

PENGARUH VARIASI VOLUME PENGENCERAN BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* TERHADAP SIFAT FISIK BETON PADA LINGKUNGAN SULFAT

Suziela Sails¹⁾, Zulfikar Djauhari²⁾, Enno Yuniarto²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : suziela.sails@student.unri.ac.id

ABSTRACT

*Concrete is a material that generally becomes a necessity as a support for infrastructure. Concrete has various advantages so it is chosen in the field of construction. During the construction, several weakness were found w in concrete that can make cracks and cause performance in concrete being decreased. To overcome this issue, cracks on concrete can be self-recovered, called self healing concrete. In this study, bacteria *Bacillus Subtilis* was used as a medium that can restore cracks in concrete. In this study, ingredients added with *bacillus subtilis* bacteria with a concentration of 10^5 cells / 20 ml, 10^5 cells / 25 ml, and 10^5 cells / 30 ml of 25 ml in each casting were then treated in sulfate solution and studied physical properties. Normal concrete is compared with bacterial concrete with different concentrations at 28 and 56 days of treatment in water sulphate. . Concrete testing performed is workability, porosity, and shrinkage. The results of this study indicate that the slump in sulfur bacteria 10^5 cells / 20 ml is 9.50 cm, porosity in the concrete bacteria sulfate 10^5 cells / 20 ml is lower than the other types of concrete with a value of 13.54%. Shrinkage on concrete sulfate bacteria 10^5 cells / 20 ml is lower than other types of concrete with shrinkage of 0.071 mm or 71 μ m. So that it can be concluded that the bacterial sulfate 10^5 cells / 20 ml concrete is the most optimum with added bacterial ingredients in the sulfate environment.*

Keywords: Concrete, Bacillus subtilis bacteria, physical properties, sulfate, concentration

A. PENDAHULUAN

Seiring waktu berjalan, Beton merupakan pilihan utama dalam pembangunan konstruksi. Menurut Mulyono (2010), selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan beton membutuhkan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah lapangan pekerjaan. Kelangsungan proses pada beton ini berupa pencampuran beton langsung di lapangan.

Inovasi dilakukan guna memenuhi kebutuhan konstruksi. Hal ini bertujuan untuk mengatasi kelemahan pada beton agar kualitas dan kinerja beton maksimal. Salah satu inovasi pada beton adalah beton

pulih mandiri atau disebut *self healing concrete*. Pada inovasi ini bakteri *bacillus subtilis* dijadikan sebagai media yang dapat memulihkan keretakan pada beton. Beton bakteri dapat menahan beban lebih besar dikarenakan bakteri bereaksi dengan air dan akan menghasilkan zat kapur sehingga kondisi beton yang ditambah dengan bakteri lebih padat dari pada beton normal (Desmolestari, 2018).

Air gambut mengandung senyawa organik dan senyawa asam yang dapat merusak keawetan dan kekuatan beton. Lapisan tanah bawah pada gambut terdiri dari endapan marin yang terdapat senyawa sulfat yang berasal dari oksida senyawa sulfur. Maka dari itu perlu dilakukan

penelitian tentang pengaruh bahan tambah bakteri *bacillus subtilis* terhadap sifat fisik beton yang dilakukan perawatan di lingkungan sulfat.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Beton merupakan material yang paling sering digunakan dalam pengaplikasian teknik sipil. Penggunaan beton dalam dunia konstruksi didukung oleh beberapa keunggulan yang dimiliki beton.

B.2 Material Penyusun Beton

B.2.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Semen memiliki peranan sangat penting dalam komposisi pencampuran beton, karena semen berfungsi sebagai bahan yang mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

B.2.2 Agregat

Agregat adalah material granular seperti pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi dipakai dengan media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolis atau adukan. Secara ukuran, agregat beton dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4,75 mm (standar ASTM C 125-03), sedangkan agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,75 mm (standar ASTM C 125-03).

B.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu reaksi kimiawi pada semen, membasahi agregat dan memberi kemudahan pada pekerjaan beton (Mulyono, 2003). Air berfungsi sebagai

bahan perekat yang mengikat agregat melalui pembentukan pasta semen hasil hidrasi air dan semen.

B.3 Bakteri *Bacillus Subtilis*

Bacillus subtilis merupakan bakteri gram-positif yang berbentuk batang dan bersumber dari tanah, air, udara dan materi tumbuhan yang terdekomposisi dengan kadar pH optimum pertumbuhan sebesar 7-8. *Bacillus subtilis* memiliki sel yang berbentuk basil dengan ketebalan yang bervariasi. *Bacillus subtilis* memiliki bentuk yang khas yaitu berbentuk rantai dan tunggal yang kemudian membentuk endospora yang berbentuk bulat dan oval.

B.4 Beton Pulih Mandiri

Beton Pulih Mandiri atau *Self Healing Concrete* merupakan beton yang dapat menutupi retakan yang terjadi dengan sendirinya. Beton Pulih Mandiri menggunakan bakteri *bacillus subtilis* sebagai bahan tambah pada beton. Bakteri *bacillus subtilis* ini akan bekerja menutupi retakan pada beton dengan agen perekatnya yang disebut dengan *Bacilla filla*.

B.5 Sifat Fisik Beton

B.5.1 Workability

Workability merupakan kemudahan dalam pengerjaan beton. Jumlah air yang digunakan dalam pengadukan campuran beton sangat mempengaruhi tingkat *workability* beton.

B.5.2 Susut

Susut (*shrinkage*) adalah berkurangnya volume beton akibat keluarnya air pada saat beton dalam proses pengerasan. Susut didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Susut pada beton dipengaruhi oleh panas yang ditimbulkan oleh semen selama proses pengikatan dan pengerasan.

B.5.3 Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume pori-pori atau volume yang dapat ditempati cairan terhadap volume total beton. Ruang pori beton biasanya berisi udara atau air yang saling berhubungan dan dinamakan kapiler beton.

B.6 Sulfat

Asam sulfat merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua perbandingan. Melarutkan sulfat dengan cara melarutkannya dalam air, bukan menambahkan air pada sulfat. Air memiliki massa jenis yang lebih rendah dari pada asam sulfat dan cenderung mengapung di atasnya, sehingga apabila air ditambahkan ke dalam asam sulfat pekat, air dapat mendidih dan bereaksi dengan keras.

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Tahap Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat yang dilakukan adalah pengujian karakteristik agregat kasar dan halus. Pengujian meliputi pengujian berat jenis agregat, berat volume, keausan agregat kasar, kadar air, analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur, dan pemeriksaan zat organik pada agregat halus untuk mengetahui karakteristik agregat.

C.2 Pengenceran Isolat Bakteri

Bacillus Subtilis

Bakteri awalnya berbentuk isolat, kemudian dilakukan pengenceran di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau. Bakteri yang digunakan dalam campuran beton merupakan bakteri yang sudah dilakukan pengenceran dengan konsentrasi 10^5 cells/ml seperti Gambar 1. Kadar bakteri yang digunakan sebanyak 10^5 CFU/20ml, 10^5 CFU/25ml dan 10^5 CFU/30ml dalam 25 ml setiap pengadukan.



Gambar 1. Larutan Bakteri *Bacillus Subtilis*

C.3 Pengenceran Larutan Sulfat

Untuk mendapatkan kadar 150 ppm, sulfat dengan kepekatan 98% harus dilarutkan dalam air hingga didapat kadar yang telah ditentukan.

C.4 Rencana Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perencanaan benda uji ini terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rencana Benda Uji

Pengujian	Beton Bakteri							
	Beton Normal		Konsentrasi 10^5 cells/20 ml		Konsentrasi 10^5 cells/25 ml		Konsentrasi 10^5 cells/30 ml	
	Waktu Perawatan							
	28	56	28	56	28	56	28	56
Porositas	3	3	3	3	3	3	3	3
Susut	2	-	2	-	2	-	2	-

C.5 Mix Design Beton

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dan halus digunakan untuk memperoleh rancangan campuran benda uji (*mix design*), yaitu beton dengan mutu 20 MPa. Rancangan komposisi beton menggunakan metode SNI 03-2834-2002.

C.5 Pembuatan Benda Uji

Semua bahan penyusun beton ditimbang sesuai dengan komposisi yang telah dihitung. Masukkan agregat halus dan agregat kasar ke dalam mesin pengaduk. Lalu menambahkan semen ke dalam mesin pengaduk. Setelah semua teraduk rata masukkan air secara bertahap. Ditambahkan bakteri *bacillus subtilis* sebanyak 25 ml dengan konsentrasi 10^5 cells/ ke dalam campuran beton untuk beton pulih mandiri. Setelah campuran merata, dilakukan uji *slump* untuk menentukan *workability* dari campuran tersebut. Setelah itu beton dimasukkan ke dalam wadah atau mould dengan tiga lapis yang sama tebalnya dan ditusuk sebanyak 25 tusukan per lapisannya. Benda uji didiamkan selama ± 24 jam sampai mengeras baru dibuka cetakannya.

C.6 Perawatan Benda Uji

Pada penelitian ini, perawatan beton dilakukan dengan cara direndam pada lingkungan campuran sulfat di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

C.7 Pelaksanaan Pengujian Benda Uji

C.7.1 Pengujian *Workability*

Sebelum dilakukan pengujian, cetakan (Kerucut Abrams) dibasahi dengan air terlebih dahulu. Kemudian cetakan tersebut diisi beton segar dengan tiga lapis, setiap lapisnya memenuhi 1/3 cetakan. Setiap lapisnya harus ditusuk dengan tongkat besi sebanyak 25 kali secara merata. Setelah dilakukan penusukan, permukaan benda uji diratakan dan cetakan dapat diangkat tegak lurus dengan perlahan-lahan. Lalu cetakan dibalikkan dan diletakkan di samping benda uji. Nilai *slump* yang didapatkan merupakan selisih tinggi benda uji dan cetakan.

C.5.2 Pengujian Porositas

Beton dikeluarkan dari bak perendaman terlebih dahulu. Kemudian beton dikeringkan dalam oven selama ± 24 jam dan dibiarkan dingin pada suhu kamar

lalu ditimbang. Berat kering dari oven dapat dinotasikan sebagai W1. Kemudian dilakukan perendaman pada beton di air biasa selama ± 48 jam. Lalu benda uji dikeringkan dengan handuk dengan tujuan untuk menghilangkan air dan kelembaban pada permukaan beton dan ditimbang. Berat beton dengan keadaan jenuh setelah perendaman dapat dinotasikan sebagai W2. Setelah itu, untuk menentukan berat beton dalam air (W3) dapat dilakukan dengan cara merendam beton dalam air dengan penggantung kawat penyangga.

C.5.3 Pengujian Penyusutan Beton

Beton yang akan diuji dilakukan perawatan terlebih dahulu selama 28 hari. Lalu benda uji dipasang alat uji susut dan *dial gauge* yang menyentuh permukaan beton. Pengujian susut ini diletakkan di tempat yang bebas getaran. Kemudian dilakukan pemantauan kelembaban udara dan suhu serta mencatat perubahan spesimen pada *dial gauge* dengan ketelitian 0,01 mm selama 28 hari.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Sebelum dilakukan pencampuran material, dilakukan pengujian karakteristik agregat untuk menghitung *job mix design* beton. Pengujian ini meliputi pengujian karakteristik pada agregat kasar dan agregat halus. Hasil pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 2. dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

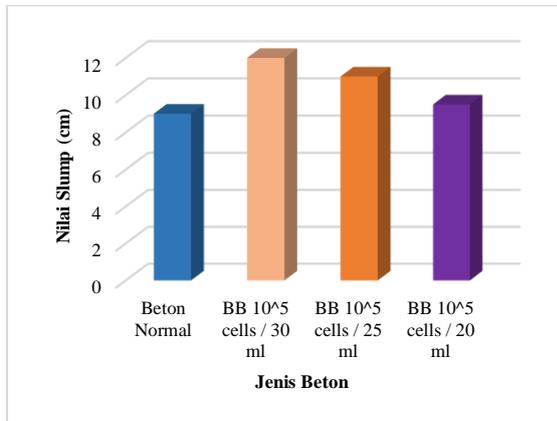
No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Kadar Air (%)	0,91	2-5
2	Berat Jenis		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,56	2,58 – 2,83
	a. <i>Absorption</i> (%)	1,11	< 2
3	Berat Volume (gr/cm^3)		
	a. Kondisi Gembur	1,3	1,4 – 1,9
	b. Kondisi Padat	1,5	1,4 – 1,9
4	Modulus Kehalusan	6,9	5 – 8
5	Ketahanan Aus (%)	32,44	< 40

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Kadar Air (%)	6,16	2 – 5
2	Berat Jenis		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,63	2,58 – 2,83
	b. <i>Absorption (%)</i>	0,60	< 2
3	Berat Volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi Gembur	1,5	1,4 – 1,9
	b. Kondisi Padat	1,6	1,4 – 1,9
4	Modulus Kehalusan	2,54	1,5 – 3,8
5	Kandungan Organik	No. 2	< No.3
6	Kadar Lumpur (%)	1,92	< 5

D.2 Hasil Pengujian Workability

Hasil dari Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai slump semua jenis beton memenuhi nilai slump rencana, yaitu sebesar 9 – 12 cm. Nilai slump tertinggi terletak pada jenis beton Beton bakteri 10⁵ cell /30 ml dengan nilai 12 cm, dan beton normal dengan slump sebesar 9 cm. Hal ini menunjukkan bahwa keempat jenis beton ini memiliki pengerjaan yang mudah.

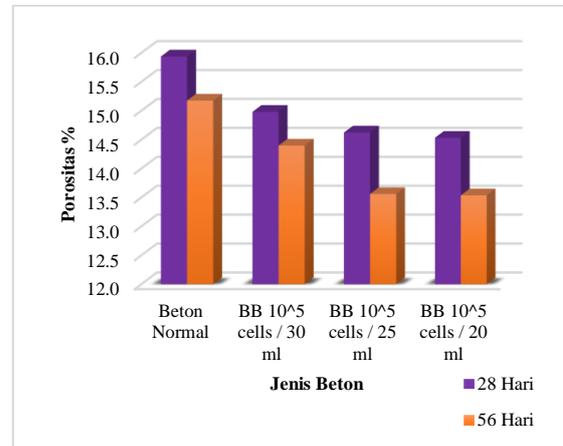


Gambar 2. Nilai Slump Pada Pengujian Workability

D.3 Hasil Pengujian Porositas

Dari hasil pengujian pada Gambar 3 secara umum menunjukkan bahwa beton pada umur 28 hari porositasnya lebih tinggi dari pada beton berumur 56 hari. Hasil pengujian porositas juga mengindikasikan terjadinya penurunan di beton umur 56 hari. Selisih porositas pada beton BNS sebesar 4,78%, pada beton BBS 10⁵ cells/20 ml sebesar 6,85%, pada beton BBS 10⁵

cells/25 ml sebesar 7,28%, dan pada beton BBS 10⁵ cells/30 ml sebesar 3,89%. Turunnya angka porositas pada beton disebabkan oleh bertambahnya kepadatan pada beton sehingga mengurangi angka porositas.

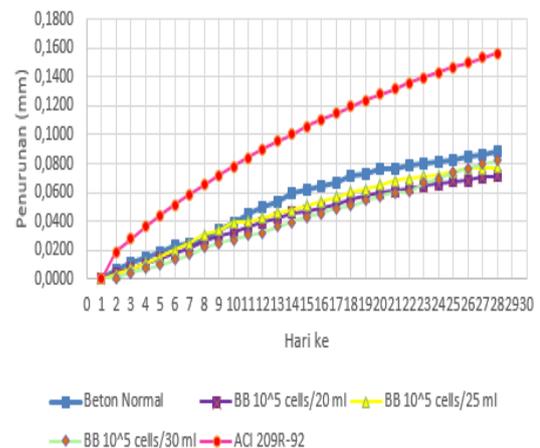


Gambar 3. Hasil Pengujian Porositas

D.4 Hasil Pengujian Susut Beton

Hasil pengujian susut pada gambar di bawah menunjukkan penyusutan terbesar terjadi di beton BNS sebesar 0,088 mm atau 88 μm. Penyusutan pada Beton BB 10⁵ cells/20 ml sebesar 0,071 mm atau 71 μm lebih rendah dari pada penyusutan pada beton BBS 10⁵ cells/25 ml dan Beton BBS 10⁵ cells/30 ml.

Nilai penyusutan pada beton BBS tidak sama dengan nilai penyusutan berdasarkan rumus ACI 209R-92. Nilai penyusutan berdasarkan ACI jauh lebih tinggi dari pada nilai susut yang didapat dari laboratorium.



Gambar 4. Hasil Pengujian Susut Beton

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dianalisis pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Slump* rencana pada penelitian ini 7,5 – 12 cm dengan nilai *slump* pada beton normal sulfat sebesar 10,0 cm, pada beton bakteri sulfat 10^5 cells/20 ml sebesar 9,5 cm.
2. Nilai porositas pada jenis beton dari umur 28 hari ke umur 56 hari menurun. Porositas tertinggi terdapat pada beton BNS berumur 28 hari dengan nilai porositas sebesar 15,94% dan porositas terendah terdapat pada beton BBS 10^5 cells/20 ml berumur 56 hari dengan nilai porositas sebesar 13,54%.
3. Pada pengujian susut beton, nilai susut terendah terdapat pada beton bakteri sulfat 10^5 cells/20 ml dengan nilai sebesar 0,071 mm atau 71 μ m.
4. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beton bakteri sulfat 10^5 cells/20 ml yang paling optimum dengan bahan tambah bakteri di lingkungan sulfat terhadap sifat fisik.

E.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah berlangsung, maka dapat dikemukakan saran untuk penelitian lanjutan seperti berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan jumlah bakteri yang lebih bervariasi.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan air rendaman dengan pH tinggi untuk melihat pengaruh perkembangan bakteri terhadap lingkungan basa.
3. Perlu dilakukan *scanning electron microscope* terhadap beton untuk mengetahui perkembangan bakteri dalam mengisi ruang beton.

Daftar Pustaka

- ASTM C 125-03. (1995). Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates, 1–4
- Desmiletari, K. (2018). Sifat Fisik Beton Dengan Bahan Tambah Bakteri *Bacillus Subtilis* Pada Lingkungan Sulfat. Universitas Riau.
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Mulyono, T. (2010). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Nasional, B. S. (2012). *Tata Cara SNI 03-2834-2002. (2002). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*