

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data pengujian benda uji mortar, sehingga dapat diambil kesimpulan untuk uji eksperimental mortar *self healing* dengan variasi kadar bakteri *bacillus subtilis* adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis berat jenis dengan mengambil data berat benda uji dan dimensi benda uji, diperoleh berat jenis untuk mortar *self healing* umur 7 hari untuk variasi I (0% bakteri), variasi II (1% bakteri), (1,5% bakteri) dan variasi IV (2% bakteri) berturut-turut sebesar 2168,005 kg/m³, 2117,242 kg/m³, 2135,009 kg/m³ dan 2138,187 kg/m³. Sedangkan diperoleh berat jenis untuk mortar *self healing* umur 28 hari untuk variasi I (0% bakteri), variasi II (1% bakteri), (1,5% bakteri) dan variasi IV (2% bakteri) berturut-turut sebesar 2178,051 kg/m³, 2102,630 kg/m³, 2118,979 kg/m³ dan 2144,201 kg/m³. Maka untuk seluruh variasi dan umur uji termasuk mortar berat normal karena berat jenis lebih dari 2000 kg/m³.
2. Berdasarkan hasil *slump flow* pada saat pengadukan diperoleh bahwa nilai *slump flow* untuk variasi 0% bakteri diperoleh sebesar 12,5 cm. Nilai *slump flow* untuk variasi 1% bakteri diperoleh sebesar 19 cm, untuk nilai *slump flow* untuk variasi 1,5% bakteri diperoleh sebesar 17,5 cm. Sedangkan untuk nilai *slump flow* untuk variasi 2% bakteri diperoleh sebesar 20 cm. Terjadi perbedaan nilai *slump flow* dikarenakan tidak dilakukan koreksi air terhadap *liquid*.
3. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tekan yang dilakukan diperoleh bahwa kekuatan tekan rata-rata untuk variasi 0% bakteri sebesar 35,046 MPa. Kekuatan tekan rata-rata untuk variasi 1% bakteri sebesar 32,181 MPa. Kekuatan tekan rata-rata untuk variasi 1,5% bakteri sebesar 31,477 MPa. Sedangkan untuk kekuatan rata-rata untuk variasi 2% bakteri sebesar 29,654 MPa. Dengan penambahan jumlah bakteri maka akan menurunkan

kekuatan tekan mortar *self healing*, namun hal ini dapat terjadi dikarenakan nilai *water to cement ratio* aktual berbeda-beda.

4. Berdasarkan hasil pengujian modulus elastisitas yang dilakukan diperoleh bahwa modulus elastisitas rata-rata untuk variasi I (0% bakteri) sebesar 20751,62 MPa. Untuk variasi II (1% bakteri) sebesar 17410,534 MPa. Untuk variasi III (1,5% bakteri) sebesar 16479,62 MPa. Sedangkan untuk variasi IV (2% bakteri) sebesar 15950,269 MPa. Maka untuk keseluruhan variasi terjadi penurunan modulus elastisitas dimana penurunan dapat disebabkan karena nilai *water to cement ratio* aktual yang berbeda untuk setiap variasi.
5. Dari hasil analisis *poisson's ratio* yang dilakukan diperoleh *poisson ratio* berkisar antara 0,24-0,27. Sehingga *poisson's ratio* rata-rata untuk variasi I (0% bakteri) sebesar 0,239, untuk variasi II (1% bakteri) sebesar 0,274, untuk variasi III (1,5% bakteri) sebesar 0,252 dan untuk variasi IV (2% bakteri) sebesar 0,243.
6. Dari hasil analisis modulus geser yang dilakukan diperoleh bahwa nilai modulus geser untuk pemberian bakteri 1%, 1,5% dan 2% lebih kecil dibandingkan dengan mortar normal. Sehingga nilai modulus geser rata-rata untuk variasi I (0% bakteri) sebesar 8373,667 MPa, untuk variasi II (1% bakteri) sebesar 6829,607 MPa, untuk variasi III (1,5% bakteri) sebesar 6582,790 MPa, dan untuk variasi IV (2% bakteri) sebesar 6415,862 MPa.
7. Berdasarkan hasil analisis kekuatan tekan, modulus geser, dan modulus elastisitas, bahwa untuk penggunaan bakteri secara maksimal yaitu menggunakan mortar *self healing* variasi II (1% bakteri) dikarenakan apabila dibandingkan mortar *self healing* variasi I (0% bakteri) memiliki kekuatan tekan yang paling besar apabila dibandingkan dengan variasi III (1,5% bakteri) dan variasi IV (2% bakteri).
8. Berdasarkan hasil perbandingan kuat tekan dengan kuat tekan *artificial crack* pada hari ke-28 dimana retakan sudah menutup, Untuk variasi I (0% bakteri) memiliki selisih perbedaan antara kedua nilai kuat tekan sebesar 12,122%, sedangkan untuk variasi II, III, IV memiliki kecenderungan nilai kekuatan tekan untuk benda uji kubus biasa dan *artificial crack* memiliki

nilai kecenderungan saling mendekati. Sehingga dengan pemberian bakteri ke dalam campuran mortar, ketika terjadi retakan dan dilakukan *curing* selama 28 hari maka kuat tekannya akan mendekati kuat tekan mortar tanpa ada retakan.



5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa faktor yang perlu ditingkatkan atau diperbaiki apabila melakukan pengembangan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, metode pencampuran bakteri ke dalam campuran mortar menggunakan metode langsung atau larutan bakteri dicampurkan langsung, sehingga perlu mempertimbangkan metode enkapsulasi pada bakteri.
2. Pada penelitian ini, metode perawatan atau *curing* menggunakan metode perendaman menggunakan air, sehingga terdapat beberapa metode lain yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian ini.
3. Pada penelitian ini, bakteri yang akan digunakan dibuat dalam jumlah terbatas serta bakteri hanya dapat maksimal dua hari setelah dikembangbiakan. Sehingga apabila ingin membuat dalam jumlah yang lebih besar membutuhkan peralatan dan fasilitas yang lebih lengkap dan memadai.
4. Pada penelitian ini, Tidak dilakukan koreksi air terhadap *liquid* yang dipakai, sehingga perlu mempertimbangkan koreksi air karena akan menghasilkan nilai W/C yang sama setiap variasi.
5. Pada penelitian ini, dibutuhkan peralatan seperti SEM (*Scanning Electron Microscope*), untuk melakukan pengamatan mikroorganisme sehingga dapat memastikan bahwa bakteri *bacillus subtilis* dapat diamati dalam campuran mortar *self healing*. Karena peralatan yang ada saat ini belum cukup memadai dalam pengamatan mikroorganisme.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 33-03, 2002, *Standard Specification for Concrete Aggregates*, American Standard Testing and Material,
- ASTM C109-10, 2010, *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars*, American Standard Testing and Material
- ASTM C128-10, 2010, *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*, American Standard Testing and Material,
- ASTM C270-10, 2010, *Standard Specification for Mortar for Unit Masonary*, American Standard Testing and Material,
- ASTM C469-02, 2002, *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*, American Standard Testing and Material
- ASTM C1437-10, 2010, *Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar*, American Standard Testing and Material,
- Huseien et al, 2022, *Self healing Cementious Material Technology*.
- Khaliq, W. & Ehsan, M.B., 2016. Crack Healing in Concrete Using Various Bio Influenced Self-Healing Techniques, *Construction and Building Materials*, 102(1), hal. 349-357,
- Kumar, B.G., Prabhakara P. & Pushpa H.,2013, Effect of Bacterial Calcite Precipitation on Compressive Strength of Mortar Cubes, *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2(3),hal. 486-491
- Nugroho, A., Satyarno, I. & Subyakto, 2015, *Bacteria as Self-Healing Agent in Mortar Cracks*, , *J.Eng. Technol. Sci.*, Vol. 47, No. 3, 2015, hal.279-295.
- Orozco, C.R. & Urbino I.J.A., 2022, *Self-Healing of Cracks in Concrete using Bacillus cibi with Different Encapsulation Techniques*, *J.Eng. Technol. Sci.*, Vol. 54, No. 3, 2022, hal. 506-517.
- Santos, Mario. 2023. *Studi Eksperimental Kekuatan Lentur Mortar Self healing Variasi Kadar Bakteri Bacillus Subtilis*. Universitas Katolik Parahyangan : Bandung.
- SNI 03-2847-2002, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standar Nasional,

SNI 03-6825-2002, 2002, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*, Badan Standar Nasional,

SNI 15-7064-2004, 2004, *Semen Portland Komposit*, Badan Standar Nasional,

SNI 2049-2015, 2015, *Semen Portland*, Badan Standar Nasional,

Vijay, K., Murmu, M. & Deo, S.V., 2017. Bacteria Based Self-Healing Concrete – A Review, *Construction and Building Materials*, 152, hal.1008-1014,

Luhar, Salmabanu dkk, 2015, *A review paper on self healing concrete*, Researchgate.

Puspita, Fifi dkk, 2017, *Isolasi dan Karakterisasi Morfologi dan Fisiologi Bacillus sp. Endofitik dari Tanaman Kelapa Sawit*, Universitas Riau

