmen – fragmen mineral menjadi suatu kesatuan massa yang padat[11]. Dalam (SNI 15-2049-2004) dijelaskan bahwa Semen portland juga dapat didefinisikan sebagai semen hidrolis yang asal terciptanya dihasilkan dari penggilingan kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan senyawa kalsium sulfat bentuk kristal serta bahan – bahan lain. Fungsi utama semen[12] pada beton adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga - rongga udara diantara butir- butir agregat.

B. Agregat halus.

Agregat Halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm[13]. (SNI 03-2847-2002). Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari sungai Brantas, Ngujung Tulungagung.

C. Agregat kasar.

Agregat Kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pemecah pecah yang diperoleh dari industri batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm[14]. (SNI 03-2847-2002). Dalam penelitian ini digunakan agregat kasar yang berasal dari desa Wajak kec. Boyolangu Tulungagung.

D. Air.

Air merupakan suatu media pelarut berbentuk cair yang berasal dari unsur kimia H₂O. Peran air sangat berpengaruh terhadap struktur beton, mulai dari pembuatan hingga kekuatan desak dari beton itu sendiri. Fungsi nyata air dalam pembuatan beton adalah [15][16] sebagai media *reactor* dari pelarutan semen untuk mengikat campuran bahan penyusun struktur beton. Jumlah keperluan air dalam pembuatan beton dapat berdampak pada kekuatan struktur beton

sendiri, ketika terjadi kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan desak beton. Selain itu kelebihan jumlah air dalam pembuatan beton juga dapat mengakibatkan (*bleeding*) atau suatu peristiwa ketika air bersama – sama dengan semen bergerak menuju keatas permukaan adonan beton segar sehingga dapat menyebabkan lekatan antara lapis – lapis beton menjadi tidak lagi kuat. Ketidak murnian dalam air campuran berlebihan, dapat mempengaruhi waktu pengikatan kuat beton dan stabilitas volume (perubahan panjang) juga dapat mengakibatkan korosi tulangan.

E. Limbah serbuk kuningan.

Dalam penelitian ini limbah kuningan hasil pembuatan senapan yang berasal dari Blitar digunakan sebagai substitusi parsial pasir[17]. Sifat dari kuningan adalah Tahan terhadap korosi, Ulet, Tahan lama, Pewarnaanya baik dan berpengaruh baik terhadap micro organisme.

2.4 Prosedur Penelitian

A. Tahap pembuatan benda uji

Jenis sampelyang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm dan jumlah sampel benda uji berjumlah 16 sampel. Mutu beton yang di rencanakan K-225 dengan pengujian kuat tekan beton umur 14 dan 28 hari. Rancangan percobaan benda uji dengan penambahan limbah serbuk kuningan pada campuran beton dengan proporsi 10%, 20% dan 30%. dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Rencana percobaan benda uji.

Rencana Percobaan				
Substitusi serbuk kuningan	0%	10%	20%	30%
Jumlah benda uji 14 hari	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah
Jumlah benda uji 28 hari	2 buah	2 buah	2 buah	2 buah

Sumber : Analisa Perhitungan

1. Tahap perawatan benda uji

Perawatan benda uji di lakukan dengan cara direndam dalam kolam perendaman. Benda uji diangkat dari kolam 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 14, dan 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari kolam pada saat berumur 13, dan 27 hari.

2. Tahap pengujian benda uji

Kuat Tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu [18][19][20]. (SNI 1974-2011) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{p}{A} \text{ MPa atau N/mm}^2.$$

P adalah gaya tekan aksial, dinyatakan dalam Newton (N).

A adalah luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm²

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Campuran Beton (Mix Design)

Dari data-data hasil pengujian jenis bahan yang sudah dilakukan selanjutnya dibuat komposisi rancangan campuran beton dengan mutu K-225 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil rekapitulasi hasil pemeriksaan agregat.

MACAM PEMERIKSAAN	AGREGAT KASAR	AGREGAT HALUS	SEMEN (PC)
1. Susunan butiran % melalui			
	100,00	100,00	
1"	82,43	100,00	
3/4"	50,57	100,00	
1/2"	21,37	100,00	
3/8"	12,04	95,72	
no. 4	1,74	92,14	
no.8	-	85,60	
no. 16	-	72,06	
no. 30	-	38,54	
no. 50	-	13,85	
no. 100	-	1,09	
no. 200	-	0,55	
2. Kadar air	2,08	1,57	
3. Berat isi : kg/l			1,21
Lepas	1,34	1,62	
Padat	1,47	1,75	
4. Berat jenis		-	
Bj. kering permukaan (ssd)	2,49	2,50	3,10
Bj. semu (apparent)	2,50	2,61	
Penyerapan (absorption)	0,21	2,84	
6. Keausan (abrasi)	27,78%	-	
7. Kadar lumpur	1,79	-	
8. Lolos saringan #200	-	1,28	

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 3. Data hasil rancangan campuran beton k 225 beton.

No.	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan	K – 225 kg/m ³ atau 19 Mpa pada umur 28 hari
		k = 1,64
	(Benda uji kubus/Silinder)	Kubus
2	Deviasi standar	5 Mpa
3	Nilai tambah (margin)	1,64 + 5,0 = 8,20
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	19,00 + 8,2 = 27,20 Mpa
5	Jenis semen	PPC
6	Jenis agregat	Batu Pecah Pasir Alami
7	Faktor air - semen bebas	0,62
8	Faktor air - semen maksimum	0,60
9	Slump	60 - 180 mm
10	Ukuran agregat maksimum	40 mm
11	Kadar air bebas (terkoreksi)	205,00 kg/m ³
12	Jumlah semen	341,67 kg/m ³
13	Jumlah semen minimum	325,00 kg/m ³
14	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi Pasir Zona 2
15	Persentase agregat halus (terkoreksi)	38,00 %
16	Berat jenis relatif agregat gabungan	2,50
17	Berat isi beton	2340 kg/m ³
18	Kadar agregat gabungan	1793,33 kg/m ³
19	Kadar agregat halus	681,47 kg/m ³
20	Kadar agregat kasar	1111,87 kg/m ³
21	Proporsi campuran : (/m ³)	
	- Semen	341,67 kg/m ³
	- Air	205,00 kg/m ³
	- Agregat halus	681,47 kg/m ³ (SSD)
	- Agregat kasar	1111,87 kg/m ³ (SSD)
22	Koreksi proporsi campuran : (/m ³)	
	- Semen	341,67 kg/m ³
	- Air	192,92 kg/m ³
	- Agregat halus	672,80 kg/m ³
	- Agregat kasar	1132,61 kg/m ³

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4. Proporsi bahan campuran beton untuk 1 adukan.

No	Material Beton	Beton Normal	Substitusi Limbah Kuningan		
		0%	10%	20%	30%
1	Semen (kg)	4,61	4,61	4,61	4,61
2	Pasir (kg)	9,08	8,17	7,27	6,36
3	Kerikir (kg)	15,29	15,29	15,29	15,29
4	Air (kg)	2,60	2,60	2,60	2,60
5	Limbah kuningan (kg)	-	0,91	1,82	2,72

Sumber : Analisa Perhitungan

Rancangan komposisi campuran beton dengan benda uji berbentuk kubus 15 x 15 x 15 berjumlah 4 buah dari setiap variasinya. pada penelitian ini limbah kuningan digunakan sebagai substitusi parsial pasir pada benda uji 10%, 20% dan 30%.

3.2 Hasil Pengujian Slump Test

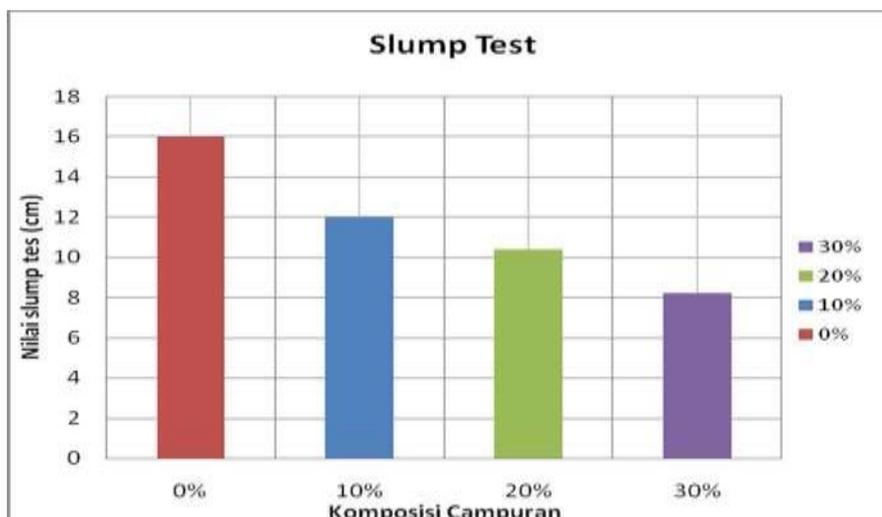
Slump Test dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton, sehingga dapat diketahui kemudahan untuk mengerjakannya (*Workability*). Adapun hasil dari pengujian Slump Test dapat dilihat pada sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Pengukuran Nilai Slump test.

NO.	Komposisi	Nilai Slump
1	0%	16 cm
2	10%	12 cm
3	20%	10,4 cm
4	30%	8,2 cm

Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 1. Grafik slump test.



Sumber : Analisa Perhitungan

Dari pengukuran nilai *slump* menunjukkan penurunan nilai yang di dapat seiring dengan penambahan volume limbah kuning. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan limbah kuning pada campuran beton, maka akan menurunkan sifat *workability* beton. Hal ini disebabkan oleh penggunaan limbah kuning yang sifatnya menyerap air sehingga kekentalan pada campuran beton menjadi bertambah.

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin tekan hidrolik. Adapun hasil pengujian kuat tekan hancur beton dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 6. Hasil pengujian tegangan tekan hancur beton 14 hari.

No.	Komposisi	Slump	Luas Penampang	Umur Uji	Tegangan Tekan Hancur
		Cm	Cm ²	Hari	Kg/Cm ²
1	0%	16	225	14	229
2	0%	16	225	14	222
3	10%	12	225	14	238
4	10%	12	225	14	247
5	20%	10,4	225	14	233
6	20%	10,4	225	14	233
7	30%	8,2	225	14	224
8	30%	8,2	225	14	218

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 7. Hasil pengujian tegangan tekan hancur beton 28 hari.

No.	Komposisi	Slump	Luas Penampang	Umur Uji	Tegangan Tekan Hancur
		Cm	Cm ²	Hari	Kg/Cm ²
1	0%	16	225	28	244
2	0%	16	225	28	256
3	10%	12	225	28	273
4	10%	12	225	28	278
5	20%	10,4	225	28	267
6	20%	10,4	225	28	267
7	30%	8,2	225	28	262
8	30%	8,2	225	28	256

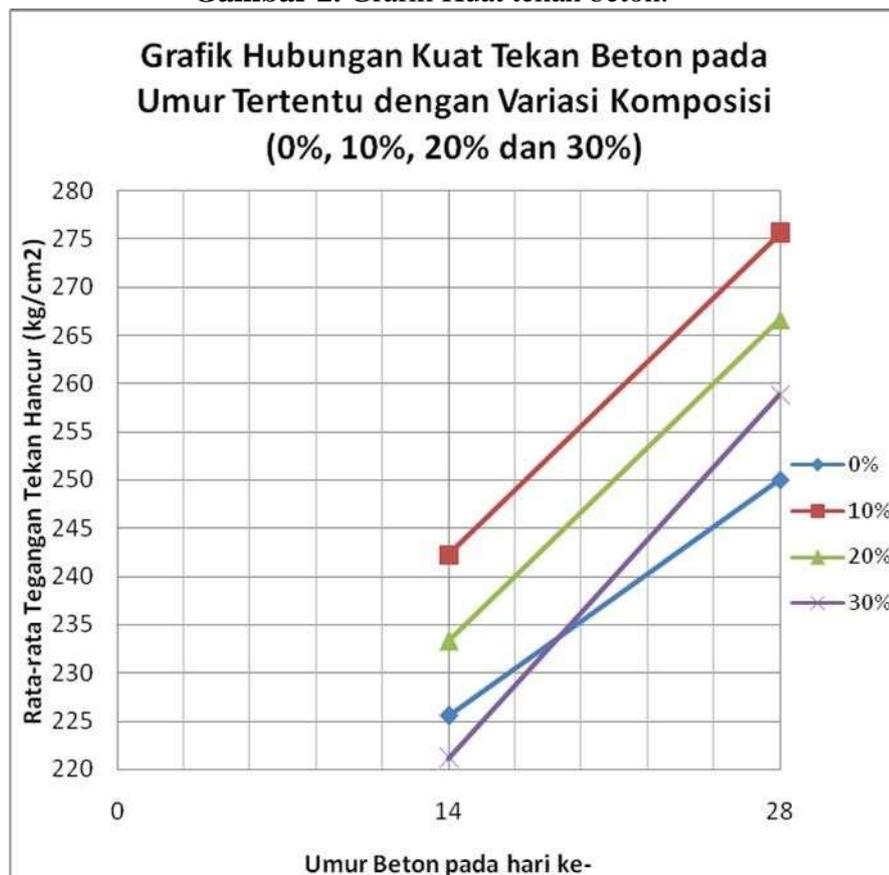
Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 8. Rekapitulasi hasil rata-rata pengujian kuat tekan beton.

Komposisi	Umur Uji	Kuat Tekan Beton Rata -Rata
	Hari	Kg/Cm ²
0%	14	226
10%	14	242
20%	14	233
30%	14	221
0%	28	250
10%	28	276
20%	28	267
30%	28	259

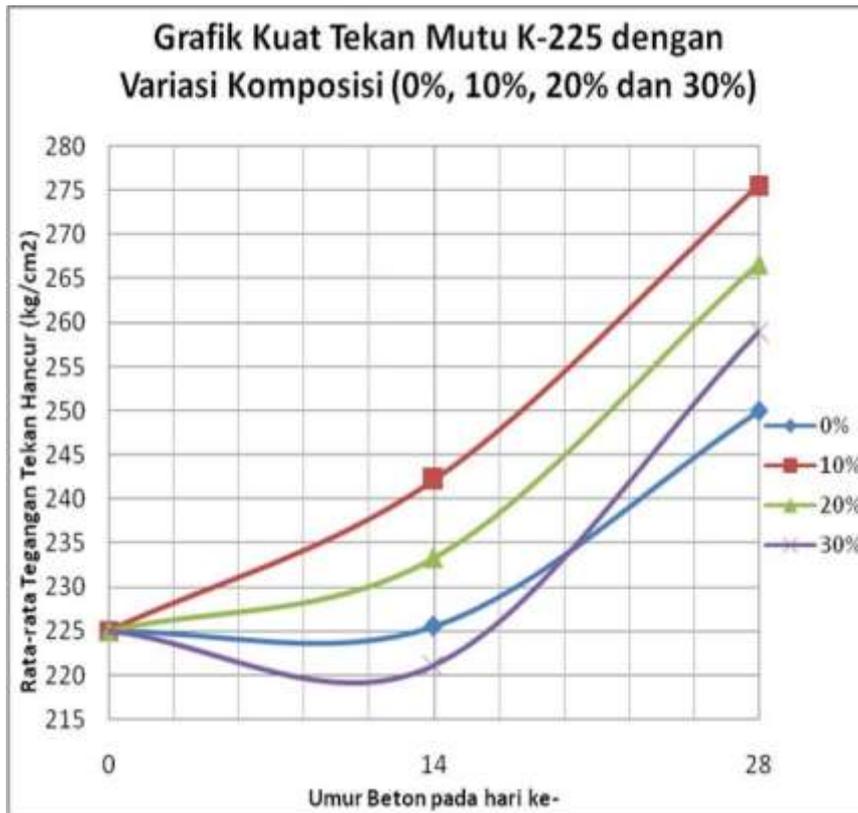
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 2. Grafik Kuat tekan beton.



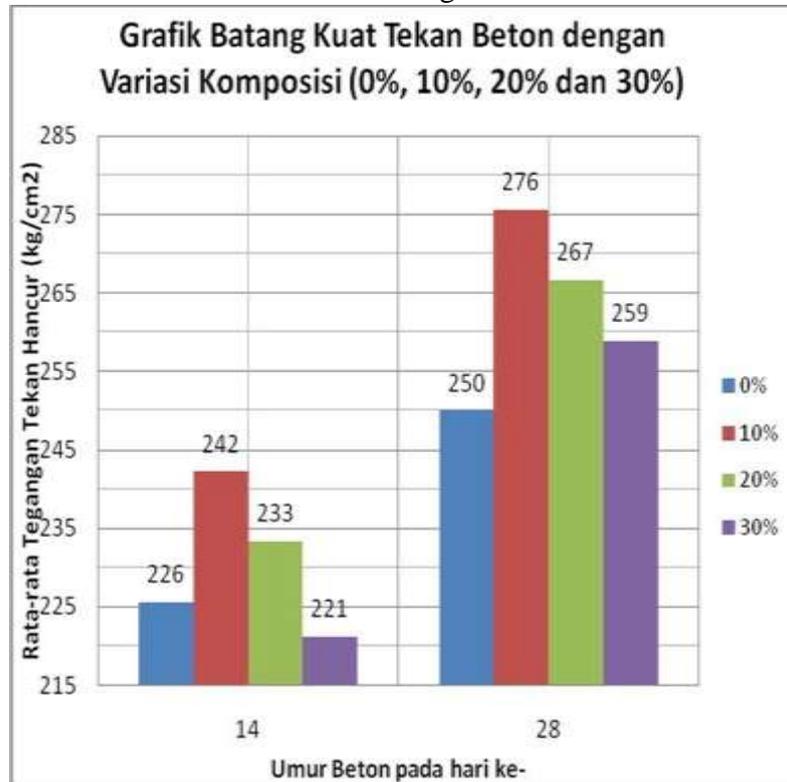
Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 3. Grafik Kuat tekan beton acuan K-225.



Sumber : Analisa Perhitungan

Gambar 4. Grafik batang kuat tekan beton.



Sumber : Analisa Perhitungan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai beton dengan penambahan limbah serbuk kuningin pada campuran beton dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton pada masing- masing persentase penambahan serbuk kuningin pada benda uji umur 14 hari:
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 0% sebesar 226 kg/cm².
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 10% sebesar 242 kg/cm².
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 20% sebesar 233 kg/cm².
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 30% sebesar 221 kg/cm².
2. Kuat tekan beton pada masing- masing persentase penambahan serbuk kuningin pada benda uji umur 28 hari:
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 0% sebesar 250 kg/cm².
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 10% sebesar 276 kg/cm².
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 20% sebesar 267 kg/cm².
 - Kuat tekan rata-rata beton dengan komposisi 30% sebesar 259 kg/cm².
3. Untuk mendapatkan kuat tekan beton yang optimum, penambahan limbah serbuk kuningin sebesar 10 % dengan nilai kuat tekan beton 276 Kg/cm² terjadi peningkatan kuat tekan dibanding beton normal.
4. Semakin besar penambahan limbah serbuk kuningin melebihi 10% dari agregat halus dapat mengurangi kuat tekan beton menjadi menurun.
5. Dari pengujian yang telah dilakukan semakin besar penambahan prosentase serbuk kuningin pada campuran beton mempengaruhi nilai slump menjadi kecil.
 - Nilai slump beton dengan komposisi 0% sebesar 16 cm.
 - Nilai slump beton dengan komposisi 10% sebesar 12 cm.
 - Nilai slump beton dengan komposisi 20% sebesar 10,4 cm.
 - Nilai slump beton dengan komposisi 30% sebesar 8,2 cm.

5. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian kembali dengan persentase yang sama namun menggunakan limbah serbuk kuningan yang tidak berasal dari industri pembuatan senapan sehingga dapat diketahui pengaruh material terhadap nilai kuat tekan beton.
2. Dari penelitian yang dilakukan penambahan berat limbah serbuk kuningan pada campuran beton sebaiknya tidak melebihi 10% dari agregat halus yang digunakan, karena penambahan berat serbuk kuningan lebih dari 10%, kuat tekan beton terjadi penurunan.
3. Untuk penelitian lebih lanjut pepadatan terhadap pembuatan sampel benda uji harus konsisten.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan artikel ini, penulis ucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan Universitas Kadiri. Penulis berharap agar artikel ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] et al Rompas, “Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas,” *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 2, pp. 82–89, 2013.
- [2] D. F. M. Ahmad Dumyati, “Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton,” *J. Fropil*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2015.
- [3] A. Ridwan and A. Chandra, “Jobmix Beton Menggunakan Pasir Lumajang Dan Penambahan Additive Masterpozzolith®402R,” *J. CIVILA*, vol. 3, no. 2, p. 192, 2018, doi: 10.30736/cvl.v3i2.263.
- [4] I. M. Salain, “Pengaruh jenis semen dan jenis agregat kasar terhadap kuat tekan beton,” *Teknol. dan Kejuru.*, vol. 32, no. 1, pp. 63–71, 2009.
- [5] C. S. Isma Evrilyana, A. Ridwan, and Y. Cahyo, “Penelitian Campuran Aspal Beton Menggunakan Pasir Vulkanik Gunung Kelud Dengan Limbah Botol Plastik,” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.384.
- [6] S. Wallah, “Pengaruh Perawatan Dan Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbasis Abu Terbang,” *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 4, no. 1, p. 97126, 2014.
- [7] C. DALAM BETON UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BETON MENAHAN BEBAN TEKAN Studi Kasus and P. Homestay Singonegaran Kediri Sigit Winarto, “Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Material,” vol. 1, no. 1, pp. 1–38, 2017.
- [8] E. Gardjito, “Pengendalian Jadwal Dan Anggaran Terpadu Dengan Metode Earned Value Analysis Pada Pekerjaan Konstruksi,” *UKARsT*, vol. 1, no. 1, pp. 19–26, 2017.
- [9] P. Pemanfaatan et al., “Pengaruh pemanfaatan abu terbang (fly ash) dari pltu ii sulawesi utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton,” *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 7, pp. 352–358, 2014.

- [10] H. Canakci, M. Hamed, F. Celik, W. Sidik, and F. Eviz, "Friction characteristics of organic soil with construction materials," *Soils Found.*, vol. 56, no. 6, pp. 965–972, 2016, doi: 10.1016/j.sandf.2016.11.002.
- [11] N. Kholis, A. S. Srie Gunarti, and R. Sylviana, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan Renolith," *BENTANG J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 62–77, 2018, doi: 10.33558/bentang.v6i1.535.
- [12] S. P. R. Wardani, M. Muhrozi, A. R. A. Setiaji, and D. R. Riwu, "Stabilisasi Tanah Ekspansive dengan Menggunakan Tanah Putih untuk Tanah Dasar di Daerah Godong Kabupaten Grobogan Jawa Tengah," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 24, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.14710/mkts.v24i1.16275.
- [13] E. Gardjito, A. I. Candra, and Y. Cahyo, "Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam pembuatan Paving Block," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 35, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.374.
- [14] M. Zaenuri, R. Romadhon, and A. Gunarto, "Penelitian Penggunaan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar Dan Filler Pada Aspal Campuran Ac-Bc," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 26, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.357.
- [15] J. T. Sipil and P. N. Jakarta, "Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur (Lime): Aplikasi Pada Pekerjaan Timbunan," *Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur Apl. Pada Pekerj. Timbunan*, vol. 11, no. 2, pp. 101–108, 2009, doi: 10.15294/jtsp.v11i2.1718.
- [16] A. I. Candra, "STUDI KASUS STABILITAS STRUKTUR TANAH LEMPUNG PADA JALAN TOTOK KEROT KEDIRI MENGGUNAKAN LIMBAH KERTAS," *UKaRsT*, vol. 2, no. 2, p. 11, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i2.255.
- [17] B. M. Das and R. F. Craig, "Mekanika Tanah 1," 1989.
- [18] Wahyu Kartini, "PENGARUH COPPER SLAG SEBAGAI CEMENTITIOUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON," *J. Tek. Sipil Unika Soegijapranata*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2009.
- [19] M. Suhardiman, "Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton," *J. Tek.*, vol. 1, no. 2, pp. 88–95, 2011.

- [20] R. Syamsuddin, A. Wicaksono, and F. Fazairin, “Pengaruh Air Laut Pada Perawatan (Curing) Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton Dengan Variasi Faktor Air Semen Dan Durasi Perawatan,” *Jur. Tek. Sipil Univ. Brawijaya*, vol. 5, no. 2, pp. 68–75, 2011.