PERBAIKAN BETON PLASTIK PET DENGAN METODE *SOYBEAN CRUDE UREASE - CALCITE PRECIPITATION*

TIARA ARESTI
NIM H1021201011

SKRIPSI

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

PERBAIKAN BETON PLASTIK PET DENGAN METODE *SOYBEAN CRUDE UREASE - CALCITE PRECIPITATION*

TIARA ARESTI
NIM H1021201011

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Fisika

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Perbaikan Beton Plastik PET dengan Metode *Soybean Crude Urease - Calcite Precipitation*
Nama Mahasiswa	: Tiara Aresti
NIM	: H1021201011
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Fisika
Tanggal Lulus	: 24 Januari 2025
SK Pembimbing	: No. 733/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 4 Maret 2024
SK Penguji	: No. 5598/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 31 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si.	Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si.
NIP198801192024212001	NIP198107302005011002

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Asifa Asri, S.Si., M.Si.	Yuris Sutanto, S.Si., M.Sc.
NIP199006052022032010	NIP199008272022031008

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si.	Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si.
NIP198801192024212001	NIP198107302005011002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Guzrizal, S.Si., M.Si.
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tiara Aresti

NIM : H1021201011

Program Studi/ Jurusan : Fisika/ Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 24 Januari 2025



Tiara Aresti

NIMH1021201011

Perbaikan Beton Plastik PET dengan Metode
Soybean Crude Urease - Calcite Precipitation

Abstrak

Telah dibuat beton ringan dengan substitusi plastik *polyethylene terephthalate* (PET) sebanyak 5% sebagai bahan pengganti agregat halus dan larutan kalsit berbahan dasar kedelai menggunakan metode *Soybean Crude Urease - Calcite Precipitation* (SCU-CP) dengan variasi larutan kalsit 0%, 5%, dan 10%. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hasil pembuatan beton ringan berbasis limbah plastik PET dan larutan kalsit menggunakan metode SCU-CP. Sampel beton dibuat menjadi dua bentuk yaitu beton kubus untuk uji kuat tekan dan beton balok untuk uji konduktivitas termal. Hasil menunjukkan bahwa substitusi plastik PET 5% mengurangi densitas 12,8% dan kuat tekan 43,3% dari beton normal, tetapi meningkatkan sifat isolasi termal beton dengan penurunan konduktivitas termal 53%. Sedangkan substitusi larutan kalsit menyebabkan peningkatan densitas, kuat tekan, dan konduktivitas termal dibanding beton PET tanpa larutan kalsit. Substitusi larutan kalsit 5% dan 10% berturut-turut meningkatkan densitas 10,5% dan 12,8%; kuat tekan 9,4% dan 13,6%; serta konduktivitas termal 200% dan 375%. Larutan kalsit memperbaiki densitas dan kuat tekan beton PET, namun nilai kuat tekan yang diperoleh belum memenuhi standar sebagai beton ringan struktural tetapi tergolong sebagai beton ringan non-struktural. Nilai konduktivitas termal yang diperoleh tergolong rendah dan termasuk ke dalam jenis beton ringan. Dengan konduktivitas termal yang rendah, beton ini berpotensi digunakan sebagai material non-struktural, seperti pelapis dinding untuk mengurangi transfer panas.

Kata kunci: beton ringan, plastik PET, metode SCU-CP, kuat tekan beton, konduktivitas termal beton.

Improvement of PET Plastic Concrete with the Soybean Crude Urease – Calcite Precipitation Method

Abstract

Lightweight concrete has been produced by substituting 5% of polyethylene terephthalate (PET) plastic as a fine aggregate replacement and using a soybean-based calcite solution prepared through the Soybean Crude Urease - Calcite Precipitation (SCU-CP) method, with calcite solution variations of 0%, 5%, and 10%. This study aims to evaluate the production outcomes of lightweight concrete based on PET plastic waste and calcite solution using the SCU-CP method. Concrete samples were prepared in two forms: cubic concrete for compressive strength testing and beam concrete for thermal conductivity testing. The results indicate that a 5% substitution of PET plastic reduces the density by 12,8% and compressive strength by 43,3% compared to normal concrete, but enhances the thermal insulation properties with a 53% reduction in thermal conductivity. Meanwhile, the substitution of calcite solution leads to an increase in density, compressive strength, and thermal conductivity compared to PET concrete without calcite solution. The 5% and 10% calcite solution substitutions increase density by 10,5% and 12,8%, compressive strength by 9,4% and 13,6%, and thermal conductivity by 200% and 375%, respectively. The calcite solution improves the density and compressive strength of PET concrete; however, the obtained compressive strength values do not meet the standards for structural lightweight concrete but are classified as non-structural lightweight concrete. The resulting thermal conductivity values are low and fall within the lightweight concrete category. With its low thermal conductivity, this concrete has the potential to be used as a non-structural material, such as wall cladding, to reduce heat transfer.

Keywords: *concrete compressive strength, concrete thermal conductivity, lightweight concrete, recycled PET, SCU-CP method.*

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan Rahmat, karunia, serta hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "**Perbaikan Beton Plastik PET dengan Metode *Soybean Crude Urease – Calcite Precipitation***". Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura. Penulis sangat menyadari dalam penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Budi dan Ibu Sri Azmiana, yang sangat penulis cintai dan sayangi, yang selalu ada memberikan doa, dukungan mental, dan materil dalam bentuk apapun kepada penulis .
2. Ibu Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing I yang selalu memberikan segenap ilmu, waktu, tenaga, arahan, bimbingan, serta kritik dan saran yang sangat membangun selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si., selaku dosen Pembimbing II sekaligus Ketua Program Studi Fisika yang selalu memberikan segenap ilmu, waktu, tenaga, arahan, bimbingan, serta kritik dan saran yang sangat membangun selama penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Asifa Asri, S.Si., M.Si., selaku dosen Penguji I yang selalu memberikan saran, masukan, dan kritik yang sangat membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Yuris Sutanto, S.Si., M.Sc., selaku dosen Penguji II sekaligus dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan saran, masukan, dan kritik yang sangat membangun selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
6. Raditya, Almarhum Rafi Pramudia, Abyan Rafli, dan Arka Al Ghifari, selaku saudara penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

7. Semua keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama penulis menempuh masa perkuliahan.
8. Istajib Ridwan, yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
9. Amelia, Muna Muniroh, Nurul Ain, Jesnita, Dian Pratiwi, Arik Ramadhan, dan Haikal, selaku sahabat penulis yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
10. Upik Kirana Rahayu, Dea Maulina, Niswatul Jannah, Abang Ardhi Wiranto, yang telah membersamai, membantu, dan memberikan dukung kepada penulis selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
11. Teman-teman Fisika Angkatan 2020 “SIRIUS”.
12. Semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Pontianak, 24 Januari 2025

Tiara Aresti

DAFTAR ISI

halaman

PRAKATA vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 2
- 1.3 Batasan Masalah 3
- 1.4 Tujuan Penelitian 3
- 1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II DASAR TEORI 4
- 2.1 Beton Ringan Struktural 4
- 2.2 Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai Pengganti Agregat Halus 4
- 2.3 Metode *Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation* (SCU-CP) 5
- 2.4 Perawatan Beton 7
- 2.5 Karakteristik Material Beton 8

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 14
- 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 14
- 3.2 Alat dan Bahan Penelitian 14
- 3.3 Prosedur Penelitian 15
- 3.4 Diagram Alir Penelitian 24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 26
- 4.1 Hasil Fabrikasi Beton Ringan dengan Plastik PET 26
- 4.2 Hasil Pengujian Densitas 28
- 4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan 30
- 4.4 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal 32
- 4.5 Hubungan Densitas dengan Kuat Tekan dan Konduktivitas Termal 33
- 4.6 Rangkuman Hasil Pengujian Sampel 36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 37
- 5.1 Kesimpulan 37
- 5.2 Saran 38

DAFTAR PUSTAKA 39

LAMPIRAN 43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Plastik PET (a) logo pada plastik PET, (b) botol air mineral dari plastik PET. 5

Gambar 2.2 Skematik metode pengendapan kalsit (Pratama *et al.*, 2021) dan (Khairunnisa *et al.*, 2023) 6

Gambar 2.3 Skematik pengujian konduktivitas termal menggunakan alat *thermal conductivity apparatus* (PASCO *Scientific*, 1987). 13

Gambar 3.1 Skematik pembuatan larutan kalsit (direproduksi dari Putra *et al.* (2021) dan Pratama *et al.* (2021)) 16

Gambar 3.2 Rancangan bentuk sampel beton (a) bentuk sampel kubus (b) bentuk sampel balok 20

Gambar 3.3 Plastik PET untuk campuran sampel beton (a) botol mineral dari plastik PET, (b) plastik PET yang sudah dicacah, (c) plastik PET yang sudah digiling dan lolos saringan no. 6 20

Gambar 3.4 Proses pencetakan sampel beton (a) sampel beton kubus, (b) sampel beton balok. 21

Gambar 3.5 Proses perawatan sampel beton dengan cara perendaman selama 28 hari. 21

Gambar 3.6 Penimbangan sampel untuk uji densitas (a) sampel beton kubus, (b) sampel beton balok. 22

Gambar 3.7 Pengujian kuat tekan sampel beton kubus. 23

Gambar 3.8 Pengujian konduktivitas termal beton balok. 24

Gambar 3.9 Diagram alir penelitian. 25

Gambar 4.1 Sampel beton kubus, (a) variasi 1 (PET 0% + larutan kalsit 0%), (b) variasi 2 (PET 5% + larutan kalsit 0%), (c) variasi 3 (PET 5% + larutan kalsit 5%), dan (d) variasi 4 (PET 5% + larutan kalsit 10%). 26

Gambar 4.2 Sampel beton balok (a) variasi 1 (PET 0% + larutan kalsit 0%), (b) variasi 2 (PET 5% + larutan kalsit 0%), (c) variasi 3 (PET 5% +

larutan kalsit 5%), dan (d) variasi 4 (PET 5% + larutan kalsit 10%). 26
Gambar 4.3 Grafik hubungan densitas dan kuat tekan sampel beton..... 34
Gambar 4.4 Grafik hubungan densitas dan konduktivitas termal sampel beton.. 35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian sampel beton oleh Putra dan Amelia (2022). 10
Tabel 3.1 Komposisi variasi campuran beton tiap 1 m^3 berdasarkan SNI 03-2834-2000..... 18
Tabel 3.2 Komposisi variasi campuran beton bentuk kubus 0,0034 m^3. 18
Tabel 3.3 Komposisi variasi campuran beton bentuk balok 0,0002 m^3. 19
Tabel 3.4 Variasi sampel beton. 19
Tabel 4.1 Nilai densitas rata-rata sampel beton kubus dan balok. 29
Tabel 4.2 Nilai kuat tekan rata-rata sampel beton balok. 31
Tabel 4.3 Nilai konduktivitas termal rata-rata sampel beton balok. 32
Tabel 4.4 Rangkuman hasil pengujian sampel beton. 36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulir perencanaan campuran material beton sesuai SNI 03-2834-2000. 43
Lampiran 2. Perhitungan ukuran sampel beton (m^3). 45
Lampiran 3. Perhitungan sifat fisis dan sifat mekanis sampel beton. 46
Lampiran 4. Dokumentasi penelitian. 51

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan sektor konstruksi dan kesadaran akan pentingnya keberlanjutan membuat kebutuhan akan material bangunan yang ringan, efisien, dan ramah lingkungan semakin meningkat. Beton ringan struktural adalah salah satu solusi yang saat ini banyak digunakan karena keunggulannya lebih ringan dibandingkan beton normal, sehingga dapat mengurangi beban struktural, biaya transportasi, dan waktu pemasangan. Salah satu kendala utama dalam pengembangan beton ringan di dunia konstruksi adalah penurunan sifat mekanik, seperti kuat tekan dan potensi berkurangnya stabilitas termal. Pemilihan beton dengan kekuatan yang sesuai sangat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Khususnya untuk beton dengan tujuan sebagai dinding utama, harus memiliki nilai kuat tekan tinggi untuk memastikan struktur yang aman, tahan lama, dan efisien. Stabilitas termal yang baik juga sangat diperlukan beton terutama pada bangunan di lingkungan dengan perubahan suhu signifikan atau membutuhkan efisiensi termal tinggi.

Penggunaan bahan bangunan yang memiliki konduktivitas termal rendah sangat krusial untuk mengurangi aliran panas pada bangunan di negara dengan iklim tropis seperti Indonesia (Pratama *et al.*, 2019). Aplikasi beton ringan struktural sebagai dinding utama dengan substitusi limbah plastik sebagai pengganti agregat halus bisa menjadi inovasi yang baik untuk bangunan rumah berkelanjutan. Penggunaan plastik tidak hanya membantu mengurangi sampah plastik, juga berdampak pada sifat termal beton. Pemilihan jenis plastik diperlukan untuk menghasilkan beton berkualitas, karena kemampuan beton dalam menyerap dan menahan panas sangat penting untuk manajemen termal suatu bangunan. Plastik *polyethylene terephthalate* (PET) memiliki konduktivitas termal lebih rendah dibandingkan jenis plastik lain dan penggunaannya pada beton berpotensi mengurangi konduktivitas termal sehingga dapat termasuk produk insulasi termal (Basha *et al.*, 2020). Hal ini berguna dalam aplikasi yang memerlukan isolasi termal

baik, seperti bangunan hemat energi. Persentase plastik yang digunakan mempunyai pengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton yang diperoleh. Semakin banyak plastik yang digunakan maka semakin rendah nilai kuat tekannya (Putra dan Amelia, 2022; Apriliya *et al.*, 2021). Sehingga diperlukan cara untuk memperbaiki karakteristik beton plastik salah satunya dengan pengendapan kalsit.

Pengendapan kalsit merupakan salah satu metode yang digunakan untuk perbaikan tanah, pasir, dan beton. Metode ini disebabkan oleh adanya kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang terbentuk dari hidrolisis urea. Namun penggunaan enzim urease dinilai tidak ekonomis sehingga alternatif lain menggantinya dengan bubuk kedelai sebagai enzim *urease* murni. Bubuk kedelai adalah bahan alami yang mudah ditemukan dan baik digunakan sebagai campuran material beton untuk bangunan ramah lingkunan. Pengendapan kalsit dari bubuk kedelai ini disebut sebagai metode *Soybean Crude Urease - Calcite Precipitation* (SCU-CP). Dalam penelitian Putra dan Amelia (2022), digunakan metode SCU-CP dengan substitusi larutan kalsit pada beton plastik *high density polyethylene* (HDPE) untuk membuat permukaannya menjadi kasar. Hasilnya menunjukkan penggunaan metode SCU-CP terbukti mampu meningkatkan kuat tekan beton plastik dibandingkan tanpa menggunakan metode SCU-CP.

Melihat potensi penggunaan plastik PET pada fabrikasi beton untuk rumah ramah lingkungan serta dalam kajian literatur yang digunakan, maka fokus pada penelitian ini adalah pembuatan beton ringan struktural dengan substitusi plastik PET sebanyak 5% sebagai bahan pengganti agregat halus dan substitusi larutan kalsit berbahan dasar bubuk kedelai menggunakan metode SCU-CP dengan variasi larutan kalsit 0%, 5%, dan 10%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh substitusi larutan kalsit terhadap karakteristik beton plastik PET yaitu densitas, kuat tekan, dan konduktivitas termalnya, serta potensi penerapannya dalam konstruksi bangunan ramah lingkungan, ekonomis, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan plastik PET sebagai pengganti agregat halus terhadap parameter densitas, kuat tekan, dan konduktivitas termal sampel beton yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan variasi substitusi larutan kalsit menggunakan metode SCU-CP terhadap parameter densitas, kuat tekan, konduktivitas termal beton sampel beton plastik PET?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Plastik PET yang digunakan adalah botol air mineral sebanyak 5% dari jumlah agregat halus pada komposisi setiap sampel beton.
2. Variasi larutan kalsit yang digunakan adalah 0%, 5% dan 10% dari jumlah air pada komposisi setiap sampel beton plastik PET.
3. Pencampuran komposisi material beton dan parameter densitas beton nornal mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-2000.
4. Parameter densitas beton ringan dan kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-3449-2002.
5. Pengujian kuat tekan mengacu pada SNI 03-1974-1990.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh penggunaan plastik PET sebagai pengganti agregat halus pada parameter densitas, kuat tekan, dan konduktivitas termal dalam pembuatan sampel beton.
2. Menganalisis nilai densitas, kuat tekan, dan konduktivitas termal yang diperoleh dari variasi substitusi larutan kalsit menggunakan metode SCU-CP dalam pembuatan beton plastik PET.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai pengaruh penggunaan plastik PET dalam komposisi material beton, serta pengaruh substitusi larutan kalsit dengan metode SCU-CP pada nilai densitas, kuat tekan, dan konduktivitas termal yang diperoleh sampel beton sebagai alternatif daur ulang sampah untuk menghasilkan bangunan ramah lingkungan.