



# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

1. **VIABILITAS BAKTERI BASILIUS DALAM CAMPURAN GEOPOLIMER YANG BERFUNGSI SEBAGAI SELF HEALING AGENT**  
(Hafizul Furqan, Iskandar, Muhammad Reza)
2. **EVALUASI CONTRACT CHANGE ORDER PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN BLANG MEE-KUALA KEUREUTO BARAT KABUPATEN ACEH UTARA**  
(Hasrina Sari, Chairil Anwar, Faisal Rizal)
3. **STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ABU VULKANIK DAN ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO**  
(M. Ikhsan Rinaldi, Gusrizal, Mulizar)
4. **KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP PENGOPERASIAN JALAN NASIONAL KRUNG MANE-BUKETRATA, RUAS 008 PROVINSI ACEH**  
(Martnis, Kurniati, Syarifah Keumala Intan)
5. **PERENCANAAN ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL JALAN DENGAN MENGGUNAKAN DRONE SEBAGAI MEDIA MEMPEROLEH PETA KONTUR**  
(Muhammad Fhakrul Ricky, Syaifuddin, Teuku Riyadhshyah)
6. **ANALISA KINERJA LALU LINTAS SIMPANG TIGA LENGAN TIDAK BERSINYAL PADA JALAN BANDA ACEH-MEDAN SIMPANG REUBE KECAMATAN GRONG-GRONG KABUPATEN PIDIE**  
(Mukhraya, Gustina Fitri, Miswar)
7. **PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH NAGAN RAYA TERHADAP MORTAR KONVENSIONAL DENGAN FAS 0,5**  
(Nailul Muna, Amir Fauzi, Syukri)
8. **PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP PASIR PADA CAMPURAN LASTON AC-BC**  
(Rahmatur Ridha, Syarwan, Supardin)
9. **PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KOPI DAN AGREGAT HALUS ENDAPAN ABU VULKANIK BURNI TELONG PADA CAMPURAN LASTON AC-WC**  
(Sulistianti, Sulaiman AR, Khairul Miswar)
10. **PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR METODE Pt T-01-2002-B DAN MDP 2017 EDISI REVISI SERTA ANGGARAN BIAYA METODE AHSP 2016 PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-LOKOP SEGMENT I**  
(Wahyu Nahrul Firdaus, Hanafiah Hz, Rizal Syahyadi)

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

## Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

### Penasehat

Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe

### Penanggung Jawab

Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Politeknik Negeri Lhokseumawe

### Ketua Redaksi

Muhammad Reza, M.Eng.

### Sekretaris Redaksi

Erna Yusnianti, S.Si., M.Si.

### Dewan Editor:

Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng.	(Universitas Syiah Kuala)
Dr. Ir. Yuhanis Yunus, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Munardi, M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Ir. Samsul Bahri, M.Si.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Muliadi, S.T., M.T.	(Universitas Negeri Malikussaleh)
Syarwan, S.T., M.T.	(Politeknik Negeri Lhokseumawe)
Yulius Rief Alkhaly, S.T., M.Eng.	(Universitas Negeri Malikussaleh)

### Penyunting Pelaksana

Ibrahim, S.T., M.T.

### Pelaksana Tata Usaha

Hasanuddin, A.Md.

### Penerbit

Politeknik Negeri Lhokseumawe

### Alamat:

Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh–Medan Km 280,3 Buketrata  
Lhokseumawe 24301 P.O. Box 90  
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

## DAFTAR ISI

Dewan Redaksi .....	i
Daftar Isi .....	ii
Pengantar Redaksi .....	iii
<b>VIABILITAS BAKTERI BASILIUS DALAM CAMPURAN GEOPOLIMER YANG BERFUNGSI SEBAGAI SELF HEALING AGENT</b> (Hafizul Furqan, Iskandar, Muhammad Reza).....	1-7
<b>EVALUASI CONTRACT CHANGE ORDER PADA PROYEK PENINGKATAN JALAN BLANG MEE–KUALA KEUREUTO BARAT KABUPATEN ACEH UTARA</b> (Hasrina Sari, Chairil Anwar, Faisal Rizal).....	8-13
<b>STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN ABU VULKANIK DAN ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO</b> (M. Ikhsan Rinaldi, Gusrizal, Mulizar).....	14-19
<b>KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP PENGOPERASIAN JALAN NASIONAL KRUNG MANE–BUKETRATA, RUAS 008 PROVINSI ACEH</b> (Martnis, Kurniati, Syarifah Keumala Intan).....	20-24
<b>PERENCANAAN ALINYEMEN VERTIKAL DAN ALINYEMEN HORIZONTAL JALAN DENGAN MENGGUNAKAN DRONE SEBAGAI MEDIA MEMPEROLEH PETA KONTUR</b> (Muhammad Fhakrul Ricky, Syaifuddin, Teuku Riyadhsyah).....	25-32
<b>ANALISA KINERJA LALU LINTAS SIMPANG TIGA LENGAN TIDAK BERSINYAL PADA JALAN BANDA ACEH-MEDAN SIMPANG REUBE KECAMATAN GRONG-GRONG KABUPATEN PIDIE</b> (Mukhraya, Gustina Fitri, Miswar).....	33-40
<b>PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH NAGAN RAYA TERHADAP MORTAR KONVENSIONAL DENGAN FAS 0,5</b> (Nailul Muna, Amir Fauzi, Syukri).....	41-50
<b>PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP PASIR PADA CAMPURAN LASTON AC-BC</b> (Rahmatur Ridha, Syarwan, Supardin).....	51-58
<b>PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KOPI DAN AGREGAT HALUS ENDAPAN ABU VULKANIK BURNI TELONG PADA CAMPURAN LASTON AC-WC</b> (Sulistianti, Sulaiman AR, Khairul Miswar).....	59-65
<b>PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR METODE Pt T-01-2002-B DAN MDP 2017 EDISI REVISI SERTA ANGGARAN BIAYA METODE AHSP 2016 PADA PENINGKATAN JALAN PEUREULAK-LOKOP SEGMENT I</b> (Wahyu Nahrul Firdaus, Hanafiah Hz, Rizal Syahyadi).....	66-75
<b>Pentunjuk Penulisan Artikel Ilmiah</b> .....	76

# JURNAL SIPIL SAINS TERAPAN

## Jurnal Hasil-Hasil Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil

### PENGANTAR REDAKSI

*Assalamualaikum wr wb.*

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Sipil Sains Terapan Volume 03 Nomor 02 Edisi September 2020 dapat diterbitkan. Jurnal Sipil Sains Terapan ini merupakan jurnal hasil Tugas Akhir dari Mahasiswa Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Jurnal Sipil Sains Terapan ini terbit secara berkala dengan frekuensi terbitan sebanyak 2 (dua) kali dalam setahun. Pada Volume 03 Nomor 02 Edisi September 2020 ini terdapat 10 (sepuluh) artikel. Artikel-artikel yang tergabung di dalam Jurnal Sipil Sains Terapan ini meninjau dari sisi teknik maupun manajemen dalam perencanaan jalan dan jembatan.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penerbitan Jurnal Sipil Sains Terapan ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan terhadap Jurnal Sipil Sains Terapan pada edisi-edisi yang berikutnya untuk memperkaya keilmuan terkait perencanaan jalan dan jembatan.

**Redaksi**

# VIABILITAS BAKTERI BASILIUS DALAM CAMPURAN GEOPOLIMER YANG BERFUNGSI SEBAGAI SELF HEALING AGENT

Hafizul Furqan<sup>1</sup>, Iskandar<sup>2</sup>, Muhammad Reza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: [hafizulfurqan2@gmail.com](mailto:hafizulfurqan2@gmail.com)

<sup>2</sup> Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: [iskandar\\_ts@pnl.ac.id](mailto:iskandar_ts@pnl.ac.id)

<sup>3</sup> Dosen, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, email: [muhammadreza@pnl.ac.id](mailto:muhammadreza@pnl.ac.id)

## ABSTRAK

Keretakan pada permukaan beton merupakan masalah besar dan memerlukan biaya perbaikan yang besar, apalagi jika keretakan tersebut berada pada lokasi yang sulit dijangkau, jika tidak ditanggulangi keretakan akan menimbulkan kerusakan pada tulangan. Pengembangan mikroorganisme yang ditanamkan pada beton, keretakan dapat segera tertanggulangi dengan kristal kalsium karbonat yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Penelitian ini dilakukan terhadap beton geopolimer yang merupakan salah satu inovasi dalam menggantikan beton konvensional, dikarenakan lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan keretakan yang terjadi pada geopolimer. Penelitian ini menggunakan *fly ash* dari PLTU Nagan Raya dan bakteri *basilius subtilis* yang berperan sebagai *self healing agent*. Prosedur untuk pengikat mortar geopolimer mengacu pada prosedur konvensional. Metode yang digunakan untuk pengujian UPV mengacu pada standar ASTM C 597-02 IDT. Penelitian ini dilakukan terhadap 3 jenis konsentrasi NaOH yaitu 4M, 10M dan 16M, dengan rasio pencampuran larutan NaOH/Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> = 2,5. Variasi bakteri *b. subtilis* dan kalsium laktat adalah 1%+2%; 1,5%+3% dan 2%+4%. Benda uji yang digunakan adalah mortar kubus berukuran 10x10x10 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 48 buah, pengujian dilakukan pada umur 14, 21 dan 28 hari. Hasil pengukuran menunjukkan nilai terendah berada pada pH 11,71 dan nilai tertinggi pada pH 12,61. Maka dapat disimpulkan bakteri tersebut mampu bertahan hidup pada 3 jenis konsentrasi NaOH. Hasil dari pengujian UPV menunjukkan bahwa semakin bertambahnya umur mortar maka semakin tinggi pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan. Tetapi hal sebaliknya terjadi pada nilai UPV yang mana semakin bertambahnya persentase kandungan bakteri maka semakin menurun pula pertumbuhan dari bakteri dalam menutupi retakan, dengan nilai persentase optimum pertumbuhan bakteri sebesar 38,45%.

**Kata kunci:** keretakan, geopolimer, bakteri *basilius subtilis*, pH, UPV

## I. PENDAHULUAN

Keretakan pada permukaan beton merupakan masalah besar dan memerlukan biaya perbaikan yang tidak sedikit. Apalagi jika keretakan tersebut berada pada lokasi yang sulit dijangkau, atau bahkan pada titik yang lepas dari pengamatan seperti di bawah permukaan air dan tanah. Salah satunya jika tidak segera ditanggulangi, keretakan akan menimbulkan kerusakan selanjutnya pada tulang besi yang menjadi semakin korosif.

Dengan pengembangan mikroorganisme yang ditanamkan pada beton, keretakan akan segera tertanggulangi dengan sendirinya. Mikroorganisme tersebut dapat memproduksi kristal kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang dengan segera menutupi rongga-rongga keretakan. Dengan keberadaan kalsium dan karbon dioksida memungkinkan mikroorganisme menghasilkan kalsium karbonat (Tziviloglou dkk., 2016).

Geopolimer adalah material pengikat alternatif sebagai pengganti semen. Pada geopolimer, larutan alkali digunakan untuk mengaktifkan mineral yang berasal dari tambang (*metakaolin*) atau produk samping industri (*fly ash*) yang mengandung silica (Si) dan alumina (Al) sehingga akan membentuk struktur polimer tiga dimensi. Proses geopolimerisasi meliputi

reaksi kimia dalam kondisi basa pada mineral Al-Si, yang akan melepaskan ikatan Si-O-Al-O (Kim,D. 2006).

Beton geopolimer merupakan salah satu inovasi dalam menggantikan beton konvensional, dikarenakan memiliki beberapa keunggulan, yakni: lebih ramah lingkungan (dalam proses pembuatannya tanpa melepas emisi CO<sub>2</sub> ke atmosfer), tingkat workabilitas yang tinggi (mudah mengalir atau *self leveling*), lebih tahan terhadap serangan kimia (sulfat, asam, dan klorida), dan lebih tahan terhadap temperatur tinggi (Provis dan Deventer, 2009; Abdullah dkk, 2013). Namun geopolimer memiliki karakteristik yang sangat getas sehingga mudah terjadi retakan pada permukaannya. Tidak sama seperti beton konvensional yang terbentuk dari reaksi hidrasi.

## II. METODOLOGI

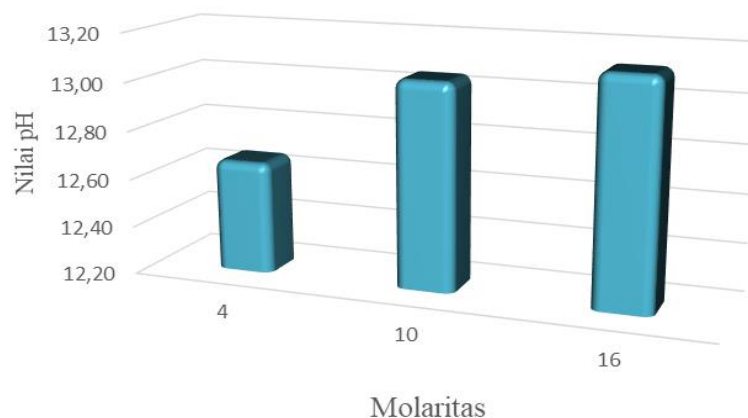
Penyelidikan ini akan mengevaluasi tingkat pertumbuhan bakteri yang digunakan dalam beton geopolimer dan membahas persentase kemampuan bertahan hidup dari *self healing* yang digunakan dengan menggunakan alat pH meter, *ultrasonic pulse velocity* (UPV) dan di dukung menggunakan alat mikroskop digital.

Perencanaan *mix design* dalam penelitian ini bertujuan untuk menghitung proporsi material-material penyusun mortar geopolimer dan material *self healing*. Material yang digunakan untuk membuat mortar geopolimer adalah *fly ash* yang berasal dari PLTU Nagan Raya, campuran larutan natrium hidroksida (NaOH) 10M dan natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dengan rasio tertentu sebagai larutan alkali (LA), dan pasir. Sedangkan material *self healing* adalah bakteri *bacillus subtilis subtilis* dan Kalsium Laktat.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Mengukur pH Larutan Alkali Aktivator

Pengukuran pH larutan alkali aktivator dilakukan setelah mencampur larutan NaOH dengan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Hasil pengukuran pH larutan alkali aktivator dapat dilihat pada Gambar 1

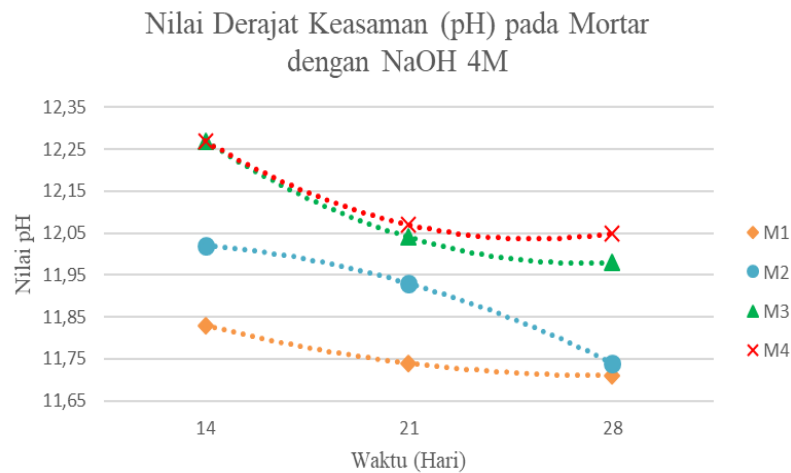


Gambar 1 Hasil pengukuran pH larutan alkali aktivator

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai derajat keasaman (pH) pada 3 jenis konsentrasi NaOH yang diteliti mengalami peningkatan terhadap nilai pH. Hal ini dikaitkan dengan semakin tinggi molaritas dari larutan NaOH maka semakin pekat konsentrasi NaOH tersebut.

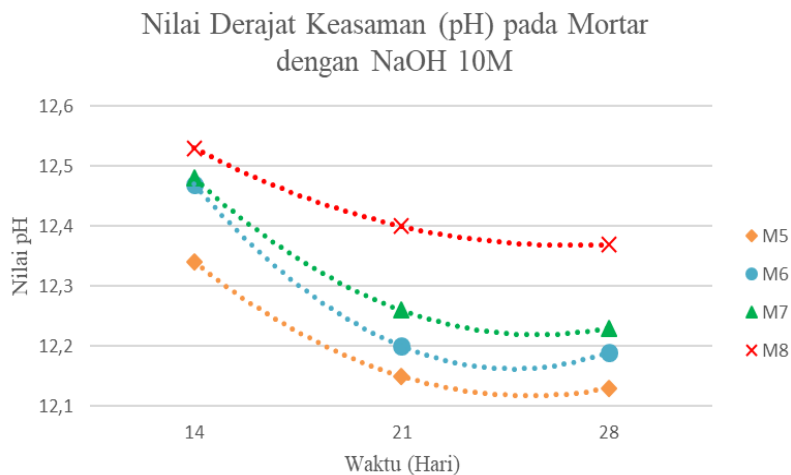
### B. Mengukur pH Mortar Geopolimer

Pengukuran nilai pH mortar geopolimer dilakukan pada benda uji yang sama saat mortar berumur 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Pengukuran nilai pH mortar dilakukan pada 3 jenis konsentrasi NaOH, yaitu 4 mol, 10 mol, dan 16 mol.



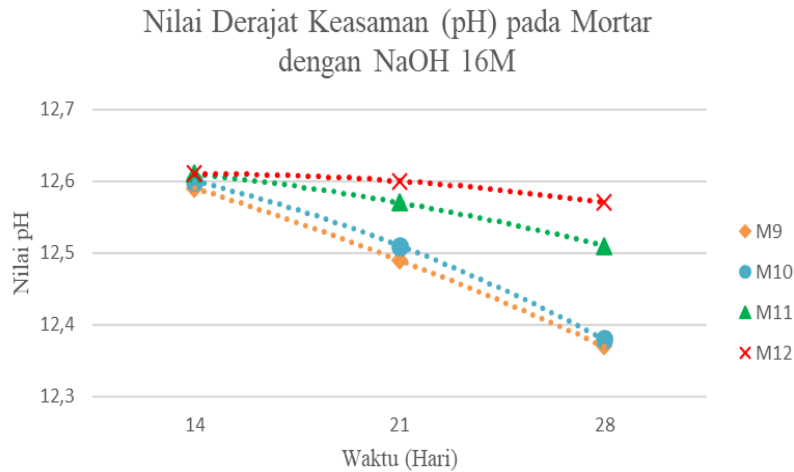
Gambar 2 Nilai derajat keasaman (pH) mortar pada molaritas 4

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa nilai pH mortar pada molaritas 4 akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi persentase bakteri yang terkandung di dalam mortar. Namun, dari gambar juga terlihat bahwa seiring bertambahnya usia mortar maka nilai pH akan mengalami penurunan.



Gambar 3 Nilai derajat keasaman (pH) mortar pada NaOH molaritas 10

Berdasarkan Gambar 3 terlihat hal yang sama terjadi seperti Gambar 2 yang menjelaskan bahwa nilai pH mortar pada molaritas 10 akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi persentase bakteri yang terkandung di dalam mortar. Namun, dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai pH mortar menuju umur 21 hari mengalami penurunan yang besar. Sedangkan, pada umur mortar menuju 28 hari penurunan nilai pH mortar mengalami pelambatan yang mana hal ini menunjukkan bahwa nilai pH mortar pada molaritas 10 sudah stabil.



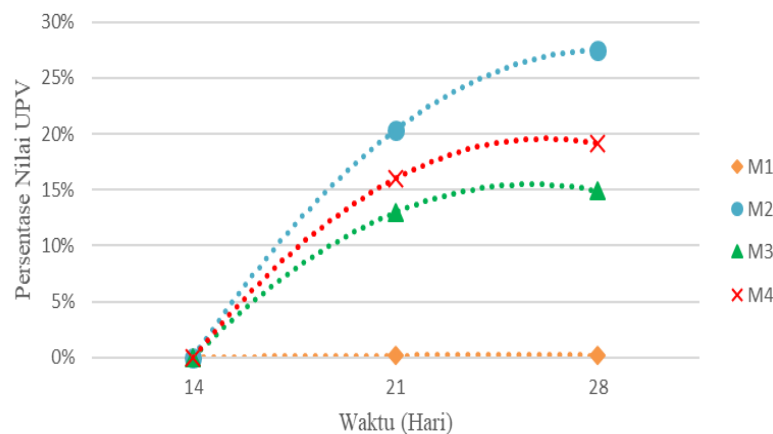
Gambar 4 Nilai derajat keasaman (pH) mortar pada NaOH molaritas 16

Berdasarkan Gambar 4 juga terlihat hal yang sama terjadi seperti Gambar 3 dan Gambar 2 yang menjelaskan bahwa nilai pH mortar pada molaritas 16 akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi persentase bakteri yang terkandung di dalam mortar. Namun, dari Gambar 4 menunjukan bahwa kestabilan penurunan nilai pH mortar pada umur 14, 21 dan 28 hari.

Berdasarkan Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 dapat di simpulkan bahwa nilai pH mortar akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi persentase bakteri yang terkandung di dalam mortar. Namun, seiring bertambahnya usia mortar maka nilai pH akan mengalami penurunan.

#### C. Pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

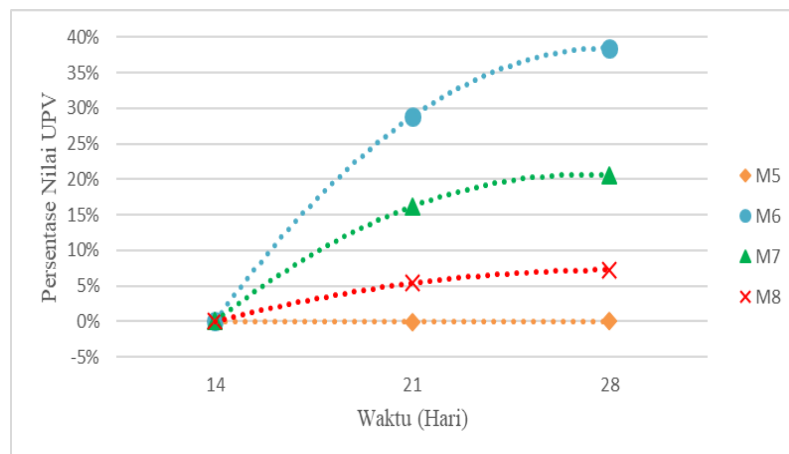
Kecepatan rambat gelombang melalui *ultrasonic pulse velocity test* (UPV) bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri *basilius subtilis* menutup retakan pada mortar. Waktu pengujian pada umur 14, 21 dan 28 hari. Menggunakan alat *portable unit non destruction indicator tester* (PUNDIT) yang tersedia di Laboratorium Uji Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe. Hasil pengujian UPV dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 5 Nilai UPV mortar pada NaOH molaritas 4

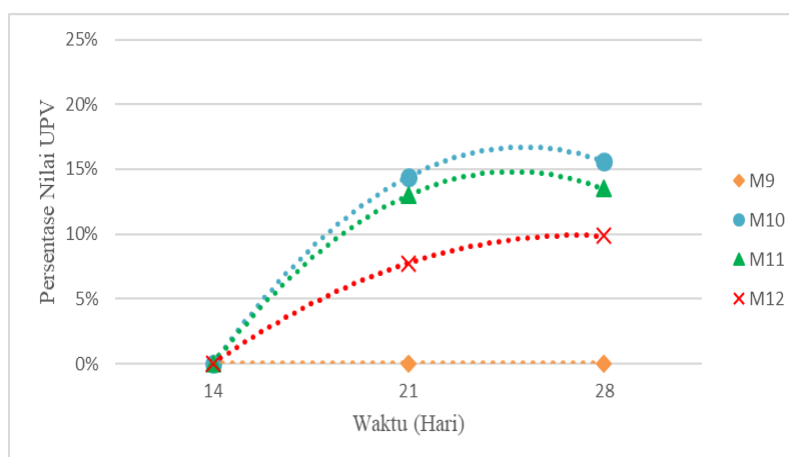
Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa semakin bertambahnya umur mortar maka nilai pengujian UPV juga akan semakin mengecil yang berarti rongga dalam mortar sudah mulai

tertutupi. menunjukkan nilai UPV dalam bentuk persentase yang mana semakin bertambahnya umur mortar maka semakin tinggi persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan pada mortar. Persentase optimum pertumbuhan bakteri pada NaOH molaritas 4 berada di mix 2 dengan nilai persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan adalah sebesar 27,51%.



Gambar 6 Nilai UPV mortar pada NaOH molaritas 10

Berdasarkan Gambar 6 menjelaskan bahwa semakin bertambahnya umur mortar maka nilai pengujian UPV pada mortar dengan NaOH molaritas 10 juga akan semakin mengecil yang berarti rongga dalam mortar sudah mulai tertutupi. Gambar 6 menunjukkan nilai pengujian UPV dalam bentuk persentase yang mana semakin bertambahnya persentase kandungan bakteri di dalam mortar maka semakin menurun pula persentase pertumbuhan bakteri dalam mortar. Sedangkan, semakin bertambahnya umur mortar maka semakin tinggi persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan pada mortar. Persentase optimum pertumbuhan bakteri pada NaOH molaritas 10 berada di mix 6 dengan nilai persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan adalah sebesar 38,45%.



Gambar 7 Nilai UPV mortar pada NaOH molaritas 16

Berdasarkan Gambar 7 menjelaskan bahwa semakin bertambahnya umur mortar maka nilai pengujian UPV pada mortar dengan NaOH molaritas 16 juga akan semakin menurun, menunjukkan nilai pengujian UPV dalam bentuk persentase yang mana semakin bertambahnya kandungan persentase bakteri di dalam mortar maka semakin menurun pula persentase pertumbuhan bakteri dalam mortar. Sedangkan, semakin bertambahnya umur mortar maka semakin tinggi persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan pada mortar.

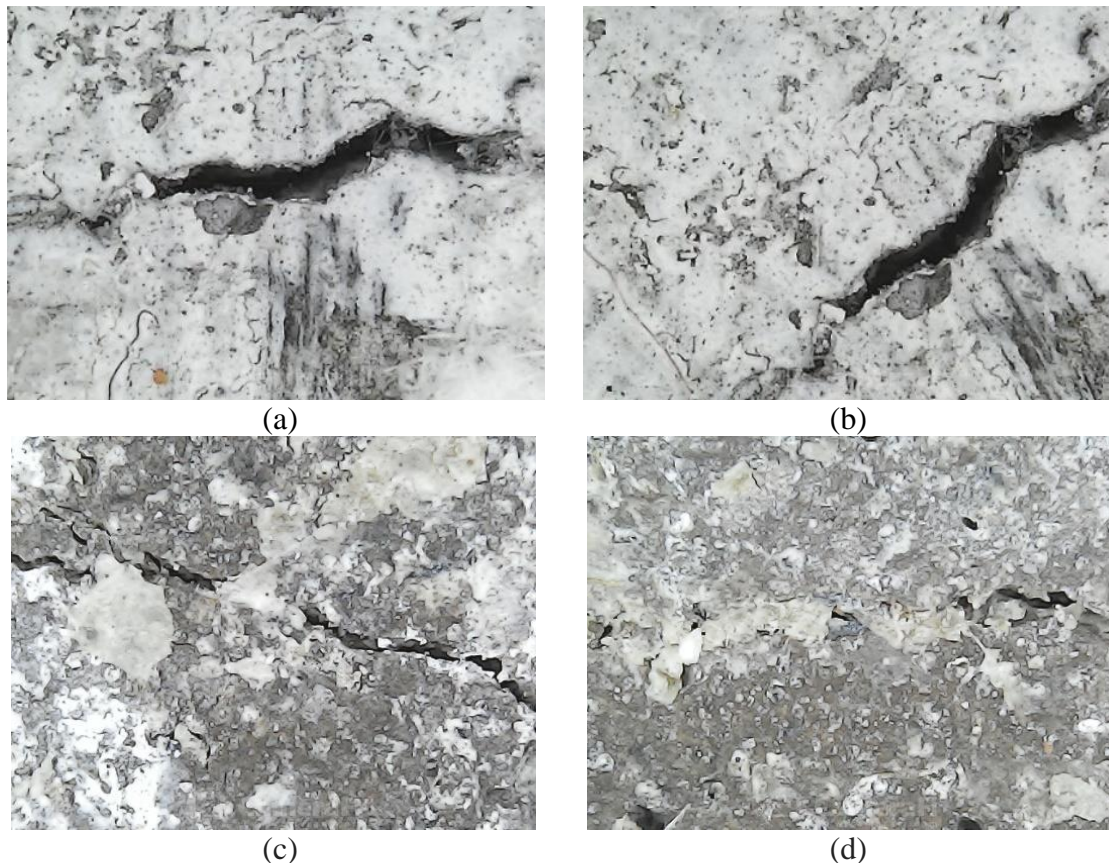
Persentase optimum pertumbuhan bakteri pada NaOH molaritas 16 berada di mix 10 dengan nilai persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan adalah sebesar 15,60%.

Jika membandingkan nilai persentase pertumbuhan bakteri dalam mortar pada NaOH 4 mol, 10 mol dan 16 mol terlihat bahwa persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan tertinggi terjadi pada NaOH molaritas 10. Hal ini dikarenakan NaOH dengan molaritas 10 memiliki tingkat keasaman (pH) yang sesuai dengan lingkungan yang dibutuhkan oleh bakteri *bacillus subtilis* dalam proses berkembang biak.

Berdasarkan Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa nilai pengujian UPV akan mengalami penurunan yang berarti persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan pada mortar mengalami peningkatan seiring bertambahnya usia mortar. Dengan demikian, persentase optimum pertumbuhan bakteri *bacillus subtilis* dari 3 jenis konsentrasi NaOH yang berbeda terdapat pada mix 6 pada NaOH molaritas 10 dengan nilai sebesar 38,45%.

#### D. Digital Image

Pengamatan dilakukan menggunakan alat mikroskop digital untuk mengamati keretakan pada permukaan mortar geopolimer tanpa campuran bakteri *bacillus subtilis* dan permukaan mortar geopolimer yang mengandung bakteri dan kalsium laktat dengan variasi yang dipilih berdasarkan persentase optimum pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan pada pengujian UPV. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, berdasarkan hasil pengujian (UPV), menunjukkan persentase optimum pertumbuhan bakteri dalam menutupi keretakan pada mortar terdapat pada mix 6 dengan NaOH molaritas 10 yaitu sebesar 38,45%. Hasil pengamatan keretakan pada permukaan mortar dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8: (a) Permukaan mortar tanpa bakteri pada umur 14 hari. (b) Permukaan mortar tanpa bakteri pada umur 30 hari. (c) Permukaan mortar optimum pengujian UPV pada umur 14 hari. (d) Permukaan mortar optimum pengujian UPV pada umur 30 hari.

Berdasarkan pengujian UPV yang telah dilakukan sebelumnya dimana mortar diberi beban tekan sebesar 50% dari beban maksimum yang mampu diterima oleh mortar pada umur 14 hari, yang berarti pada umur mortar 14 hari baru dimulainya pertumbuhan bakteri *basilius subtilis* dalam menutupi keretakan pada mortar. Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat mikroskop digital terlihat bahwa keretakan pada permukaan mortar tanpa campuran bakteri di umur 14 hari (Gambar 8a) dan umur 30 (Gambar 8d) hari terlihat sama dimana ukuran keretakan pada mortar tidak mengalami perubahan. Sedangkan, pada permukaan mortar dengan NaOH molaritas 10 yang mengandung bakteri dan kalsium laktat sebesar 17 gr + 34 gr dari hasil pengamatan terlihat bahwa pada umur 30 hari (Gambar 8d) bakteri *basilius subtilis* berhasil hidup dan menutupi keretakan pada mortar dengan nutrisi kalsium laktat yang terkandung di dalam senyawa mortar geopolimer, sehingga bakteri *basilius subtilis* menghasilkan enzim berbentuk putih yang senyawa dasarnya hampir sama dengan senyawa kapur seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8d.

#### IV. SIMPULAN

Bakteri *basilius subtilis* mampu bertahan hidup pada 3 jenis konsentrasi NaOH yaitu 4 mol, 10 mol, dan 16 mol. Nilai dekarat keasaman (pH) pada mortar geopolimer menunjukkan semakin tinggi konsentrasi NaOH maka semakin tinggi nilai pH mortar, pada 4 mol nilai pH mortar terendah berada pada pH 11,71 sedangkan nilai pH tertinggi berada pada pH 12,27, pada 10 mol nilai pH mortar terendah berada pada pH 12,13 sedangkan nilai pH tertinggi berada pada pH 12,53, dan pada 16 mol nilai pH mortar terendah berada pada pH 12,37 sedangkan nilai pH tertinggi berada pada pH 12,61.

Berdasarkan pengujian UPV yang dilakukan pada 3 jenis konsentrasi NaOH dan 3 jenis variasi bakteri *basilius subtilis* + kalsium laktat dengan komposisi seperti terlampir pada Tabel 3.1 rincian jumlah kebutuhan material untuk pembuatan benda uji. Maka setelah mengalami proses perawatan benda uji, pengujian UPV dilakukan pada 14 hari, 21 hari dan 28 hari untuk mengetahui kemampuan bakteri *basilius subtilis* menutup retakan pada mortar geopolimer. Berdasarkan pengujian UPV yang dilakukan dapat dilihat hasil berupa pada konsentrasi NaOH molaritas 4, 10 dan 16 semakin bertambahnya umur mortar maka semakin tinggi persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan pada mortar. Tetapi hal sebaliknya terjadi pada nilai UPV yang mana semakin bertambahnya persentase kandungan bakteri di dalam mortar maka semakin menurun pula persentase pertumbuhan bakteri dalam mortar. Maka dapat disimpulkan bahwa persentase optimum pertumbuhan bakteri dari 3 jenis konsentrasi NaOH yang berbeda terdapat pada mix 6 dengan variasi 1% bakteri *b.subtilis* dan 2% kalsium laktat dengan nilai konsentrasi NaOH molaritas 10 didapat nilai persentase pertumbuhan bakteri dalam menutupi retakan adalah sebesar 38,45%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. M., Razak, R. A., Yahya, Z., Hussin, K., Ming, L. Y., Yong, H. C., et al. (2013). *Asas Geopolimer (Teori & Amali)* (1st ed.). Perlis: Unit Penerbitan Universiti Malaysia Perlis.
- Chang, Raymond, *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti*, Jilid 1, Edisi ketiga, Jakarta: Erlangga, 2004.
- Sofi, M., van Deventer, J.S.J., Mendis, P.A. & Lukey, G.C. 2007. Engineering properties of inorganic polymer concretes (IPCs). *Cement & Concrete Research* 37: 251-257.
- Van Jaarsveld, J.G.S, van Deventer, J.S.J. & Lukey, G.C. 2002. The effect of composition and temperature on the properties of fly ash and kaolinite based geopolymers. *Chemical Engineering Journal* 89: 63-73.
- Van Jaarsveld, J.G.S, van Deventer, J.S.J. & Lukey, G.C. 2003. The characterisation of source materials in fly ashbased geopolymers. *Material Letters* 57: 1272-1280.
- Xu, H. & van Deventer, J.S.J. 2002. Geopolymerisation of multiple materials. *Mineral Engineering* 15: 1131-1139.

**Alamat Redaksi:**

Jurusan Teknik Sipil  
Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh–Medan Km. 280,3 Buketrata  
Lhokseumawe, 24301. P.O. Box 90  
Website: sipil.pnl.ac.id, email: pjj@pnl.ac.id

