

Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Coating Cement Limbah Styrofoam Terhadap Larutan Asam Dan Permeabilitas Air

The Effect of Compressive Strength of Concrete with Styrofoam Waste Cement Coating on Acid Solution and Water Permeability

Belany Try Aji Sarjano¹ Dwi Sat Agus Yuwana² Lalu Samsul Aswadi³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari,
Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah
Telp. (0293)364113

Email : tekniksipil@untidar.ac.id

Abstrak

Beton merupakan material kuat namun dapat rusak akibat lingkungan asam. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh coating cement styrofoam sebagai pelapis beton normal bertulang terhadap kualitas fisik dan kuat tekan akibat terkena larutan asam natrium sulfat. Coating cement berbahan dasar styrofoam dipilih sebagai pertimbangan sifat fisik yang kedap air dan mengurangi limbah yang sulit terurai. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental terkait pengaruh coating cement styrofoam sebagai pelapis dengan benda uji beton silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta mutu f_c' 20 MPa dimana pelaksanaannya berdasarkan SNI 7656-2012. Coating cemen yang digunakan menggunakan variasi rasio campuran sebanyak 0%, 40%, 50% dan 60% dari berat pelarut berupa pertalite. Proses perendaman larutan asam natrium sulfat, pengujian kuat tekan dan pengujian permeabilitas dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Material, Universitas Tidar. Hasil penelitian menunjukkan penambahan coating cement styrofoam dapat mengurangi dampak korosif akibat larutan asam Natrium Sulfat. Variasi campuran 60% styrofoam menunjukkan hasil paling baik dalam tiga aspek pengujian, yaitu nilai pada pengujian kuat tekan beton pasca curing sebesar 21,3621 MPa, pengujian kuat tekan beton pasca rendam larutan asam Natrium Sulfat sebesar 20,7680 MPa dan nilai pengujian permeabilitas sebesar $7,03 \times 10^{-9}$ mm/s

Kata kunci: beton, larutan asam natrium sulfat, *coating cement styrofoam*

Abstract

Concrete is a strong material but can be damaged by acidic environments. This research aims to analyze the effect of styrofoam cement coating as a protective layer on normal concrete in terms of physical quality and compressive strength when exposed to Natrium Sulfat acidic solution. Styrofoam-based cement coating is chosen due to its water-resistant physical properties and its ability to reduce difficult-to-decompose waste. This research uses an experimental method related to the effect of cement styrofoam coating as a liner with cylindrical concrete test objects measuring 15 cm in diameter and 30 cm in height and a quality of f_c' 20 MPa, where its implementation is based on SNI 7656-2012. The cement coating used utilizes various mixture ratios of 0%, 40%, 50%, and 60% of the solvent weight in the form of Pertalite. The process of immersion in sodium sulfate acid solution, compressive strength testing, and permeability testing were conducted in the Materials and Material Laboratory, Universitas Tidar. The results of the research indicate that the addition of styrofoam cement coating can reduce the corrosive impact of Natrium Sulfat acidic solution. The 60% styrofoam mixture variation showed the best results in three testing aspects: a post-curing compressive strength test value of 21.3621 MPa, a post-immersion in Natrium Sulfat acidic solution compressive strength test value of 20.7680 MPa, and a permeability test value of 7.03×10^{-9} .

Keywords: concrete, Natrium Sulfat acidic solution, *styrofoam cement coating*

PENDAHULUAN

Styrofoam adalah jenis polimer termoplastik yang umumnya digunakan dalam bentuk busa untuk berbagai keperluan, termasuk kemasan, isolasi termal, dan produk-produk lainnya. Styrofoam dikenal karena ringan, tahan terhadap kelembapan, dan memiliki kemampuan isolasi termal yang baik. Namun, sifat-sifat positif ini seringkali menjadi bagian dari permasalahan lingkungan yang signifikan.

Penggunaan styrofoam telah menjadi fokus perhatian karena beberapa permasalahan lingkungan yang diakibatkannya. Salah satu permasalahan utama adalah kesulitan dalam penguraian dan daur ulang sehingga berkontribusi pada penumpukan limbah plastik di darat dan di lautan.

Untuk mengatasi permasalahan ini, banyak upaya telah dilakukan untuk mengembangkan alternatif ramah lingkungan untuk styrofoam, seperti bahan-bahan daur ulang atau bahan-bahan yang lebih mudah terurai secara alami. Namun, dengan meningkatnya limbah polistiren dan karet, cara penguburan atau pembakaran menjadi tidak disukai; Sebaliknya, modifikasi fisik atau kimia dari poliestren dan karet daur ulang menunjukkan adanya potensi pendekatan limbah peradaban. (Hsu, 2019)

Pemanfaatan styrofoam sebagai lapisan coating cement pada beton adalah inovasi yang menarik dengan potensi dampak positif baik dari segi keberlanjutan maupun pemanfaatan limbah (Hunek dkk., 2021) Dalam upaya untuk mengurangi

dampak negatif lingkungan yang dihasilkan oleh limbah styrofoam, penelitian telah dilakukan untuk memahami potensi penggunaannya sebagai bahan pelapis pada beton.

Coating cement berbahan styrofoam diharapkan dapat memberikan solusi dual, yaitu memperbaiki sifat mekanis beton dan mengurangi limbah styrofoam. Dalam proses ini, potongan-potongan styrofoam yang dihancurkan menjadi serpihan kecil dicampurkan dengan campuran coating cement untuk membentuk lapisan pelindung. Coating cemen yang digunakan menggunakan variasi rasio campuran sebanyak 0%, 40%, 50% dan 60% dari berat pelarut berupa pertalite.

Namun, sebelumnya, perlu dipahami bahwa beton memiliki kekurangan sifat mekanis tertentu yang dapat mempengaruhi daya tahan terhadap air dan ketahanan kuat tekan. Beton cenderung memiliki permeabilitas yang tinggi terhadap air, terutama pada area retak atau pori-pori mikroskopis

dalam struktur beton. Ini dapat mengakibatkan masuknya air ke dalam beton, menyebabkan penurunan kualitas dan kekuatan struktural seiring waktu.

Penggunaan pertalite sebagai pelarut dalam campuran coating pada beton diketahui dapat mengikis tulangan yang terkandung di dalamnya. Namun, proses korosi ini memerlukan waktu yang cukup lama sehingga dampaknya tidak signifikan terhadap kekuatan struktur beton dalam jangka pendek.

Selain itu, ketahanan kuat tekan beton juga dapat menjadi tantangan. Dalam lingkungan asam, beton menghadapi tantangan tambahan yang dapat mempengaruhi ketahanannya. Dalam penelitian oleh (Wijaya dkk., 2017) didapatkan bahwa larutan asam dapat mengurangi kuat tekan beton dan merusak sifat fisik dari beton. Sifat asam yang korosif terhadap berbagai benda dapat dijelaskan sebagai kemampuannya untuk merusak atau menghancurkan material atau substansi tertentu. Sifat ini terutama terkait dengan keasaman suatu larutan, yang diukur dengan skala pH. Semakin rendah nilai pH suatu larutan, semakin asam larutan tersebut, dan semakin besar potensi korosifnya. Beberapa sifat asam yang membuatnya korosif melibatkan reaksi kimia dengan material tertentu, terutama logam dan batuan. Oleh karena itu, penting untuk memahami langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap lingkungan asam.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh perubahan sifat fisik beton normal terlapis coating cement berbahan dasar limbah styrofoam akibat terendam larutan asam Natrium Sulfat meliputi perubahan fisik secara visual dan perubahan massa.
2. Mengetahui perubahan kuat tekan pada beton yang terlapis coating cement berbahan dasar styrofoam dengan beberapa variasi konsentrasi.
3. Mengetahui pengaruh beton yang terlapis coating cement berbahan dasar styrofoam terhadap nilai permeabilitas beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Beton

Beton adalah bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen Portland, air, agregat kasar (seperti kerikil atau batu pecah), dan agregat halus (seperti pasir). Campuran ini membentuk suatu material yang kuat dan tahan terhadap tekanan. Proses pengerasan beton, yang disebut curing membentuk

struktur kristal yang memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap beban.

Bahan Penyusun Beton

Proses pembuatan beton harus direncanakan secara cermat dengan mempertimbangkan campuran bahan penyusunnya serta keuntungan keuangan. Beton terdiri dari tiga bahan utama, antara lain:

1. Semen

Ketika semen terkena air, kombinasi zat dapat menjadi aktif secara kimia dan membuat beton mengeras serta menjadi pengisi

Berdasarkan klasifikasi dari *American Society for Testing and Materials* (ASTM) 2020 semen diklasifikasikan dalam beberapa tipe berikut:

- a. Semen Tipe I: Semen Portland, biasanya digunakan dalam konstruksi umum.
- b. Semen Tipe II: Semen Portland yang dimaksudkan untuk digunakan dalam proyek konstruksi yang membutuhkan ketahanan sulfat yang lebih tinggi.
- c. Tipe III: Semen Portland dengan kandungan *trikalsium silikat* (C_3S) dan *trikalsium aluminat* (C_3A) digunakan dalam proyek yang membutuhkan waktu pengerasan yang lebih cepat dan kekuatan tekan yang lebih tinggi.
- d. Semen Tipe IV: Semen Portland yang digunakan dalam proyek yang membutuhkan ketahanan sulfat yang sangat tinggi mengandung sedikit C_3A .
- e. Semen Tipe V: Semen Portland yang digunakan dalam konstruksi yang membutuhkan ketahanan sulfat yang sangat tinggi mengandung lebih banyak C_2S (dikalsium silikat) dan lebih sedikit C_3A .

2. Air

Berdasarkan penjelasan dari Jati dkk (2023) air berperan memudahkan reaksi yang terjadi dan membuat campuran beton menjadi homogen dan mengeras. Fungsi selanjutnya adalah sebagai agen pelumas, yang memudahkan proses pencampuran kerikil, pasir, dan semen. Oleh karena itu, pengendalian jumlah air dalam campuran beton merupakan elemen kritis dalam mencapai keseimbangan antara konsistensi dan kekuatan akhir beton.

3. Agregat

Berdasarkan penjelasan dari Untu dkk (2021) agregat sangat penting untuk beton karena dapat menentukan kekuatan beton. Biasanya, agregat membentuk 60%–80% volume beton, dan agregat

harus memiliki distribusi ukuran yang tepat untuk memastikan massa beton yang homogen dan padat.

Agregat halus membantu mengisi rongga yang terbentuk di antara agregat kasar sehingga menghasilkan struktur beton yang kuat dan kokoh serta berperan mengisi rongga antar agregat kasar dan mengikatnya bersama dengan semen dan air. Agregat kasar berperan sebagai kerangka utama beton, memberikan kekuatan tekan dan ketahanan terhadap abrasi. Oleh karena itu, pemilihan agregat yang tepat dan berkualitas tinggi merupakan faktor penting dalam menghasilkan beton yang kuat dan tahan lama.

Larutan Asam Natrium Sulfat

Larutan asam merupakan larutan yang memiliki sifat-sifat khas yang dapat mempengaruhi berbagai substansi atau material yang terkena dampaknya. Perendaman larutan asam dapat mengubah sifat fisik dan mekanik beton. Dalam pengujiannya, perendaman beton dalam larutan asam mengacu pada ASTM C 1012-04. Larutan asam yang disyaratkan adalah yang memiliki kandungan pH dibawah 6. Larutan asam yang beredar biasanya memiliki kepekatan yang tinggi, maka untuk menurunkan konsentrasi dari larutan asam tersebut digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- V_1 = Volume awal larutan asam
- V_2 = Volume akhir larutan asam
- C_1 = Konsentrasi awal larutan asam
- C_2 = Konsentrasi akhir larutan asam

Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) merupakan parameter penting dalam pembuatan beton yang mengukur jumlah air yang dicampurkan dengan semen untuk membentuk campuran yang tepat. FAS yang optimal diperlukan untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan beton, daya tahan, dan kemudahan pengolahan selama proses konstruksi. Karena sulit untuk menemukan nilai faktor air semen yang tepat untuk beton, mutu beton harus memenuhi nilai maksimum faktor air semen yang diperlukan seperti yang ditunjukkan dalam panduan pencampuran beton berdasarkan SNI-7656:2012

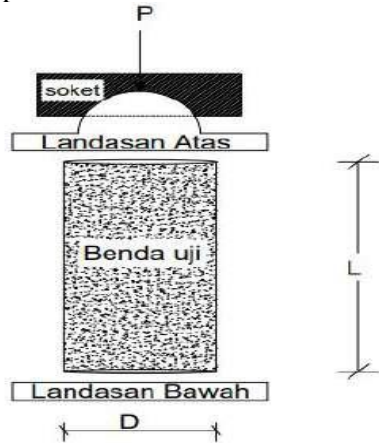
Pengujian Kuat Tekan

Penelitian ini menggunakan SNI 1972:2008 sebagai acuan dalam pengujian slump beton.

Pengujian slump beton dilakukan untuk menentukan besarnya faktor air-semen, mengukur nilai slump, serta menentukan hubungan FAS

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton adalah prosedur penting dalam mengevaluasi kekuatan mekanis beton setelah mengalami proses pengerasan. Sesuai dengan SNI 1974-2011, benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm diuji kekuatan tekan beton. Skema Pengujian kuat tekan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pengujian Kuat Tekan

Menurut SNI 1974:2011, persamaan untuk menghitung nilai kuat tekan beton dengan benda uji silinder beton adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

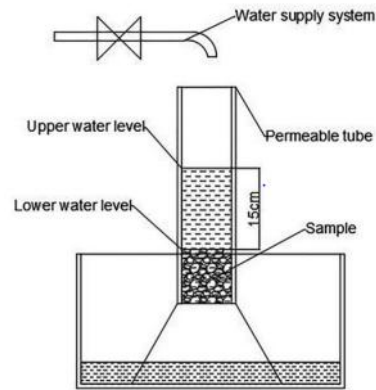
$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

P = beban puncak yang diterapkan pada benda uji (N)

A' = luas penampang benda uji (mm²)

Pengujian Permeabilitas Beton

Pengujian permeabilitas air pada beton bertujuan untuk mengukur kemampuan beton dalam menahan aliran air. Proses pengujian mengacu pada ACI Committee 522R, yang mana laju pengurangan air dalam tabung diukur untuk menentukan permeabilitas atau jumlah air yang dapat melewati beton. Skema uji tes permeabilitas ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.

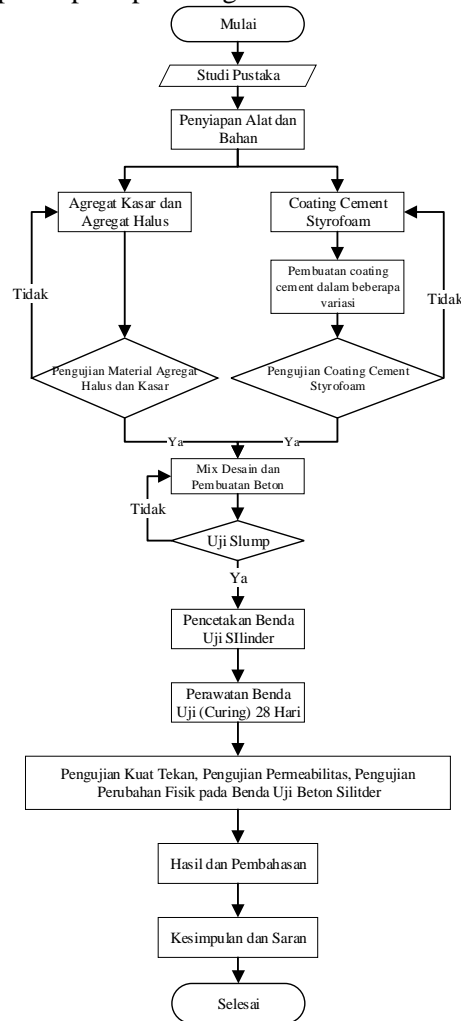


Gambar 2. Skema Alat Uji Falling Head Permeability Test

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Secara umum, prosedur penelitian ini terdiri dari tahapan seperti pada bagan alir dalam Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir

Metode dan Penyediaan Data

Pengujian dengan benda uji beton berbentuk silinder dengan mutu beton $f'c$ 20 MPa, dimensi sampel beton yakni diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm. Pengujian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji pengaruh kuat tekan pada beton yang dilapisi coating cement berbahan dasar limbah styrofoam terhadap larutan asam dan permeabilitas air. Benda uji dengan metode desain pencampuran SNI-7656:2012 untuk beton normal.

Rencana jumlah benda uji yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Benda Uji

Mutu (Mpa)	Coating Cement Styrofoam (%)	Jumlah			Total
		Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	Pengujian Fisik dan Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari Perendaman Larutan Asam Natrium Sulfat pasca curing	Pengujian Permeabilitas Beton Umur 28 Hari	
20	0	4	3	3	10
20	40	4	3	3	10
20	50	4	3	3	10
20	60	4	3	3	10
					40

Alat yang digunakan dalam Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat Uji Kuat Tekan Model UTM
2. Oven
3. Timbangan
4. Concrete Mixer
5. Cetakan Beton Silinder
6. Kerucut Abrams
7. Ayakan
8. Shieve Shaker
9. Drum Bekas Larutan
10. Falling Head Permeability Test
11. Jangka sorong
12. Meteran
13. Piknometer
14. Talam

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen Portland, menggunakan jenis *Portland Composite Cement* (PCC) produksi PT. Tiga Roda
2. Pasir (agregat halus) Muntilan
3. Batu Pecah (agregat kasar)
4. Air
5. Limbah *Styrofoam*
6. Larutan Asam Natrium Sulfat
7. Aquades

8. Peralite

Pelaksanaan Penelitian

Dimulai dengan pembelian bahan penelitian, yang terdiri dari pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar), limbah *styrofoam* dan pentalite. Setelah bahan tersedia, sifat dasar agregat halus dan agregat kasar diuji dalam langkah-langkah berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
2. Pemeriksaan kadar air agregat
3. Pemeriksaan kandungan lumpur agregat
4. Pemeriksaan berat isi agregat
5. Pemeriksaan gradasi agregat

Sedang pada material *coating cement styrofoam* diuji berdasarkan SNI 8665:2018 dengan langkah berikut:

1. Pemeriksaan keadaan dalam kemasan
2. Pemeriksaan waktu mengering
3. Pemeriksaan persen elongasi
4. Pemeriksaan perembesan air
5. Pemeriksaan penyerapan air

Selanjutnya dilakukan pembuatan rancangan benda uji beton (*mix design*) berdasarkan SNI-7656:2012 dengan penyempurnaan SNI 2847-2013. Setelah data tentang rancangan campuran beton diperoleh, langkah selanjutnya adalah membuat 40 sampel benda uji. Benda uji dimasukkan ke dalam bak perendam untuk perawatan beton selama umur rencana. Setelah umur rencana telah terpenuhi, pengujian kekuatan tekan beton dilakukan sesuai standar pengujian SNI 1974-2011 dengan menggunakan Mesin Pengujian Universal (UTM). Pada pengujian Permeabilitas dilakukan berdasarkan ACI Committee 522 dan pada pengujian larutan asam natrium sulfat dilakukan berdasarkan standar ASTM C1012-04 yang direferensikan oleh SNI 6385:2016 ASTM C 136-06.

Metode dan Teknik Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian pada beton silinder kemudian dilakukan analisis data dengan teknik analisis varians satu jalur atau juga dikenal dengan istilah *one-way ANOVA*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Agregat Halus

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa agregat halus material yang digunakan dalam penelitian memenuhi spesifikasi gradasi standar dan berada di zona II (pasir kasar), dengan modulus kehalusan (f_m) = 2,51. Berat jenis SSD agregat halus sebesar

2,44 dan nilai dari penyerapan air sebesar 0,65%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus telah memenuhi syarat ditentukan oleh standar SNI 1970:2008. Kadar air agregat halus sebesar 6,50% dan dinyatakan memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-1971-1990. Kadar lumpur agregat halus sebesar 2,10% sehingga telah memenuhi syarat ditentukan oleh standar SK SNI S-04-1989-F. Hasil pengujian bobot isi agregat halus sebesar $1,61 \text{ gr/cm}^3$ dan telah memenuhi syarat berdasarkan menurut SNI 03-2834-2000.

Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian menyimpulkan bahwa agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran butiran max 40 mm (SNI 7656-2012) dengan modulus kehalusan sebesar 5,37. Berat jenis agregat kasar yaitu antara 2,84 dengan nilai dari penyerapan air sebesar 3,57%. Kadar air agregat kasar adalah 0,46% sehingga sudah sesuai standar SNI 03-1971-1990. Kadar lumpur agregat kasar adalah 0,81 % sehingga telah memenuhi syarat ditentukan oleh standar SK SNI S-04-1989-F. bobot isi agregat kasar adalah $1,35 \text{ gr/cm}^3$ dan telah memenuhi syarat berdasarkan menurut SNI 03-2834-2000 yaitu syarat bobot isi untuk agregat kasar adalah $1,6-1,9 \text{ gr/cm}^3$.

Pengujian Coating cement Waterproofing

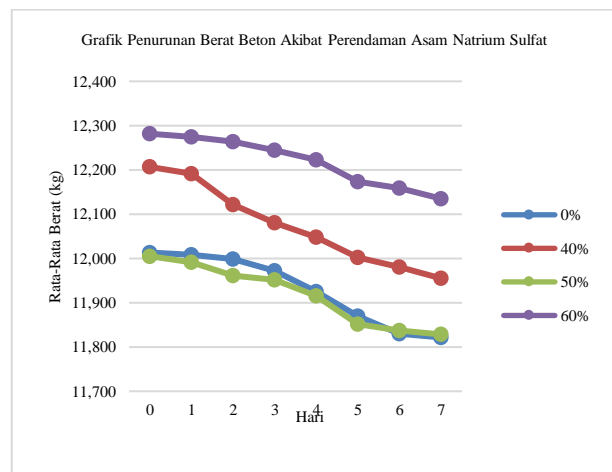
Pemeriksaan keadaan dalam kemasan *Coating Cement Styrofoam* diperoleh nilai – (negatif) yaitu tidak ada gumpalan. Hasil tersebut memenuhi syarat dalam perhitungan menggunakan SNI 8665:2018. Pemeriksaan waktu mengering *coating cement styrofoam* diperoleh nilai rata-rata waktu mengering sentuh dan waktu mengering keras pada variasi 40% adalah 0,61 jam dan 2,58 jam pada variasi 50% adalah 0,68 jam dan 2,58 jam dan pada variasi 60% adalah 0,79 jam dan 3,62 jam. rata-rata persen elongasi pada variasi 40% adalah 208,8%, pada variasi 50% adalah 306,4% dan pada variasi 60% adalah 325,6% dan telah memenuhi syarat dalam perhitungan menggunakan SNI 8665:2018. rata-rata perembesan air sesuai syarat dalam perhitungan menggunakan SNI 8665:2018 pada variasi 40% adalah $1,16 \times 10^{-10} \text{ kg/det.m}^2$, pada variasi 50% adalah $5,79 \times 10^{-11} \text{ kg/det.m}^2$, dan pada variasi 60% adalah $2,31 \times 10^{-11} \text{ kg/det.m}^2$. rata-rata perembesan air *coating cement styrofoam* pada variasi 40% adalah 0,889%, pada variasi 50% adalah 0,881% dan pada variasi 60% adalah 0,924%.

Pengujian Coating cement Waterproofing

Rata-rata nilai slump campuran yang dihasilkan adalah 8,78 cm atau 87,8 mm dan memenuhi syarat berdasarkan SNI 7565:2012.

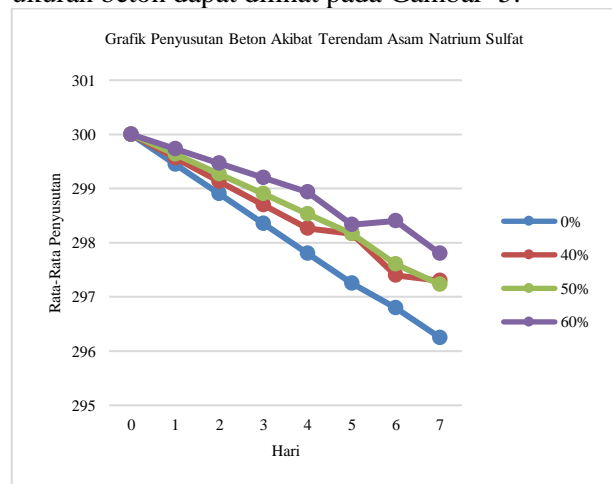
Pengujian Fisik Beton Coating cement Waterproofing Selama Terendam Larutan Asam 7 Hari

Dari hasil pengujian fisik beton yang direndam larutan asam natrium sulfat yang dilakukan di laboratorium, didapatkan grafik hasil rata-rata penurunan berat beton pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Penurunan Berat Beton Akibat Perendaman Asam Natrium Sulfat

Sedangkan hasil grafik hasil rata-rata penyusutan ukuran beton dapat dilihat pada Gambar 5.



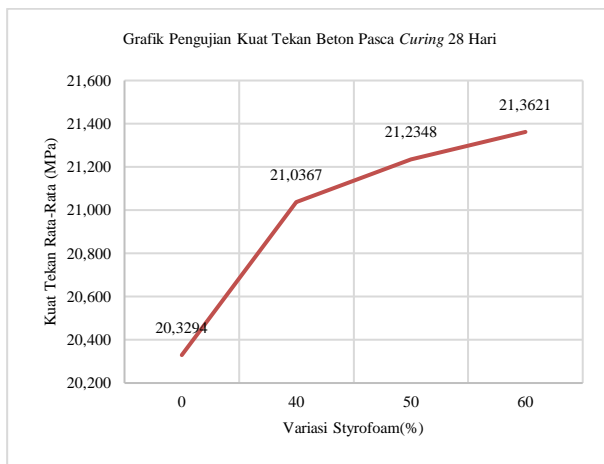
Gambar 5. Grafik Penyusutan Beton Akibat Terendam Asam Natrium Sulfat

Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2 dan diolah menjadi grafik seperti pada Gambar 6.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

No	Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	0	20.3294
2	40	21.0367
3	50	21.2348
4	60	21.3621



Gambar 6. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

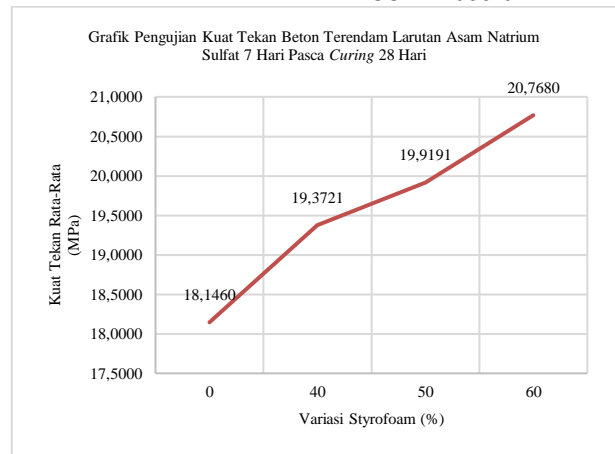
Berdasarkan hasil pengujian diatas lalu dilakukan analisis menggunakan metode ANOVA *single factor* dan didapatkan hasil nilai F hitung sebesar 0,543 dan F kritis sebesar 3,39 sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kuat tekan beton normal dengan dengan beton terlapis *coating cement styrofoam* mengalami perbedaan yang tidak signifikan.

Pengujian Kuat Tekan Beton Pasca Curing 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3 dan diolah menjadi grafik seperti pada Gambar 7.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Terendam Larutan Asam Natrium Sulfat 7 Hari Pasca Curing 28 Hari

No	Variasi (%)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	0	17,5990
2	40	19,3721
3	50	19,9191
4	60	20,7680



Gambar 7. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Terendam Larutan Asam Natrium Sulfat 7 Hari Pasca Curing 28 Hari

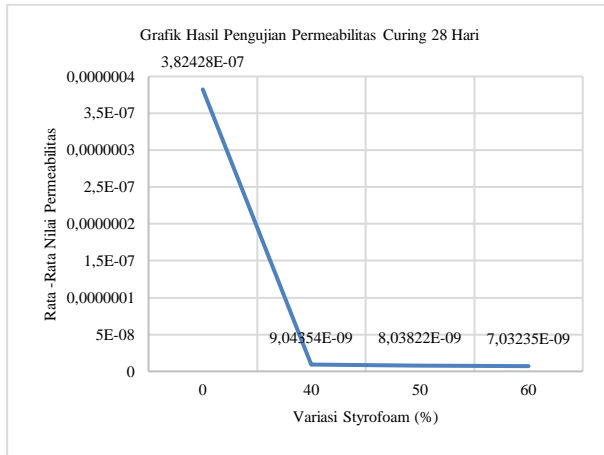
Berdasarkan hasil pengujian diatas lalu dilakukan analisis menggunakan metode ANOVA *single factor* dan didapatkan hasil nilai F hitung sebesar 4,168 dan F kritis sebesar 4,066 sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara kuat tekan beton normal dengan dengan beton terlapis *coating cement styrofoam* setelah direndam larutan asam natrium sulfat mengalami perbedaan yang signifikan.

Pengujian Permeabilitas Beton Pasca Curing 28 Hari

Hasil pengujian permeabilitas yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4 dan diolah menjadi grafik seperti pada Gambar 8.

Tabel 4. Hasil Pengujian Permeabilitas Curing 28 Hari

No	Variasi (%)	Nilai Permeabilitas Rata-rata (mm/s)	Lolos ACI 301-729
1	0	3,82E-07	tidak lolos
2	40	9,04E-09	lolos
3	50	8,04E-09	lolos
4	60	7,03E-09	lolos



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Permeabilitas Curing 28 Hari

Berdasarkan data di atas didapatkan hasil bahwa beton *coating cement styrofoam* lolos uji standar ACI 301-729 sedangkan beton tanpa *coating cement Styrofoam* tidak lolos standar ACI 301-729. Hasil pengujian di atas lalu dilakukan analisis menggunakan metode ANOVA *single factor* dan didapatkan hasil nilai F hitung sebesar 4,185 dan F kritis sebesar 4,066 sehingga dapat disimpulkan bahwa artinya perbedaan antara permeabilitas beton normal dengan beton terlapis *coating cement styrofoam* setelah direndam larutan asam natrium sulfat mengalami perbedaan yang signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh *coating cement styrofoam* pada beton normal yang terendam larutan Natrium Sulfat terhadap perubahan fisik berdasarkan penurunan berat dan penyusutan ukuran adalah dapat menahan laju korosif yang diakibatkan oleh sifat asam dari larutan natrium sulfat karena sifat *waterproofing* yang melapisi beton. Variasi paling optimum dari styrofoam yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah 60%.
2. Nilai kuat tekan beton normal yang terlapis *coating cement styrofoam* pada umur 28 hari tidak memiliki perbedaan yang signifikan, namun tetap memiliki kuat tekan beton rata-rata yang lebih tinggi yaitu 21,3621 MPa pada variasi 60%, sedangkan nilai kuat tekan beton normal mengalami penurunan setelah terendam larutan natrium sulfat selama 7 hari pasca curing 28 hari dengan perbedaan yang signifikan antar variasi lapisan. Penurunan kuat tekan beton tanpa *coating cement styrofoam* adalah 2,1834 MPa

atau sebesar 9,15%, sedangkan penurunan terendah adalah variasi 60% dengan nilai penurunan sebesar 0,5942 MPa atau sebesar 4,09%. Jika pertalite digunakan sebagai pelarut dalam campuran coating pada beton bertulang, diketahui bahwa itu dapat mengikis tulangan yang ada di dalamnya. Namun, karena proses korosi berlangsung dalam jangka waktu yang lama dengan efek pada kekuatan struktur beton tidak signifikan dalam jangka pendek.

3. Permeabilitas beton normal dengan *coating cement styrofoam* memiliki perbedaan yang signifikan. Nilai permeabilitas pada variasi 0% adalah 3,82E-07 mm/s dan dinyatakan tidak lolos uji berdasarkan ACI 301-729. Sedangkan pada beton dengan variasi 40%, variasi 50% dan variasi 60%, ketiganya dinyatakan lolos uji berdasarkan ACI 301-729 dengan nilai paling optimum yaitu pada variasi 60% sebesar 7,03E-09 mm/s atau sebesar 14,37%.

SITASI DAN DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 522. (2011). *Report on Pervious Concrete:ACI 522R-10*. America Concrete Institute.
- ASTM C 596-01. (2001). *Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement*. ASTM Internasional.
- ASTM C1012-04. (2010). *Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution*. ASTM International.
- Hsu K. (2019). Development of waste expanded polystyrene flexible coating material in concrete waterproofing. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 351(1), 1–10.
- Hunek D B, Jacek Gora J, & Widomski M K. (2021). Durability of Hydrophobic/Icephobic Coatings in Protection of Lightweight Concrete with Waste Aggregate. *Materials*, 1–20.
- Jati N S N, Salsabila R D S, Susanti R, & Hartono. (2023). Inovasi Waterproofing coating cement based dengan pemanfaatan limbah Styrofoam. *JURNAL BANGUNAN*, 28(2), 1–10.
- Liu P, Chen Y, Yu Z, & Lu Z. (2019). Effect of sulfate solution concentration on the deterioration mechanism and physical

- properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 227, 116641–116650.
- Murdana A F R, & Kurniawan D B. (2018). Pemanfaatan Limbah Styrofoam sebagai bahan Alternatif Pembuatan Perkat Pipa PVC dengan Proses Mixing.
- SNI 03 1970-2008. (2008). *Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 1971-1990. (1990). *Kadar Air*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 2834-2000. (2000). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03 4804-1998. (1998). *Metode Pengujian Berat Isis dan Rongga Udara dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1974-2011. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-7656:2012. (2012). *Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 8665:2018. (2018). *Cat pelapis antibocor berbasis air*. Badan Standarisasi Nasional.
- Untu G E, Ardiansyah M R, & Syaiful M. (2021). Pengaruh Pembakaran terhadap Kuat Tekan Beton dan Perawatan Pasca Bakar. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 6(1), 17–20.
- Wijaya R R, Antoni, & Hardjito D. (2017). Ketahanan di Lingkuan Asam . *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 1–7.
- Zhang Y, Li H, Yang j, & Abdelhady A. (2020). Comparative laboratory measurement of pervious concrete permeability using constant-head and falling-head permeameter methods. *Construction and Building Materials*, 235(120614), 120614–120624.