

**PENGAPLIKASIAN *BIO-BASED MATERIALS* BERBAHAN
DASAR RAGI UNTUK MEMPERBAIKI RETAK PADA MORTAR**

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh:

REVALDI

NIM. 18323015

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2023

PENGAPLIKASIAN BIO-BASED MATERIALS BERBAHAN
DASAR RAGI UNTUK MEMPERBAIKI RETAK PADA MORTAR

Nama : Revaldi
Nim : 18323015
Prodi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

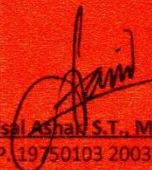
Padang, 7 Juni 2023

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Prima Vane Putri, S.T., M.T
NIP. 197806052003122006

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP



Faisal Ashari S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19750103 200312 1 001


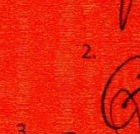

PENGESAHAN TUGAS AKHIR
PENGAPLIKASIAN BIO-BASED MATERIALS BERBAHAN
DASAR RAGI UNTUK MEMPERBAIKI RETAK PADA MORTAR

Nama : Revaldi
Nim : 18323015
Prodi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Padang, 7 Juni 2023

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Dr. Eng. Prima Yane Putri, S.T., M.T	1. 
2. Anggota : Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D	2. 
3. Anggota : Muvi Yandra, S.Pd., M.Pd.T	3. 



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059996, FT: (0751) 7055644, 445118 Fax: 7055644
E-mail: info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : REVALDI
NIM/TM : 18323015 / 2018
Program Studi : S1 TEKNIK SIPIL
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul Pengaplikasian Bio-Based Materials Berbahan Pasar Ragi untuk Memperbaiki Retak Pada Mortar

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Departemen Teknik Sipil

(Faisal Ashar, ST.,MT.,Ph.D)
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,



REVALDI

“A leader comes from a dreamer.

So, keep dreaming”

BIODATA

A. Data Diri

Nama Lengkap : Revaldi
Tempat/Tanggal Lahir: Jakarta Selatan, 28-10-1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Anak Ke : 2 (dua)
Jumlah Saudara : 2 (dua)
Nama Ayah : Yul Ilham
Nama Ibu : Eli Ermawati
Alamat Tetap : Batu Mengaum, Sungai Geringging, Padang
Pariaman
Email : akbarreval065@gmail.com



B. Data Pendidikan

SD : SD Negeri 22 Sungai Geringging
SLTP : SMP Negeri 2 Sungai Geringging
SLTA : SMK Negeri 1 Pariaman
Perguruan Tinggi : Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

C. Penelitian Tindakan Kelas

Judul Tugas Akhir : Pengaplikasian *Bio-Based Materials* Berbahan
Dasar Ragi untuk Memperbaiki Retak pada Mortar
Tanggal Sidang : 7 Juni 2023

Padang, 7 Juni 2023

Revaldi
18323015/2018

ABSTRAK

Revaldi. 2023. " **Pengaplikasian *Bio-Based Materials* Berbahan Dasar Ragi untuk Memperbaiki Retak pada Mortar**".

Retak adalah kerusakan yang sering terjadi pada mortar. Perbaikan retak pada mortar dapat dilakukan menggunakan material seperti *epoxy resin* yang kurang ramah lingkungan. Solusi alternatif untuk perbaikan retak mortar yaitu dengan menggunakan teknologi *Self Healing Concrete (SHC)* berbasis bahan bio (biomaterial).

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil endapan kalsium karbonat apakah dapat menutupi retak pada mortar atau tidak. Sampel yang digunakan yaitu mortar silinder dengan diameter 5,08 cm dan tinggi 10 cm sebanyak 15 sampel. Bahan campuran biomaterial diantaranya yaitu ragi 1,24 g/40ml, glukosa 19,6 g/40ml, kalsium asetat 13,88 g/40ml dan air suling $\text{pH} \geq 8$.

Uji permeabilitas retak pada mortar dengan metode *constant head* dilakukan untuk mengetahui efektifitas kalsium karbonat memperbaiki retak pada mortar. Berdasarkan hasil pengujian, persentase retak mortar tertutup kalsium karbonat tertinggi pada retak 0,4 mm sebesar 96,36% selama 3 hari induksi, retak 0,15 mm sebesar 99,81% selama 7 hari induksi dan retak 0,2 mm sebesar 99,68% selama 14 hari induksi. Retak dengan lebar terkecil yaitu 0,05 mm tidak optimal tertutup oleh kalsium karbonat. Hal itu kemungkinan disebabkan oleh faktor endapan larutan biomaterial menutupi permukaan atas retak mortar. Retak terbesar pada mortar yaitu 0,4 mm cukup optimal tertutupi oleh kalsium karbonat. Persentase rata-rata tertinggi berada pada sampel mortar yang diinduksi biomaterial selama 14 hari.

Kata kunci :Biomaterial, Kalsium Karbonat , Retak, Mortar

ABSTRACT

Revaldi. 2023. " **Application of Yeast Bio-Based Materials to Repair Cracks in Mortar**".

Cracks are common damage in mortar. Repair of cracks in mortar can be done using materials such as epoxy resin which aren't good for the environment. An alternative solution that can be done is to use Bio-Based Self Healing Concrete Technology.

This research is an experimental research. This study aims to determine the results of calcium carbonate deposits can cover cracks in the mortar or not. The sample used is a cylindrical mortar with a diameter of 5cm and a height of 10cm. There are 15 samples used in this study. The material used to make biomaterials are yeast 1,24 g/40ml, glucose 19,6 g/40ml, calcium acetate 13,88 g/40ml, and distilled water pH ≥ 8 .

The permeability test was carried out using the constant head method to determine the effectiveness of calcium carbonate repairing cracks in mortar. Based on the test results, the highest percentage of calcium carbonate covered mortars cracks was 0.4 mm cracks of 96.36% for 3 days of induction, 0.15 mm cracks of 99.81% for 7 days of induction and 0.2 mm cracks of 99.68% during 14 days of induction. Cracks with the smallest width are 0.05 mm cracks. That is not optimally covered by calcium carbonate. This was possibly caused by the deposition factor of the biomaterial solution covering the top surface of the cracked mortars. The highest average percentage was in mortars samples induced by biomaterials for 14 days.

Key words :Biomaterials, Calcium Carbonate, Mortar, Crack

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr.Wb.

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa juga shalawat dan salam penulis aturkan kepada arwah junjungan kita Nabi Muhammad SAW dan para sahabatnya yang telah membawa kita kepada alam yang berpengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaplikasian *Bio-Based Materials* Berbahan Dasar Ragi untuk Memperbaiki Retak pada Mortar”.

Penulisan Tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan moral maupun materil. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua tercinta serta segenap anggota keluarga yang telah memberikan dukungan, semangat dan doanya kepada penulis. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng. Prima Yane Putri, ST., MT. selaku pembimbing yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang sekaligus Penasehat Akademik.
2. Bapak Faisal Ashar, S.T., M.T., Ph.D. selaku penguji pada sidang tugas akhir dan selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Muvi Yandra, S.Pd., M.Pd.T. selaku penguji pada sidang tugas akhir.
4. Bapak/Ibu dosen serta staf Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Teman seperjuangan penelitian, yang telah membantu dan berkerjasama serta memberi semangat dalam menyelesaikan pengujian pada Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan angkatan 2018 Jurusan Teknik Sipil, senior dan adik-adik junior yang telah memberikan wawasan dan dorongan selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Teristimewa kepada kedua orang tua tercinta dan semua keluarga serta semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan baik moril maupun materil kepada penulis sehingga penulis mampu sampai dititik sekarang ini.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat dibutuhkan demi penyempurna Tugas Akhir ini. Mudah-mudahan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya dan mahasiswa Fakultas Teknik pada umumnya, terutama bagi penulis sendiri.

Wassalamu'alaikum, Wr.Wb.

Padang, 7 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	
BIODATA	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	6
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN TEORI.....	8
A. Mortar	8
B. Retak Mortar	12
C. Mikroskop Digital	13
D. Perbaikan Retak pada Mortar dengan Biomaterial	14
E. Permeabilitas.....	17
F. Penelitian Relevan.....	18
BAB III PROSEDUR PERANCANGAN	22
A. Jenis Penelitian.....	22
B. Lokasi Penelitian.....	22
C. Waktu Penelitian	22
D. Pengambilan Data	22

E. Tahapan Penelitian.....	26
F. Analisis Data	37
BAB IV PEMBAHASAN	39
A. Retak Sampel Mortar	39
B. Permeabilitas.....	39
C. Biomaterial	46
BAB V PENUTUP	49
A. Kesimpulan	49
B. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kristal Kalsium Karbonat	5
Gambar 2. Mikroskop Digital	14
Gambar 3. Pengujian Permeabilitas <i>Constant Head</i>	18
Gambar 4. Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Padang.....	22
Gambar 5. Cetakan Mortar	27
Gambar 6. Semen, Pasir, dan Air.....	27
Gambar 7. Adukan Mortar	28
Gambar 8. Pencetakan Adonan Mortar	28
Gambar 9. Peretakan Sampel Mortar dengan Ragum.....	29
Gambar 10. Pengukuran Retak dengan Mikroskop Digital.....	29
Gambar 11. Permeabilitas Awal.....	31
Gambar 12. Ragi (<i>Dry Yeast</i>)	32
Gambar 13. <i>Glucose</i>	33
Gambar 14. <i>Calcium Acetate hydrate</i>	33
Gambar 15. Air Suling pH 9,5	34
Gambar 16. Penimbangan Ragi, <i>Glucose Monohydrate</i> , <i>Calcium Acetate</i>	34
Gambar 17. Pengadukan Biomaterial dengan <i>Magnetic Stirrer</i>	35
Gambar 18. Penginduksian Biomaterial.....	35
Gambar 19. Permeabilitas Akhir	36
Gambar 20. Skema Penelitian	36
Gambar 21. Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 22. Grafik Debit Air Golongan 3 Hari.....	42
Gambar 23. Grafik Debit Air Golongan 7 Hari.....	43
Gambar 24. Grafik Debit Air Golongan 14 Hari.....	44
Gambar 25. Sampel Sebelum dan Sesudah Diinduksi Biomaterial	46
Gambar 26. Grafik Persentase Rata-Rata Retak Tertutup Kalsium Karbonat.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Adonan Mortar	24
Tabel 2. Spesifikasi Sampel Mortar	24
Tabel 3. Bahan Campuran Biomaterial	25
Tabel 4. Bahan Larutan Biomaterial	25
Tabel 5. Komposisi Campuran Biomaterial	25
Tabel 6. Komposisi Pelarut Air Suling $\text{pH} \geq 8$	25
Tabel 7. Hasil Retak Retak Sampel Mortar	39
Tabel 8. Debit Air Sampel Sebelum Diinduksi Golongan 3 Hari	40
Tabel 9. Debit Air Sampel Sebelum Diinduksi Golongan 7 Hari	40
Tabel 10. Debit Air Sampel Sebelum Diinduksi Golongan 14 Hari	41
Tabel 11. Debit Air Sampel Sesudah Diinduksi Golongan 3 Hari	41
Tabel 12. Debit Air Sampel Sesudah Diinduksi Golongan 7 Hari	42
Tabel 13. Debit Air Sampel Sesudah Diinduksi Golongan 14 Hari	43
Tabel 14. Koefisien Kelulusan Air Sampel Sebelum Diinduksi Biomaterial	45
Tabel 15. Koefisien Kelulusan Air Sampel Sesudah Diinduksi Biomaterial	46
Tabel 16. Persentase Koefisien Kelulusan Air Sebelum Dan Sesudah Diinduksi ..	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik Debit Air Sebelum Induksi	55
Lampiran 2. Grafik Debit Air Setelah Induksi	57
Lampiran 3. Koefisien Kelulusan Air Sebelum Induksi	59
Lampiran 4. Koefisien Kelulusan Air Setelah Induksi	61
Lampiran 5. Grafik Koefisien Kelulusan Air Sebelum Induksi	63
Lampiran 6. Grafik Koefisien Kelulusan Air Setelah Induksi.....	65
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	67
Lampiran 8. Surat Tugas Pembimbing	77
Lampiran 9. Surat Tugas Penguji Tugas Akhir	79
Lampiran 10. Izin Melakukan Penelitian	81
Lampiran 11. Catatan Konsultasi dengan Dosen Pembimbing	83

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Saat ini dunia konstruksi berkembang dengan pesat. Hal itu berlangsung diberbagai bidang seperti gedung-gedung, jembatan, jalan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu unsur utama dan yang paling banyak digunakan pada konstruksi bangunan dibandingkan dengan bahan kayu atau baja. Menurut (SNI 03-2834-1993), campuran untuk pembuatan beton yaitu semen Portland atau semen hidraulik, agregat halus, agregat kasar, dan air.

Selain beton, dalam konstruksi bangunan dikenal juga dengan istilah mortar . Menurut (SNI 03-6825-2002), bahan pembuatan mortar terdiri dari agregat halus (pasir), bahan perekat (tanah liat, kapur, semen Portland) dan air. Fungsi dari mortar ini tidak lain sebagai matrik pengikat atau bahan pengisi bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Penggunaan mortar pada konstruksi yang bersifat struktural seperti pasangan bata belah untuk pondasi dan non-struktural yaitu untuk merekatkan pasangan bata untuk dinding ataupun plasteran dinding.

Penggunaan mortar di Indonesia sudah sangat populer. Mortar berfungsi sebagai matrik pengikat atau bahan pengisi bagian penyusun suatu konstruksi baik yang bersifat struktural maupun non-struktural. Tetapi dalam pengerjaannya terkadang masyarakat kurang benar dalam membuat campuran untuk mortar, sehingga hasil yang di dapatkan tidak maksimal. Contoh kerusakan yang sering terjadi akibat pembuatan campuran mortar yang kurang benar adalah retak yang timbul pada dindiing. Hal ini dapat berpengaruh besar pada kekokohan dan keindahan sebuah konstruksi. (Wenda, 2018).

Menurut (Chelcea, et al., 2017), retak adalah jenis kerusakan berupa pemisahan antara massa yang relatif panjang dan sempit yang

sering terjadi pada struktur beton dan mortar. Penyebab terjadinya retak dapat dibagi menjadi dua faktor, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal yang dimaksud adalah faktor yang terjadi pada saat pencampuran komposisi adonan yang tidak sesuai, baik itu pada mortar ataupun beton. Sedangkan faktor eksternal adalah faktor yang disebabkan oleh beban angin, manusia, gempa, dan sebagainya setelah mortar ataupun beton mengeras.

Banyak metode tradisional telah digunakan untuk memperbaiki retakan contohnya bahan pengikat epoksi (*epoxy resin*). Namun penggunaan bahan pengikat epoksi memiliki beberapa kekurangan diantaranya yaitu mengurangi penampilan estetika suatu konstruksi, membutuhkan tenaga kerja, tidak ramah lingkungan dengan kandungan zat kimia, dan viskositas rendah sehingga sulit menjangkau retak yang berukuran mikro. Selain itu, industri semen merupakan salah satu sumber karbon dioksida (CO_2) terbesar. Sekitar 8% CO_2 global emisi berasal dari Industri semen (Pungrasmi, et al., 2019). Oleh karena itu metode perbaikan retak pada beton ataupun mortar yang ramah lingkungan sangat diharapkan.

Penyembuhan diri beton (*Self Healing Concrete*) berbasis biomaterial adalah solusi alternatif untuk mengurangi biaya pemeliharaan dan ramah terhadap lingkungan. *Self Healing Concrete* adalah teknologi penyembuhan retak pada beton atau mortar yang terdiri dari mikroorganisme presipitasi karbonat dan sumber kalsium selama proses pencampuran. Setelah retak terjadi, mikroorganisme yang tertanam di dekat zona retak akan diaktifkan dan mulai mengendapkan CaCO_3 mengisi celah yang retak (Sun, et al., 2021).

Menurut (Jogi & Lakshmi, 2020), *Self Healing Concrete* ini dapat membuat beton dan mortar mampu memperbaiki sendiri keretakan yang dialaminya. Akibatnya, bangunan akan menjadi lebih kokoh serta memiliki masa pakai yang lebih lama. Teknologi ini dapat menurunkan

konsumsi semen yang akhirnya dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Secara tidak langsung, teknologi ini memberikan dampak positif ke lingkungan serta berperan dalam mencegah pemanasan global.

Biomaterial adalah campuran material dan mikroorganisme yang berinteraksi secara langsung dengan suatu jaringan yang memiliki zat yang sama dengan biomaterial tersebut. Contoh mikroorganisme yang dapat dijadikan sebagai biomaterial diantaranya yaitu bakteri, spora, enzim urease, dan lain sebagainya. Biomaterial berfungsi untuk mengobati, memperbaiki, atau mengganti bagian suatu jaringan. Biomaterial juga harus memiliki sifat mekanik seperti kekerasan, tegangan tarik dan tekan, ketahanan terhadap retak/patah yang baik, sifat kimia yang baik seperti komposisi kimia, stoikiometri, dan sifat kimia lainnya untuk mendukung ikatan antara jaringan dengan biomaterial (Utami, et al., 2021).

Pengembangan teknologi SHC berbasis biomaterial ini dinilai dapat memberikan dampak positif dalam bidang infrastruktur, terlebih di Indonesia yang merupakan wilayah rawan gempa. Teknologi ini juga dapat mengurangi dampak dari pemanasan global. Hal tersebut dikarenakan biomaterial ini dapat merangkap gas CO₂ yang ada di atmosfer. Namun, perlu diketahui pula bahwa pertumbuhan biomaterial akan menyesuaikan dengan lingkungannya. Biomaterial yang bersumber dari wilayah dan negara lain belum tentu dapat bekerja optimum ketika digunakan di iklim Indonesia.

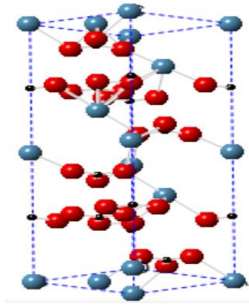
Senyawa sintetis yang sedikit dan masa pemakaian yang lama sehingga dapat memungkinkan pemakaian yang berulang-ulang mejadi dua kelebihan biomaterial terhadap dunia konstruksi. Penggunaan biomaterial dipilih karena senyawa yang terkandung pada biomaterial sama dengan senyawa yang terkandung dalam campuran beton. (Tziviloglou, et al., 2017).

Ada beberapa metode untuk mendapatkan campuran biomaterial. Diantaranya yaitu metode *Enzyme Induced Calcite Precipitation* (EICP) dan *Microbial Induced Calcite Precipitation* (MICP). Menurut (Mortensen, et al., 2011), *Enzyme Induced Calcite Precipitation* (EICP) adalah proses biogeokimia menggunakan enzim yang menginduksi presipitasi kalsium karbonat di dalam campuran mortar atau matriks tanah dengan cara diinduksi. Sedangkan menurut (Putri, 2022), *Microbial Induced Calcite Precipitation* (MICP) merupakan proses pengendapan kalsium karbonat secara biologis dengan metabolisme bakteri aktif untuk menutupi celah pada retak mortar dengan cara diinduksi.

Dari kedua pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbedaan dari kedua metode terletak pada katalisator campuran *grouting* sebagai upaya untuk mendapatkan biomaterial yang berupa kalsium karbonat. Dimana EICP menggunakan enzim, sedangkan MICP menggunakan bakteri atau mikroba pada campuran *grouting*.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh (Putri, et al., 2017) dalam jurnal "*Influence of The Type of Dry Yeast on Precipitation Rate of Calcium Carbonate in Bio-Based Repair Materials*" yang menjelaskan bahwa endapan kalsium karbonat (CaCO_3) berasal dari campuran antara *calcium acetate*, *glucose*, dan dibantu oleh mikroorganisme. Reaksi antara *glucose* yang terurai dengan *hydrogen* menghasilkan ion CO_3^{2-} . Ion CO_3^{2-} kemudian bereaksi dengan ion Ca^{2+} yang berasal dari *calcium acetate*. Kedua ion tersebut dibantu oleh mikroorganisme sebagai katalisator untuk menghasilkan kalsium karbonat (CaCO_3).

(Delvita, 2015) menjelaskan bahwa kalsium karbonat itu sendiri berbentuk kristal kecil yang tersusun atas tiga atom, yaitu atom C (hitam), atom Ca (biru), dan atom O (merah). Struktur kristal kalsium karbonat dapat diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kristal Kalsium Karbonat
Sumber: Haryona 2015

Pada buku (Putri, 2020) yang berjudul *“Bio-Based Materials For Repairing Cracks in Concrete: An Experimental Study”*, dijelaskan penelitian yang mengaplikasikan biomaterial pada retak beton. Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah biomaterial berbahan dasar ragi dapat menghasilkan endapan kalsium karbonat sehingga dapat memperbaiki retak pada beton hingga ukuran 0,6 mm.

Penelitian yang sama juga sudah dilakukan oleh (Putri, 2022) dalam Tugas Akhir yang berjudul *“Penggunaan Ragi (Dry Yeast) dengan Pelarut Air Suling $\text{pH} \geq 8$ sebagai Bahan Alternatif Perbaikan Retak Beton Berbasis Biomaterial”*. Penelitian tersebut menghasilkan endapan kalsium karbonat berbahan dasar ragi sebagai katalisator dengan pelarut air suling pH 8-9 dengan lama waktu endapan 7 hari. Rata-rata endapan kalsium karbonat yang didapatkan yaitu sebanyak 0,52 gram dengan konsentrasi ragi sebanyak 28-34 g/L.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, harus dilakukan uji coba pengaplikasian biomaterial pada retak mortar untuk mengetahui apakah biomaterial mampu menutupi retak pada mortar. Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang menggunakan biomaterial berbahan dasar ragi dengan konsentrasi yang sudah didapatkan pada penelitian (Putri, 2022) untuk diaplikasikan pada retak mortar dalam penelitian yang berjudul ***“Pengaplikasian Bio-Based Materials Berbahan Dasar Ragi untuk Memperbaiki Retak pada Mortar”***

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan diatas, dapat dijabarkan masalah sebagai berikut.

1. Penggunaan bahan *epoxy resin* dengan kandungan bahan kimia yang tidak ramah lingkungan.
2. Bahan *epoxy resin* sulit untuk menjangkau retak mortar yang kecil dan sempit karena viskositas yang rendah.
3. Menguji kemampuan bahan biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 untuk menutupi retak pada mortar.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi untuk mengetahui kemampuan biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 untuk menutupi retak pada mortar dengan konsentrasi bahan dan waktu pengendapan optimum yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya. Dalam hal ini mutu mortar diabaikan.

D. Rumusan Masalah

Dengan didaptkannya konsentrasi ragi dan waktu pengendapan kalsium karbonat yang optimum, maka didapatkan rumusan masalah:

1. Apakah endapan kalsium karbonat yang berasal dari campuran biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 dapat menutupi retak pada mortar?
2. Berpakah lebar retak mortar yang mampu ditutupi oleh endapan kalsium karbonat yang berasal dari campuran biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 .

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kemampuan endapan kalsium karbonat yang berasal dari campuran biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 dapat menutupi retak pada mortar.

2. Mengetahui lebar retak mortar yang mampu ditutupi oleh endapan kalsium karbonat yang berasal dari campuran biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 .

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan nilai kemampuan endapan kalsium karbonat yang berasal dari campuran biomaterial berbahan dasar ragi dengan pelarut air suling pH ≥ 8 menutupi retak pada mortar.
2. Dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti selanjutnya jika ingin melakukan penelitian yang serupa.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil uji permeabilitas pada retak mortar sebelum dan sesudah diinduksi biomaterial dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Persentase retak mortar tertutup kalsium karbonat tertinggi yaitu retak 0,4 mm sebesar 96,36% selama 3 hari diinduksi, retak 0,15 mm sebesar 99,81% selama 7 hari diinduksi, dan retak 0,2 mm sebesar 99,68% selama 14 hari diinduksi.
2. Persentase rata-rata retak mortar tertutup kalsium karbonat yaitu 70,97% pada golongan 3 hari diinduksi, 92,48% pada golongan 7 hari diinduksi, dan 98,52% pada golongan 14 hari diinduksi. Jadi, waktu penginduksian biomaterial pada retak mortar yang optimal yaitu selama 14 hari.
3. Retak mortar dengan lebar terkecil yaitu 0,05 mm tidak optimal tertutup oleh kalsium karbonat.

B. Saran

1. Memperpanjang waktu penginduksian biomaterial agar diketahui apakah kalsium karbonat dapat lebih optimal menutupi retak mortar.
2. Menggunakan Gelombang ultra sonik untuk menentukan dimensi retak pada mortar agar lebih akurat.
3. Menguji kekuatan mortar yang telah diinduksi biomaterial.
4. Mengaplikasikan biomaterial pada retak bangunan seperti dinding.
5. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan endapan larutan biomaterial dibagian atas permukaan retak dibersihkan secara rutin selama proses penginduksian biomaterial agar larutan biomaterial dapat mengisi celah-celah retak hingga bagian bawah retak mortar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, R. Y. (2009). *"Kuat Tekan Mortar dengan Berbagai Campuran Penyusun dan Umur"*. Media Komunikasi Teknik Sipil. Tahun 17, No. 1 Peberuari 2009
- Agustin, D., Wiswamitra, K. A., & Nurtanto, D. (2022). *"Sifat Mekanik Beton Ringan Menggunakan Geopolymer dengan Styrofoam Sebagai Substitusi Agregat Kasar"*. Siklus : Jurnal Teknik Sipil Vol 8 No. 1, April 2022, pp 124-135. Universitas Jember
- Almajed, A., Lateef, M. A., Moghal, A. A. B., & Lemboye, K. (2021). *"State-of-the-Art Review of the Applicability and Challenges of Microbial-Induced Calcite Precipitation (MICP) and Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) Techniques for Geotechnical and Geoenvironmental Applications"*. Crystals 2021, 11, 370. <https://doi.org/10.3390/cryst11040370>
- Almufid (2015). *"Beton Mutu Tinggi dengan bahan Tambahan"*. Jurnal Fondasi, Volume 4 No. 2. Universitas Muhammadiyah Tangerang. Banten
- Ariska, M., & Alawiyah, S. (2019). *"Mikroskop Digital Berbasis Kamera Smartphone"*. JIPFRI, Vol. 3 No. 2 Halaman: 108 – 112 November 2019. Universitas Sriwijaya.
- ASTM Standards. (2002). *"ASTM C 109/C 109M - 02 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens)"*. ASTM International. West Conshohocken. PA
- Chelcea, A., Parung, H., & Amiruddin, A. A. (2017). *"Studi Perbandingan Pola Retak pada Beton Normal dan Beton dengan Sambungan Model Takik Akibat Beban Siklik Lateral"*. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin
- Delvita, H., Djamas, D., & Ramli. (2015). *"Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Terhadap Karakteristik Kalsium Karbonat (Caco3) dalam Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) yang Terdapat di Kabupaten Pasaman"*. Pillar of Physics, Vol. 6. Oktober 2015, 17-24. Universitas Negeri Padang. Padang
- Fauzi, I. (2022). *"Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran dan Admixture Damdex Terhadap Kuat Tekan Beton pada Metode Self Healing Concrete"*. Tugas Akhir. Universitas Islam Riau. Pekanbaru
- Huda, K., & Adiyastuti, S. M. *"Pengaruh Keretakan Beton Terhadap Laju Difusi Klorida dan Permeabilitas"*. Program Magister Teknik Kelautan. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Indian Standard. (1986). *"IS 2720-17 Method of Test for Soils, Part 17: Laboratory Determination of Permeability [CED 43: Soil and Foundation Engineering]"*. Indian Standard Institution. New Delhi 110002