



Tersedia online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/ukarst/index>

U KaRst

 <http://dx.doi.org/10.30737/ukarst.v4i1>

Pengaruh Limbah Pabrik Gula Molase Sebagai Bahan Tambah (Admixture) Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Menggunakan Pasir Lokal Pasir Jombang

S. A. Al-hasan¹, S. D. Hartantyo².

^{1,2} Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan.

email: susiloabadi@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History :

Artikel masuk : 05-03-2020
Artikel revisi : 12-03-2020
Artikel diterima : 13-03-2020

Keywords :

Concrete, Compressive Strength,
Non-Structural K-175, Molasses.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini : [1]

A. Seti and Nadia, "Analisis Pengaruh Beton dengan Bahan Admixture Naphtalene dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," 2012, *Konstruksia*, vol. 3, no. 2, pp. 33 – 40.

ABSTRACT

Advances in technology have had an impact on the development of construction. Concrete is one material that is widely used in construction. Improving the quality of concrete is the main topic of the researchers to obtain concrete that is suitable for their needs and economically. Molasses is a waste that can be used as concrete added material because it has content that is considered capable of improving the quality of concrete. The purpose of this study is to determine the effect of adding molasses to the compressive strength of K175 concrete using local sand with the method used is the experimental method and the study of previous research theories. Variation in the percentage of the addition of molasses used 0%, 0.4%, and 0.5% by weight of cement. The specimens used were cylindrical as many as 12 specimens. Compressive strength testing is carried out at seven days of concrete. The test results showed the highest compressive strength was obtained with a percentage increase in molasses as much as 0.4% with a compressive strength value of 18.50 Mpa and decreased compressive strength at the addition of 0.5%.

ABSTRAK

Kemajuan dalam bidang teknologi berdampak pada berkembangnya pembangunan bidang konstruksi. Beton merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam konstruksi. Perbaikan kualitas beton menjadi topik utama para peneliti untuk mendapatkan beton yang sesuai dengan kebutuhan dan ekonomis. Molase merupakan limbah yang dapat digunakan sebagai bahan tambah beton karena memiliki kandungan yang dianggap mampu meningkatkan kualitas beton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah tetes tebu (molase) terhadap kuat tekan beton K175 menggunakan pasir lokal dengan metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dan kajian teori penelitian terdahulu. Variasi persentase penambahan molase yang digunakan 0%, 0,4%, dan 0,5%, dari berat semen. Benda uji yang digunakan

berbetuk silinder sebanyak 12 benda uji. Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada umur beton 7 hari. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan tertinggi diperoleh dengan prosentase penambahan molase sebanyak 0.4% dengan nilai kuat tekan 18.50 Mpa dan mengalami penurunan kuat tekan pada penambahan 0.5%.

1. Pendahuluan

Dalam meningkatkan kemajuan teknologi di Indonesia, pemakaian beton sebagai bangunan semakin meningkat. [1] Beton merupakan campuran yang tersusun dari pengerasan suatu campuran tertentu dari air, semen, agregat kasar (batu krikil), dan agregat halus (pasir).[2][3] Sedangkan definisi beton dari segi teori DPU-LPMB adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lain, agregat halus, agregat kasar, dan air yang ditambah dengan atau tanpa tambahan pembentuk masa padat. Penggunaan material beton sudah tidak asing lagi dalam bidang teknik sipil. [4] Hampir setiap bangunan menggunakan beton sebagai struktur utama atau pelengkap baik itu jembatan, bangunan, maupun jalan. [5]

Kekuatan tekan beton menjadi parameter dalam penentuan kualitas beton. [6][7] Kualitas beton tergantung dari campuran dan proporsi material penyusunnya, karena beton adalah material yang komposit. [8][9] Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas beton dilakukan dengan penambahan limbah molase (tetes tebu) yang dihasilkan dari limbah pabrik gula kedalam campuran adukan beton dengan dosis tertentu yang berfungsi untuk meningkatkan mutu pada beton. Molase (tetes tebu) dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas mutu pada beton. Beton yang ditambah dengan molase (tetes tebu) dikenal dengan istilah beton polimer. Penemu beton polimer, Prof. Ir. H. Djuanda Suraatmadja menegaskan bahwa beton polimer adalah suatu zat kimia cair yang terdiri dari molekul-molekul yang besar dengan karbon dan *hydrogen* sebagai molekul utama. Adapun bahan polimer beton yang digunakan adalah molase hal ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tekan pada beton.

Molase (tetes tebu) merupakan limbah hasil sisa kristalisasi gula yang tidak dapat menjadi gula kembali hanya dengan proses konvensional.[10] Limbah cair molase (tetes tebu) mengandung 32% sukrosa, 14% glukosa, dan 16% frukosa. [11] Sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan tambah beton. Glukosa akan menghambat konsumsi gypsum dan pembentukan *ettringite* sehingga menunda bereaksi dengan air.[12]

Limbah molase (tetes tebu) diharapkan dapat menjadikan manfaat bagi konstruksi yang ada di Indonesia, karena limbah molase (tetes tebu) dapat memperlambat perkerasan beton dan juga meningkatkan mutu kuat tekan pada beton. [13] Banyaknya proyek konstruksi dalam skala besar menjadikan beton siap pakai (*readymix*) sangat dibutuhkan di Indonesia, pengiriman beton *readymix* memerlukan proses yang begitu lama ketempat tujuan sehingga beton mengalami pengerasan nilai slump tidak sesuai dengan standar, maka diperlukan bahan tambah (*admixture*) guna untuk memperbaiki sifat beton, baik dalam teknik pencampuran *beton site mix* maupun *readymix*. [14] Langkah penambahan berupa bahan kimia ini sangat penting karena dalam kegiatan pelaksanaan sering terjadi kendala. Beberapa kendala biasanya berupa penundaan konstruksi, kesulitan transportasi, maupun adanya panas hidrasi.

Penelitian mengenai penambahan molase pada beton telah dilakukan sebelumnya dengan judul “Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Tetes Tebu) Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton” prosentase penambahan molase yang digunakan yaitu 0%, 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum diperoleh dengan prosentase penambahan 0.25% sedangkan kuat tarik optimum diperoleh dengan prosentase penambahan 0.5%. [10] Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan limbah pabrik gula (molase) sebanyak 0%, 0,4% dan 0,5% menggunakan pasir jombang terhadap kuat tekan beton K-175.

2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang akan dibahas meliputi Kuat Tekan, Teknik Pengumpulan data dan Analisis data.

2.1 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan untuk mengetahui hasil kuat tekan dari beton dengan penambahan limbah molase dengan umur 7 hari. Kuat tekan beton merupakan besarnya beban yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. [17][18] Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dan perbandingan semen, air, agregat dan berbagai jenis campuran[6] Untuk mengetahui besarnya nilai kuat tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji tes kuat tekan beton dengan standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 1974-2011 [19] nilai kuat tekan digunakan rumus berikut :

$$K = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1).$$

Dimana :

K = Kuat tekan beton (N/mm^2).

P = Gaya tekan aksial, dinyatakan dalam newton (N).

A = Luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm^2 .

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Sebagai prasyarat dan prosedur diperlukan teknik pengumpulan data. Hal tersebut diperlukan supaya data yang didapat bisa terakurat dengan acuan sebagai berikut :

1. Data Sekunder.

Data sekunder merupakan data penelitian yang di peroleh secara tidak langsung, yaitu melalui studi pustaka penellitian terdahulu.

2. Data Primer.

Data primer merupakan data peneliti yang diperoleh secara langsung dari hasil pengujian.

2.3 Analisis Data

Dalam melakukan metode pengujian acuan yang dipakai adalah SNI, Panduan Praktikum Bahan Beton Universitas Islam Lamongan (UNISLA).

1. Pengujian semen :

- Pengujian konsistensi normal semen portland.
- Pengujian berat jenis semen.
- Pengujian waktu pengikatan dan pengerasan semen.

2. Pengujian Agregat Halus

- Pengujian kelembapan agregat halus.
- Pengujian berat jenis pasir pada kondisi SSD.
- Pengujian kadar air resapan agregat halus.
- Pengujian berat volume agregat halus.
- Pengujian analisa saringan agregat halus.

3. Pengujian Agregat Kasar

- Pengujian kelembapan agregat kasar.
- Pengujian berat jenis agregat kasar pada kondisi SSD.
- Pengujian kadar air resapan agregat kasar.
- Pengujian berat volume agregat kasar.
- Pengujian analisa saringan agregat kasar.

4. Pengujian Beton Segar.

- Pengujian slump.
- Pengujian berat isi beton.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan, sesuai dengan data-data dari studi pustaka menggunakan standart SNI beton. Material beton yang digunakan yaitu Semen type 1, agregat halus berupa pasir Jombang, agregat kasar berup koral, air dan bahan tambah berupa limbah molase (tetes tebu) dengan variasi penambahan yaitu 0%, 0,4% dan 0,5% dari berat semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berdiameter 15cm dan tinggi 30cm. Pada beton segar dilakukan pengujian slump dan pada beton keras dilakukan pengujian kuat tekan yang dilaksanakan saat umur beton 7 hari lalu dilakukan konversi ke umur 28 hari.



Sumber : Foto Material.

Gambar 1. Material penyusun beton (a) semen (b) koral (c) pasir (d) air (e) molase.

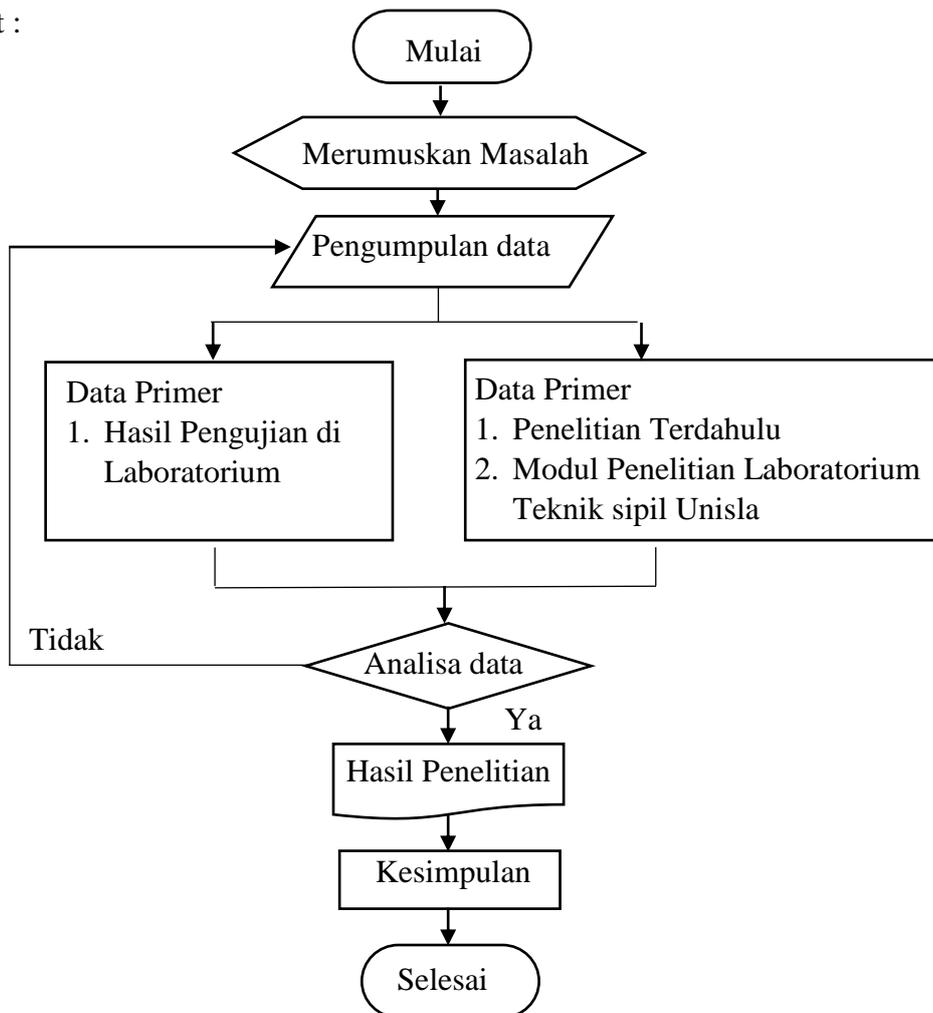
3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah *trial and error* dengan uji laboratorium. Dengan jenis pengujian di Laboratorium Universitas Islam Lamongan sebagai berikut :

1. Pengujian material penyusun beton.
 - a. Uji semen portland (PC).
 - b. Uji agregat halus dan kasar.
2. Uji limbah pabrik gula molase (tetes tebu).
3. Penyusunan job mix design dengan menggunakan standart SNI 03-2834-2000.
4. Pengujian kuat tekan berdasarkan SNI 03-1974-1990.[16]

3.2 Alur Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini digambarkan dalam *flow chart* pada **Gambar 2.** sebagai berikut :



Gambar 2. *Flow chart* penelitian.

Pada **Gambar 2.** menunjukkan uraian bahwa penelitian dimulai dengan menentukan rumusan masalah yang akan dicari, setelah rumusan masalah didapat langkah selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari hasil penelitian dan pengujian eksperimental yang dilakukan di lakukan di Laboratorium Teknik Sipil Unisla sedangkan data sekunder didapat dari studi literatur penelitian terdahulu dan pedoman praktikum Laboratorium Teknik Sipil Unisla. Setelah data didapat dilakukan anallisa data mulai dari hasil pengujian material penyusun beton , hasil pengujian slump dan hasil pengujian kuat tekan. Apabila Analisa data dianggap memenuhi dapat dijadikan sebagai hasil penelitian dan jika tidak dilakukan pengumpulan data ulang. Hasil penelitian yang didapat ditarik kesimpulan.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini meliputi hasil pengujian material, hasil pengujian slump dan kuat tekan dengan uraian akan dibahas dalam bab berikut.

4.1 Semen

1. Hasil pengujian konsistensi semen memenuhi sesuai syarat standart (ASTM C 187-86), dengan penurunan 10 mm dengan air 69 cc Untuk mengetahui kondisi standart kebasahan pasta.
2. Pengujian waktu pengikat dan pengerasan semen normal tanpa campuran membutuhkan waktu 225 menit untuk standart, hasil ini untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh semen selama terjadinya proses pengikatan.
3. Dari percobaan pengujian berat jenis semen di peroleh nilai rata – rata 2,83. Menurut ketentuan SNI 15-2531-1991 [20] berat jenis semen yakni antara 3,00 – 3,20 t/m³, jadi berat jenis semen tersebut tidak memenuhi standart ketentuan yang di tetapkan.

4.2 Agregat Halus

1. diketahui kelembapan pasir rata-rata adalah 2,56%. Nilai ini lebih besar dari ketentuan ASTM C 566 – 89 yang diperbolehkan kelembapan pasir sebesar <0.1%, maka agregat halus tersebut tidak memenuhi syarat standart mutu ASTM C 566 – 89.
2. pengujian berat jenis agregat halus diperoleh nilai rata rata dari dua pengujian yaitu 2,7 gr/dm³. Berdasarkan standart (ASTM C 128 – 78) berat jenis pasir yang di syatkan adalah yang berada dalam batasan antara 2,4 – 2,7 gr/dm³. Jadi pasir diatas memenuhi syarat standart (ASTM C 128 – 78).

3. Dari hasil uji kadar air resapan agregat halus maka diperoleh nilai rata – rata dari dua percobaan yaitu 2,78%. Nilai ini lebih besar dari ketentuan ASTM C 566 – 89 yang diperbolehkan kelembaban pasir sebesar $< 0,1\%$ maka dapat dikatakan bahwa agregat halus tersebut tidak memenuhi persyaratan.
4. Hasil nilai rata – rata dari hasil pengujian berat volume pasir kondisi biasa, dengan rojokan, dengan ketukan yakni 1,417 gr/lit. Menurut SNI No.52-1980 nilai yang diizinkan yakni 1,2 gr/lit. Jadi pengujian berat volume pasir tidak sesuai.
5. Hasil dari data saringan pengujian analisis ayakan agregat halus diperoleh nilai FM = 3,19%, nilai ini memenuhi syarat mutu (SK SNI S 04 1989 F) yaitu 1.5 – 3.8%. Sehingga gradasi agregat halus ini berada di Zone 2.

4.3 Agregat Kasar

1. Dari hasil pengujian kelembapan agregat kasar diperoleh nilai kelembapan kerikil rata-rata = 1,25%. Karena tidak ada dalam standart mutu (ASTM C 566-89), maka kelembapan yang diperoleh dapat digunakan dalam mix design.
2. Dari hasil pengujian berat jenis agregat kasar diketahui nilai berat jenis kerikil rata-rata = 2,414 gr. Berdasarkan mutu standart persyaratan pengujian berat jenis kerikil (ASTM C 127-88-93) diperbolehkan nilai 2.2 gr – 2.7 gr. Jadi batu kerikil diatas memenuhi syarat untuk digunakan.
3. Dari hasil pengujian air resapan agregat kasar diperoleh nilai air resapan kerikil rata-rata = 1,2%. Berdasarkan mutu standart persyaratan pengujian air resapan kerikil (ASTM C 127-8893) diperbolehkan nilai 1 – 4%. Jadi batu kerikil diatas memenuhi syarat untuk digunakan.
4. Dari hasil pengujian berat volume agregat kasar diperoleh nilai berat rata – rata volume agregat kasar dari percobaan dengan kondisi biasa, dengan rojokan, dengan ketukan yaitu 1,445 kg. Syarat standart volume batu pecah menurut (ASTM C 127 88 – 93) antara 1.4 – 1.7. Jadi berat volume agregat dalam percobaan di atas memenuhi standart mutu.
5. Dari hasil pengujian analisis ayakan agregat kasar dapat diambil kesimpulan data saringan pengujian analisis ayak agregat kasar diperoleh nilai FM = 3,33%, nilai ini kurang memenuhi syarat mutu (ASTM C 33 – 98) yaitu 6 – 7%. Sehingga gradasi agregat kasar ini cenderung pipih / tidak kasar.

4.4 Slump Test

Setelah pelaksanaan pencampuran semua material di lakukan uji tes Slump, gunanya untuk mengetahui keenceran/kekentalan dan tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu.[21] Hasil pengujian slump disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Tes Slump.

No	Perbandingan campuran	Slump (cm)
1	Normal	9
2	Molase 0,4%	13
3	Molase 0,5%	14

Sumber : Data Pengujian.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh nilai slump dari beton normal sebesar 9 cm, dari beton dengan penambahan limbah molase 0,4% didapat nilai slump sebesar 13 cm, dan beton dengan penambahan limbah molase 0,5% didapat nilai slump sebesar 14 cm. Disimpulkan bahwa dengan penambahan limbah molase hasil nilai slump semakin naik.

4.5 Kuat Tekan

Dari hasil penelitian di dapatkan hasil uji kuat tekan beton menunjukkan pada umur 7 hari pada beton normal dan beton limbah Molase yang di lakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (UNISLA) sebagai berikut :

1. Dari hasil uji kuat tekan beton normal dengan umur 7 hari di konversikan ke 28 hari dapat nilai rata – rata dari 3 sampel sebesar 22,22 Mpa.
2. Dari hasil uji kuat tekan beton limbah Molase 0,4% dengan umur 7 hari di konversikan ke 28 hari dapat nilai rata – rata dari 3 sampel sebesar 19,15 Mpa.
3. Dari hasil uji kuat tekan beton limbah Molase 0,5% dengan umur 7 hari di konversikan ke 28 hari dapat nilai rata – rata dari 3 sampel sebesar 19,15 Mpa.

Dari hasil penelitian diatas bahwa kuat tekan beton terjadi penurunan ketika penambahan limbah molase 0,5% dan mengalami kenaikan pada limbah molse 0,4%, dari beton normal. Hasil pengujian kuat tekan setiap variasi disajikan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Kuat Tekan Beton Normal.

Tanggal Pembuatan	Tanggal Tes	Umur	Ukuran	Berat	Tekanan Hancur	Tegangan Hancur Hari	Tegangan Hancur	Faktor Korelasi Umur	Konversi Tegangan Hancur
		(hari)	(cm)	(kg)	(ton)	(kg/cm ²)	(MPa)	Umur 7 Hr	28 hari (kg/cm ²)
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	21	118,90	11,89	0,65	220,40
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	21	118,90	11,89	0,65	220,40
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	22	124,56	12,47	0,65	230,88

Sumber : Hasil Pengujian.

Dari **Tabel 2.** menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal tertinggi dari ketiga sampel yang ada yaitu 12.47 Mpa dengan rata-rata nilai kuat tekan yaitu 12.083 Mpa.

Tabel 3. Perhitungan Kuat Tekan Beton Penambahan Limbah Molase 0,4%.

Tanggal Pembuatan	Tanggal Tes	Umur	Ukuran	Berat	Tekanan Hancur	Tegangan Hancur Hari	Tegangan Hancur	Faktor Korelasi Umur	Konversi Tegangan Hancur
		(hari)	(cm)	(kg)	(ton)	(kg/cm ²)	(MPa)	Umur 7 Hr	28 hari (kg/cm ²)
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	34	192,50	19,25	0,65	356,81
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,5	32	181,17	18,12	0,65	335,81
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	32	181,17	18,12	0,65	335,81

Sumber : Hasil Pengujian.

Dari **Tabel 3.** menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal tertinggi dari ketiga sampel yang ada yaitu 19.25 Mpa dengan rata-rata nilai kuat tekan yaitu 18.49 Mpa.

Tabel 4. Perhitungan Kuat Tekan Beton Penambahan Limbah Molase 0,5%.

Tanggal Pembuatan	Tanggal Tes	Umur	Ukuran	Berat	Tekanan Hancur	Tegangan Hancur Hari	Tegangan Hancur	Faktor Korelasi Umur	Konversi Tegangan Hancur
		(hari)	(cm)	(kg)	(ton)	(kg/cm ²)	(MPa)	Umur 7 Hr	28 hari (kg/cm ²)
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	9	50,96	5,10	0,65	94,46
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,4	9	50,96	5,10	0,65	94,46
07-Mei-19	14-Mei-19	7	Ø 15 x 30	12,5	8	45,29	4,53	0,65	83,95

Sumber : Hasil Pengujian.

Dari **Tabel 4.** menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal tertinggi dari ketiga sampel yang ada yaitu 5.10 Mpa dengan rata-rata nilai kuat tekan yaitu 4.91 Mpa.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian ini, penulis dapat menarik kesimpulan antara lain :

1. Penambahan tetes tebu terhadap beton normal pada umur 28 hari diperoleh nilai kuat tekan beton pada beton normal rata-rata sebesar 12,08MPa, beton dengan variasi tetes tebu 0,4% sebesar 18,50 MPa, beton dengan variasi tetes tebu 0,5% sebesar 4,91 Mpa. Sehingga dengan penambahan tetes tebu 0,4% kuat tekan beton akan mengalami peningkatan dibandingkan dengan beton normal. Dan penambahan tetes tebu 0,5% kuat tekan beton mengalami penurunan dibandingkan dengan beton normal.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah bahwa perlu adanya penelitian dengan menggunakan bahan tambah tetes tebu untuk pengujian kuat lekat beton dan modulus elastisitas beton. perlu adanya pengujian lebih lanjut untuk pemeriksaan kuat tekan beton pada umur diatas 28 hari. Serta mencoba persentase lainnya dengan pertimbangan kadar gula dan kadar air pada tetes tebu yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Seti and Nadia, "Analisis Pengaruh Beton dengan Bahan Admixture Naphtalene dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Konstruksia*, vol. 3, no. 2, pp. 33 – 40, 2012.
- [2] N. Harjianto, P. Studi, T. Sipil, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Pemanfaatan abu ampas tebu dari hasil pembakaran nira pg. gondang baru klaten dan kapur tohor pengganti semen untuk campuran beton," 2015.
- [3] A. I. Candra, E. Gardjito, Y. Cahyo, and G. A. Prasetyo, "Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 82, 2019.
- [4] D. G. A. Nursyamsi, "AGREGAT KASAR PADA BETON RINGAN STRUKTURAL Dhiyando Giovanni Alfiandi Nursyamsi," 1800.
- [5] N. FD Pardi Habeahan¹ and ¹Departemen, "PENGARUH PERAWATAN (CURING) PADA BETON DENGAN LIMBAH ABU BOILER PABRIK KELAPA SAWIT (PKS) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON FD," *Japanese J. Radiol. Technol.*, vol. 49, no. 5, p. 785, 1993.
- [6] D. Banerjee, "DETERMINATION OF COMPRESSIVE STRENGTH PARAMETER OF HIGH STRENGTH SILICA FUME CONCRETE," 2017.
- [7] "Concrete Consolidation Catalog."
- [8] B. Damara and Z. Lubis, "Pengaruh Penambahan Limbah B3 Pada Kuat Beton Mutu K-175," *J. CIVILA*, vol. 3, no. 1, p. 100, 2018.
- [9] A. Iwan and E. Siswanto, "Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010," vol. 3, no. 2, pp. 162–165, 2018.
- [10] J. T. Ahmad Prima Syahnan, M. Agung Putra Handana, "PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK GULA (TETES TEBU) SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM CAMPURAN BETON," no. 1, pp. 1–3, 2005.
- [11] K. Novianti, "Pengaruh penambahan slag dan tetes tebu terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton," 2017.

- [12] P. Jurusan, T. Sipil, F. Teknik, and U. S. Maret, “Rakhmita Hidayanti Harahap Nim I 0107128 Rakhmita Hidayanti Harahap,” 2011.
- [13] A. S. Harri Ismunandar, Chrisna Djaya Mungok, “PEMANFAATAN TETES TEBU SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM CAMPURAN BETON,” pp. 1–13.
- [14] G. Yanti, Z. Zainuri, and S. W. Megasari, “Analisa Perbandingan Penambahan Variasi Consol Terhadap Kuat Tekan Beton,” *SIKLUS J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 59–66, 2018.
- [15] SNI 03-2834-2000, “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000,” *Badan Stand. Nas.*, pp. 1–34, 2000.
- [16] S. 1974:2011, “SNI 1974:2011 tentang Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder,” *Badan Stand. Nas.*, p. 20, 2011.
- [17] N. Wariyatno and Y. Haryanto, “Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Sebagai Nilai Estimasi Kekuatan Sisa Pada Beton Serat Kasa Aluminium akibat Variasi Suhu,” *Din. Rekayasa*, vol. 9, no. 1, pp. 21–28, 2013.
- [18] 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. 36, 2018.
- [19] SNI 03-6805-2002, “Metode Pengujian untuk Mengukur Nilai Kuat Tekan Beton Pada Umur Awal dan Memproyeksikan Kekuatan Pada Umur Berikutnya,” *Badan Standardisasi Nasional*. 2002.
- [20] “METODE PENGUJIAN BERAT JENIS SEMEN PORTLAND,” p. 2531, 1991.
- [21] Th. T. Hardagun and P. G. , Kusno Adi Sambowo, “Kajian Nilai Slump , Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton,” vol. 2, no. 2, pp. 131–137, 2014.