

Studi Efektivitas Penambahan Bubuk Wortel dan Air Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton Guna Mengurangi Dampak Pemanasan Global Akibat Produksi Semen

Yudistira Rizki Saputra, Fasyadilah Sufty Alaika, Vandira Andriansyah, Ananda Choirunisyah Dea Alquratu, Syafiq Baha Pridarta, Anggi Nidya Sari*

Politeknik Negeri Sriwijaya

*Correspondence email: angginidya@polsri.ac.id

Abstrak. Produksi semen yang terus meningkat seiring dengan tingginya permintaan beton akan sangat berpengaruh terhadap fenomena *global warming*. Hal ini melatarbelakangi riset secara khusus. Sejauh tinjauan pustaka yang dilakukan, ditemukan penemuan berupa wortel dan tebu, tetapi publikasi mengenai hal tersebut belum begitu rinci, masih dilakukan dalam bentuk *report*, baik teks maupun video. Oleh karena itu, muncul pemikiran secara subjektif bahwasanya kemungkinan besar ada sesuatu yang masih *miss* pada riset tersebut. Mengingat hal demikian, riset yang dilakukan kini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara wortel dan air tebu pada campuran beton terhadap kuat tekannya. Wortel diolah menjadi bubuk tebu diambil airnya secara murni. Riset dilakukan dengan landasan SNI dan peraturan yang masih berlaku dengan jumlah benda uji sebanyak 20 buah silinder. Pada akhirnya, fakta riset menunjukkan bahwa metode perhitungan *mix design* dengan mencari hasil rata-rata dari ketiga SNI, tidaklah tepat, sebab 2 buah benda uji beton normal yang dibuat tidak mencapai nilai yang direncanakan. Selain itu, dari pengujian nilai *slump* didapatkan bahwa hanya ada satu dan lainnya tidak ada beton modifikasi yang sesuai dengan nilai yang direncanakan. Adapun hasil dari nilai kuat tekan beton yang dihasilkan oleh seluruh jenis benda uji beton ialah tidak melewati kuat tekan rencana, yakni 300 kg/m².

Kata Kunci: wortel, beton, kuat tekan, tebu

Abstract. *Cement production which continues to increase along with the high demand for concrete will greatly affect the global warming phenomenon. This is the background for specific research. As far as the literature review has been carried out, there have been findings in the form of carrots and sugar cane, but publications regarding this matter have not been very detailed, they are still carried out in the form of reports, both text and video. Therefore, there is a subjective thought that there is probably something that is still missing in the research. In view of this, the current research aims to determine the relationship between carrots and sugarcane juice in a concrete mixture on its compressive strength. Carrots are processed into powder without chemical additives and the sugar cane is extracted from pure water. The research was carried out on the basis of SNI and regulations that are still in effect with the number of test objects as many as 20 cylinders. In the end, the research facts show that the mix design calculation method by finding the average result of the three SNIs is not correct, because the 2 normal concrete test objects made did not reach the planned value. In addition, from the slump value test, it was found that there was only one and no modified concrete in accordance with the planned value. The results of the value of the compressive strength of concrete produced by all types of concrete specimens are that they do not exceed the planned compressive strength, which is 300 kg/m².*

Keyword : Carrot, concrete, compressive strength, sugarcane

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia sangatlah pesat dalam beberapa tahun belakangan. Hal ini seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan akan prasarana yang menunjang aktivitas sehari-hari, seperti jalan, gedung, jembatan, saluran pembuangan, dan terminal. Presiden Joko Widodo mengatakan bahwa membangun infrastruktur sama dengan membangun peradaban (Khusniah, 2021). Mengingat hal demikian, maka inovasi dalam bidang konstruksi haruslah selalu dikembangkan. Selain untuk meningkatkan kualitas, inovasi juga dibutuhkan untuk mengurangi banyaknya permasalahan yang timbul akibat suatu pembangunan. Permasalahan yang cukup sering ditemukan ialah mengenai aspek material konstruksi itu sendiri, yaitu salah satunya ialah beton.

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia (Lehne & Preston, 2018). Pada umumnya, bahan baku pembentuk beton terdiri dari agregat, semen, dan air. Permasalahan yang timbul pada beton biasanya berkaitan langsung dengan bahan baku tersebut, terutama semen.

Semen merupakan bahan pengikat utama pada adukan beton dan menjadi salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Produksi semen yang terus meningkat seiring dengan tingginya permintaan terhadap kebutuhan beton akan sangat berpengaruh terhadap fenomena *global warming*. Hal tersebut karena semen adalah penyumbang sekitar 8% dari total emisi CO₂ dunia yang mengakibatkan pemanasan global (*global warming*), bahkan faktanya, apabila industri semen itu adalah sebuah negara, maka akan menjadi penghasil emisi CO₂ terbesar ketiga setelah Cina dan Amerika Serikat (Rodgers, 2018).

Fenomena tersebut telah menjadi salah satu fokus perhatian utama bagi para kaum intelektual belakangan ini, terkhususnya *civil engineers*. Sudah banyak riset yang dilakukan untuk mencoba mengatasi permasalahan ini, salah satunya ialah usaha dalam mengurangi hingga mengganti 100% semen sebagai bahan ikat pada campuran beton dengan abu terbang (*fly ash*). Namun, hasilnya belum begitu efisien dan efektif, sebab beton yang dihasilkan memiliki banyak kekurangan yang cukup memprihatinkan, seperti pengerasannya yang lama, pengendalian mutunya yang harus sering dilakukan, dan kuat tekannya yang menurun.

Penemuan bahan pengganti semen pada campuran beton yang cukup efektif dan efisien didapatkan pada beberapa tahun belakangan. Setidaknya, ada 3 hasil riset terdahulu yang dimaksudkan tersebut. Ketiga riset ini juga dijadikan landasan konsep berpikir pada pelaksanaan riset. Adapun penguraian dari 3 riset terdahulu yang dimaksudkan ialah sebagai berikut.

1. Riset terdahulu pertama ialah mengenai bahan tambah air tebu pada campuran beton. Riset ini dilakukan oleh para dosen jurusan teknik sipil dari Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tahun 2017. Tujuan khususnya ialah untuk mencari nilai kuat tekan dan tarik dari beton hasil modifikasi. Modifikasi yang dimaksudkan ialah dengan menambahkan air tebu dengan kadar masing-masing 0,10%; 0,20%; dan 30% terhadap berat semen ke dalam adukan beton. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan dan tarik beton modifikasi lebih tinggi daripada beton normal. Adapun untuk kuat tekan beton, nilai kadar optimumnya ialah saat penambahan 0,20% air tebu terhadap berat semen, yakni 454,87 kg/cm², sedangkan nilai kuat tekan beton normalnya ialah 352,13 kg/cm². Sementara untuk kuat tarik beton, nilai kadar optimumnya ialah saat penambahan 0,30% air tebu terhadap berat semen, yakni 86,70 kg/cm², sedangkan nilai kuat tarik beton normalnya ialah 70,05 kg/cm² (Asik & Zakariah, 2017).
2. Riset selanjutnya dilakukan oleh para peneliti dari Universitas Lancaster, Inggris pada tahun 2018. Riset ini menggunakan bahan baku wortel nanomaterial dengan tujuan untuk mengurangi jumlah semen dalam adukan beton. Hasil risetnya memperlihatkan bahwa dengan menambahkan setengah kilogram wortel nanomaterial, maka akan mengurangi sekitar 10 kg per 1 m³ beton dan kekuatan beton akan meningkat sebesar 80% (Johannes, 2018).
3. Riset terdahulu yang paling baru dilakukan oleh para peneliti dari PT Pertamina, yakni pada tahun 2021. Bahan tambah dalam adukan beton yang digunakan dalam riset ini ialah wortel dan limbah olahan gula. Hasil riset yang didapatkan menunjukkan bahwa kualitas beton yang dihasilkan bermutu tinggi, yakni beton K-400. Selain itu, Hasil riset ini membuat PT Pertamina berhasil melakukan penghematan biaya pembangunan hingga 646 juta (Radartegal, 2021).

Dari ketiga riset terdahulu terdahulu di atas, hasil riset yang cukup spektakuler didapatkan oleh para peneliti dari PT Pertamina dan Universitas Lancaster. Namun, sejauh tinjauan pustaka yang telah dilakukan, belum ditemukan jurnal atau sejenisnya yang menjelaskan secara rinci mengenai kedua riset tersebut, terutama di Indonesia. Keduanya masih dipublikasikan dalam bentuk *report*, baik teks maupun video. Oleh karena itu, muncul pemikiran secara subjektif bahwasanya kemungkinan besar ada sesuatu yang masih *miss* (belum sempurna) di kedua riset tersebut. Oleh karena itu, dilakukannya riset ini dengan tujuan untuk mengetahui hubungan antara wortel dan tebu pada campuran beton terhadap nilai kuat tekannya.

Dengan data-data yang telah dikumpulkan dari hasil telaah literatur secara mendalam dan penggunaan logika secara hati-hati, maka didapatkan inovasi dalam pelaksanaan riset ini akan berbeda dari riset yang telah dilakukan sebelumnya. Inovasi tersebut terlihat pada penggunaan bahan tambah dalam adukan beton. Jika para peneliti dari Universitas Lancaster Inggris menggunakan wortel nanomaterial, yang mungkin menggunakan bahan kimia dalam pengestrakannya, dan para peneliti dari PT Pertamina menggunakan limbah olahan gula yang dimasak sehingga menjadi molase, maka riset yang dilakukan kini hanya akan menggunakan bubuk wortel sederhana tanpa bahan kimia dan air tebu murni yang tidak dipanaskan.

Riset ini bertujuan untuk melihat pengaruh dasar dari wortel dan air tebu dalam campuran beton terhadap nilai *slump test* dan kuat tekan beton. Apabila hipotesis awal bahwasanya bubuk wortel sederhana dan air tebu dapat mengganti semen pada adukan beton dan memberi dampak positif lainnya, maka akan ditentukanlah kadar pencampuran optimumnya. Terlepas dari terbukti atau tidaknya hipotesis tersebut, nantinya, hasil riset diharapkan dapat memberi dampak positif dan referensi untuk riset-riset yang akan dilakukan selanjutnya. Dengan demikian, harapannya, permasalahan mengenai *global warming* yang disebabkan oleh material semen dalam campuran beton dapat teratasi.

METODE

Riset telah berlangsung selama ± 2 bulan dan hampir secara keseluruhan, dilakukan di dalam laboratorium teknik sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya. Namun, untuk beberapa kegiatan, seperti penghitungan data, pembuatan bubuk wortel, dan survei material, dilakukan di luar ruangan. Adapun bahan yang digunakan ialah agregat, semen, air, bubuk wortel, air tebu, oli, dan sulfur, sedangkan peralatan yang diperlukan ialah laptop, alat uji tekan, cetakan beton silinder ukuran 15 cm \times 30 cm, palu, nampan, cawan, dan alat pengujian kuat tekanbeton lainnya.

Secara umum, alat dan bahan yang digunakan telah sesuai dengan spesifikasi yang terdapat dalam SNI dan peraturan lainnya yang masih berlaku. Adapun uraian mengenai bahan-bahan khusus dalam riset ini ialah sebagai berikut

1. Bubuk Wortel

Jenis wortel yang digunakan ialah wortel standar pada umumnya, bukan yang berkualitas di bawah standar (limbah). Proses pembuatan bubuk wortel dimulai dari, wortel dicuci, lalu dikeringkan dengan bantuan sinar matahari atau *oven* dengan temperatur yang disesuaikan agar tidak gosong, kemudian dihaluskan dengan *blender*. Hasilnya, dalam waktu 2 hari, 2 kg wortel menghasilkan ± 100 gram bubuk wortel.



Gambar 1. Bubuk wortel murni

2. Air Tebu

Air tebu yang digunakan merupakan air tebu murni tanpa bahan tambahan apapun. Air tebu yg digunakan juga merupakan air tebu yang masih baru sehingga kualitasnya masih baik.

3. Semen

Adapun semen yang digunakan ialah semen Baturaja.



Gambar 2. Semen Baturaja

4. Pasir Kayu Agung

Pasir Kayu Agung merupakan jenis pasir yang berasal dari Kayu Agung, Ibu Kota Kabupaten OKI, Sumatera Selatan. Pasir yang berasal dari daerah ini memiliki keunikan, yakni bertekstur agak kasar atau berada dalam zona II. Hal ini telah dibuktikan dari pengujian gradasi yang dilakukan oleh banyak mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya lainnya. Pasir yang memiliki karakteristik seperti inilah yang dibutuhkan untuk menghasilkan rencana mutu beton yang tinggi.

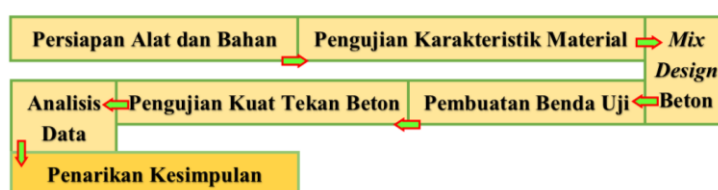


Gambar 3. Material Pasir dari Kayu Agung, Sumatera Selatan

Adapun riset ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pra-riset, pelaksanaan riset, dan pasca-riset. Tahapan riset dan prosedur riset diuraikan melalui tabel dan diagram alir berikut.

Tabel 1. Uraian Tahapan Riset

No.	Tahapan Riset	Uraian Kegiatan
1	Pra-Riset	Studi literatur, pengadaan material, dan pengecekan alat.
2	Pelaksanaan Riset	Pengujian bahan, pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan beton, dan pengambilan data.
3	Pasca-Riset	Analisis data, penyusunan laporan, dan pembuatan artikel ilmiah.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

Sebelum dilakukannya pengujian inti, yakni kuat tekan beton, maka diperlukan terlebih dahulu data dari hasil pengujian karakteristik material yang dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui baik atau tidak kualitasnya apabila digunakan sebagai campuran dalam adukan beton. Adapun macam-macam pengujian dan acuannya ialah sebagai berikut.

Tabel 2. Pengujian Karakteristik Material dan Acuannya.

No.	Macam Pengujian	Acuan
1	Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar	SNI 03-1968-1990
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat	SNI 1970:2008 (Agregat Halus) dan SNI 1969:2008 (Agregat Kasar)
3	Kadar Air Total Agregat	SNI 1971:2011
4	Kadar Lumpur Agregat	SNI 03-4142-1996

Selanjutnya, cara mengetahui komposisi campuran terbaik untuk membuat mutu beton yang direncanakan ialah dengan melakukan *Mix Design* beton terlebih dahulu. *Mix design* beton merupakan

pekerjaan merancang komposisi campuran dan menentukan material untuk suatu adukan beton dengan mutu yang telah direncanakan sendiri. Dalam riset ini, *mix design* didapatkan dari hasil rata-rata 3 sumber acuan, yakni SNI 7394:2008; SNI 03-2834-2000 pada Modul 3-Rancangan Campuran Beton Diklat Perkerasan Kaku 2017; dan SNI 7656:2012. Adapun mutu rencana benda uji beton yang dibuat ialah K-300 yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Berikut ketentuan *mix design* beton rencana mutu K-300 dari masing- masing 3 sumber acuan di atas.

Tabel 3. *Mix Design* Beton berdasarkan SNI 7394:2008.

No.	Kebutuhan	Satuan	Kebutuhan untuk Membuat 1m ³ Beton
1	Semen Portland	kg	431
2	Pasir Beton	kg	681
3	Agregat Kasar	kg	1021
4	Air	liter	215

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Tabel 4. *Mix Design* Beton berdasarkan SNI 03-2834-2000 pada Modul 3 Rancangan Campuran Beton Diklat Perkerasan Kaku 2017.

No.	Kebutuhan	Satuan	Kebutuhan untuk Membuat 1m ³ Beton
1	Semen Portland	kg	364,41
2	Pasir Beton	kg	709,567
3	Agregat Kasar	kg	964,145
4	Air	liter	203,881

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Tabel 5. *Mix Design* Beton berdasarkan SNI 7656:2012.

No.	Kebutuhan	Satuan	Kebutuhan untuk Membuat 1m ³ Beton
1	Semen Portland	kg	337
2	Pasir Beton	kg	819,122
3	Agregat Kasar	kg	1078,65
4	Air	liter	193

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Adapun benda uji yang digunakan ialah beton silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sesuai dengan ketentuan SNI terbaru (SNI 1974:2011). Benda uji yang dibuat harus dipastikan benar-benar kering dahulu sebelum direndam dalam air. Adapun rincian lengkap benda uji yang telah dibuat ialah sebagai berikut.

Tabel 6. Rincian Benda Uji.

No.	Kode Benda Uji	% Penggantian Semen Menggunakan Wortel	% Penggantian Semen Menggunakan Air Tebu	Hari	Ket.
1	BN 0	0	0	28	2 Buah
2	BM 1	5	0,5	21	2 Buah
3	BM 2	10	0,5	21	2 Buah
4	BM 3	15	0,5	21	2 Buah
5	BM 4	5	1	21	2 Buah
6	BM 5	10	1	21	2 Buah
7	BM 6	15	1	21	2 Buah
8	BM 7	5	1,5	21	2 Buah
9	BM 8	10	1,5	21	2 Buah
10	BM 9	15	1,5	21	2 Buah
Total benda Uji					20 Buah

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Metode analisis data dan cara penafsiran dilakukan sedemikian rupa dengan menggunakan cara pendekatan numerik, baik kuantitatif maupun kualitatif. Analisis data dan penafsiran secara kuantitatif pada riset ini digambarkan melalui pelaksanaan pengujian yang didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku pada buku Daftar Standar dan Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan

Rekayasa Sipil edisi 2018. Adapun analisis data dan penafsiran secara kualitatif pada riset ini digambarkan melalui pelaksanaan pra-pengujian dan pasca-pengujian yang terkadang menggunakan interpretasi penulis untuk menjawab suatu pertanyaan atau membuat suatu pernyataan, seperti pada saat penarikan hipotesis dan penjawaban mengenai efektivitas dari inovasi beton yang diusulkan. Meskipun contoh dari dua hal tersebut masih dilakukan berdasarkan data secara umum, tetapi tidak ada acuan khusus untuk mengeluarkan interpretasi penulis mengenai hal tersebut.

HASIL

Proses pendataan karakteristik material campuran dilakukan terlebih dahulu agar dapat melakukan *mix design* beton. Dari hasil pengujian, berikut ialah uraian singkatnya.

Tabel 7. Hasil Pengujian Karakteristik Pasir dan Batu Pecah 1/2

No.	Material	Hasil Pengujian
1	Pasir	a. Zona 2 (Pasir sedikit kasar).
		b. Modulus kehalusan 2,602.
		c. Kadar lumpur 0,52%.
		d. Kadar air 5,15%.
		e. Berat jenis curah jenuh kering permukaan 2,33 gram.
2	Batu Pecah 1/2	a. Kadar lumpur 6,30%.
		b. Kadar air 5,34%.
		c. Berat jenis curah jenuh kering permukaan 2,48 gram.

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Pada riset ini, pengujian karakteristik semen dan air tidak perlu dilakukan, sebab dirasa keduanya sudah memenuhi syarat untuk menjadi material campuran beton. Hal ini terlihat dari kondisi fisik dan cara penyimpanannya atau pengalirannya.

Setelah itu, berdasarkan pelaksanaan *mix design* beton yang telah dilakukan dengan mengambil rata-rata dari 3 sumber yang berbeda, maka didapatkan komposisi campuran untuk adukan beton normal ialah sebagai berikut.

Tabel 8. Komposisi Campuran

No.	Material	Kebutuhan untuk Membuat 1m ³ Beton (Kg)	Kebutuhan untuk Membuat 1 Benda Uji Silinder (Kg)
1	Semen Portland	371,469	1,969
2	Pasir Beton	736,563	3,905
3	Agregat Kasar	1015,265	5,382
4	Air	203,904	1,081

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Komposisi material di atas menjadi acuan untuk membuat benda uji sesuai ketentuan penggantian semen dengan bubuk wortel dan air tebu pada tabel 6. Setelah itu, sebelum masuk ke dalam proses pencetakan, dilakukan *slump test* terhadap adukan beton.



Gambar 5. Proses pengujian *slump test* beton.

Slump test beton adalah pengujian kekentalan beton segar agar beton yang diproduksi dapat mencapai kekuatan mutu beton dan mendapatkan nilai slump beton yang baik. Adapun nilai slump test dari 10 pasang benda uji ialah sebagai berikut.

Tabel 9. Nilai Slump Test.

No.	Kode Benda Uji	Nilai Slump Test (mm)
1	BN 0	80
2	BM 1	30
3	BM 2	70
4	BM 3	50
5	BM 4	40
6	BM 5	45
7	BM 6	80
8	BM 7	69
9	BM 8	30
10	BM 9	72

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Setelah itu, adukan beton tersebut masuk ke dalam proses pencetakan benda uji, lalu selama 24 jam dikeringkan, kemudian dibuka cetakannya, dan dilakukan perawatan dengan merendamkan benda uji di dalam air.



Gambar 6. Beton yang telah dicetak

Adapun kuat tekan beton merupakan besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pada riset ini, terdapat 2 buah sampel untuk setiap jenis benda uji. Maka dari itu, nilai kuat tekan beton setiap jenis didapatkan dari hasil rata-rata keduanya. Adapun nilai kuat tekan beton dari 10 jenis benda uji ialah sebagai berikut.

Tabel 10. Nilai Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Umur Benda Uji (Hari)	Mutu yang Direncanakan (kg/cm ²)	Nilai Kuat Tekan Beton (kg/cm ²)
BN 0			187,5
BM 1			Tidak Terbaca
BM 2			Tidak Terbaca
BM 3			Tidak Terbaca
BM 4			Tidak Terbaca
BM 5	28	300	Tidak Terbaca
BM 6			Tidak Terbaca
BM 7			Tidak Terbaca
BM 8			Tidak Terbaca
BM 9			Tidak Terbaca

Sumber : hasil perhitungan (2022)

Hasil kuat tekan yang ada di atas menunjukkan bahwasanya pengujian kuat tekan beton dengan benda uji beton modifikasi mengalami kehancuran saat pertama dikenakan kontak beban antara 2 – 4 kg/cm² per detik. Oleh karena itu, jarum penunjuk kekuatan benda uji beton pada alat kuat tekan beton (*Compression Machine* 2000 kN) tidak dapat terbaca.

Pembahasan

Setelah dilakukannya pengujian kuat tekan beton, setidaknya terdapat dua hal yang menjadi catatan penting. Pertama, nilai kuat tekan beton normal, yakni benda uji yang dibuat tanpa campuran bubuk wortel dan air tebu, tidak mampu mencapai nilai kuat tekan atau mutu yang telah direncanakan. Kedua, nilai kuat tekan beton modifikasi, yakni benda uji yang dibuat dengan campuran bubuk wortel dan air tebu, tidak mampu memberikan reaksi terhadap aksi yang dilakukan oleh mesin kuat tekan beton di satu detik pertama.

Hal ini tentunya akan menjadi pelajaran penting, baik bagi penulis sendiri maupun orang lain. Terlepas dari itu semua, dua fakta riset tersebut menghadirkan potensi bagi siapapun untuk bisa melakukan riset kembali dengan lebih baik dan benar dalam usaha yang sama, yakni menemukan solusi atas permasalahan *global warming* yang ditimbulkan akibat produksi semen.

SIMPULAN

Berdasarkan riset yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Nilai *slump* yang didapatkan dari hasil campuran beton normal sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan, yaitu 75 – 100 mm, sedangkan nilai yang sangat bervariasi ditunjukkan oleh hasil campuran beton modifikasi. Dari Tabel 4.3, hanya terdapat satu pasang jenis campuran yang sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan, yaitu beton modifikasi dengan kode BM 6. Hal ini menghadirkan dugaan bahwasanya dalam peristiwa pengadukan campuran beton, bubuk wortel menyerap air secara cepat sehingga nilai *slump* yang didapatkan banyak berada di bawah nilai 75 mm. Dengan demikian, fakta riset menyatakan bahwasanya apabila dilihat dari karakteristik *slump test*, maka tingkat kemudahan pengerjaan beton (*Workability*) bernilai jelek untuk jenis beton modifikasi.
2. Nilai kuat tekan yang direncanakan ialah 300 kg/cm², sedangkan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan oleh seluruh jenis benda uji beton berada di bawahnya. Pengujian kuat tekan beton normal menghasilkan nilai 187,5 kg/cm², sedangkan untuk jenis beton modifikasi, tidak dapat dibaca oleh jarum penunjuk kekuatan benda uji beton pada alat kuat tekan beton (*Compression Machine* 2000 kN). Hal ini menunjukkan bahwasanya ada kesalahan pada metode riset yang digunakan, terutama pada saat pelaksanaan *mix design* beton. Penggunaan nilai rata-rata dari tiga sumber acuan, yaitu SNI 7394:2008; SNI 03-2834-2000 pada Modul 3-Rancangan Campuran Beton Diklat Perkerasan Kaku 2017; dan SNI 7656:2012 tidaklah tepat. Selain dari itu, fakta riset memunculkan beberapa dugaan yang bersifat ilmiah, seperti air tebu menyebabkan proses pengeringan benda uji melambat, tak hanya pada saat pelepasan benda uji dari cetakan, tetapi juga setelah direndam dalam air; bubuk wortel yang dibuat secara sederhana tak mampu membuat ikatan dengan material campuran beton lainnya; dan kadar air tebu yang dimasukkan dalam campuran beton, komposisinya kurang tepat.
3. Inovasi beton hasil modifikasi berupa pengurangan jumlah semen yang digantikan dengan bubuk wortel dan air tebu tidaklah efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Asik, J. & Zakariah, A., 2017. Kuat Tekan dan Lentur Beton dengan Menggunakan Bahan Tambah Air Tebu. *poliupg*. Hal. 139-144.
- Husnunnida, 2019. Perubahan Tekanan Darah pada Ibu Menopause dengan Konsumsi Jus Wortel di Desa Ujung Tanoh Kecamatan Kota Bahagia Tahun 2019. *Skripsi*. Fakultas Farmasi dan Kesehatan Institut Kesehatan Helvetia, Medan.
- Ikons, 2018. *Ekstrak wortel dan Bit-gula Memperkuat Beton*. URL: <https://www.ikons.id/ekstrak-wortel-dan-bit-gula-memperkuat-beton>. Diakses tanggal 30 Maret 2022.
- Khusniah, U. 2021. *Resmikan Terminal Bandara Kuabang Halmahera Utara, Ini Kata Presiden Jokowi*. Maluku: iNewsMaluku.id. (24 Maret 2021), hal 1.

- Johannes, H. 2018. *Campuran Serat Wortel Membuat Beton Lebih Kuat*. Washington: VOAIndonesia. (2 November 2018), hal 1.
- Lehne, J. dan Preston, F. 2018. *Making Concrete Change Innovation in Low-carbon Cemen and Concrete*. Edisi ke-1. Chatham House. London. Inggris.
- Radartegal, 2021. *Inovasi Ramah Lingkungan, Pertamina Bangun Tangki Minyak Menggunakan Beton Berbahan Wortel dan Limbah Olahan Gula*. Tegal: Radartegal. (24 Februari 2021), hal 1.
- Rodgers, L. 2018. *Climate change: The massive CO2 emitter you may not know about*. URL: <https://www.bbc.com/news/science-environment-46455844>. Diakses tanggal 25 Februari 2022.