

SIFAT MEKANIK BETON DENGAN MENAMBAH BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* UNTUK APLIKASI BETON PULIH MANDIRI

Nevita Elisa¹⁾, 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 : nevita.elisa@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Concrete is a brittle material and has low tensile strength comparing to other material. When the cracks occur, the quality of concrete will decrease, so the new innovations will be created to cover the weakness of concrete. The innovation is self healing concrete that uses bacteria as a medium that can close the cracks of concrete. This research used 25 ml bacillus subtilis with a concentration of 10^5 cells/ml as admixture to the concrete mix. The test conducted in this research was compressive and flexural tests carried out at the age of 28 dan 56 days. The test consists of two types of loading namely crushing crack test where the concrete cylinder was loaded until it failed and initial crack test when the concrete cylinder was loaded until first crack appeared. For the case of conducted crushing crack bacterial concrete were able to increase compressive strength of 14.71% and flexural strength of 6.96% compared to those of normal concrete at the age of 56 days. Furthermore, initial crack test conducted at bacterial concrete was able to withstand compressive and flexural loads of 17.15% and 3.17% higher than those of normal concrete.

Keywords: concrete, crack, bacillus subtilis, compressive strength, flexural strength

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mengalami peningkatan konstruksi setiap tahunnya. Badan Pusat Statistik (2017) mencatat rata-rata peningkatan nilai konstruksi di Indonesia dari tahun 2004 – 2016 adalah sekitar 19% setiap tahunnya. Pembangunan tersebut sebagian besar tidak lepas dari peranan beton. Beton merupakan bahan konstruksi yang digunakan pada sebagian besar pembangunan konstruksi tersebut. Beberapa kelebihan beton adalah mudah dalam pengerjaan, memiliki kuat tekan tinggi, bahan dasar yang mudah diperoleh, mudah dibentuk.

Selain memiliki keunggulan, beton juga memiliki kelemahan yaitu bersifat getas sehingga beton akan cenderung mengalami keretakan. Ketika terjadi keretakan kualitas beton akan menurun,

lalu beton menjadi lemah dan resiko keruntuhan meningkat. Keretakan pada beton harus dicegah secara dini sehingga tidak terjadi keretakan yang lebih parah. Untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di ciptakan berbagai inovasi teknologi beton. Inovasi teknologi ini dilakukan untuk memperbaiki kekurangan yang ada pada beton. 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. Sehingga penelitian ini akan mengkaji lebih lanjut mengenai sifat mekanik beton yang ditambah bakteri *bacillus subtilis* sebanyak 25 ml dengan konsentrasi bakteri 10^5 cell/ml.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Penyusun Beton

Beton adalah bahan bangunan yang tersusun dari beberapa bahan-bahan yang kemudian direkatkan dengan bahan pengikat. Bahan penyusun dari beton adalah semen Portland, agregat kasar, agregat halus dan air.

2.2 Sifat Mekanik Beton

2.2.1 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan kemampuan beton dalam menerima gaya per satuan luas. Nilai kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan:

f_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan yang dibebani (mm^2)

2.2.2 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji balok mengalami patah SNI 4431: 2011.

Untuk menentukan nilai kuat lentur pada benda uji yang berbentuk balok adalah:

$$\sigma_l = \frac{PL}{b \cdot h^2} \quad (2)$$

Dengan:

σ_l = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi pada mesin uji

L = Jarak antara dua garis perletakan (mm)

b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang arah vertikal (mm)

2.3 Beton Pulih Mandiri

Beton pulih mandiri merupakan campuran beton normal dengan menambah bakteri dan nutrisi yang bisa mengisi keretakan dengan sendirinya. Ketika terjadi keretakan, bakteri akan memproduksi batu kapur sehingga akan mengisi bagian yang retak. Teknik ini bereksperimen dengan baik dan disebut dengan *bioconcrete* (Lala *et al*, 2013).

Proses beton menjadi pulih yaitu dengan memproduksi asam oksalat, dan oksigen. Celah–celah keretakan menjadi tempat masuknya air dalam beton, sehingga spora bakteri yang berkecambah menjadi sel vegetative yang aktif ketika kontak langsung dengan air, bakteri akan memakan asam oksalat kemudian menjadi batu kapur. Batu kapur tersebut akan mengeras pada retakan di permukaan beton, sehingga mengakibatkan penyumbatan dan menutupnya celah keretakan pada beton.

2.4 Bakteri *Bacillus Subtilis*

Bakteri adalah suatu organisme yang mampu melakukan penyebaran terluas di alam. Jokohadikusumo (2010) mengatakan di dunia terdapat tidak kurang dari 500 juta macam organisme yang memiliki ciri beraneka ragam. Salah satu dari berbagai macam bakteri adalah *bacillus subtilis*, dimana bakteri ini bisa digunakan sebagai media untuk penyembuhan keretakan pada beton. *Bacillus subtilis* merupakan bakteri yang termasuk dalam jenis *bacillus*. Bakteri ini merupakan kuman yang berbentuk batang, gram positif, dan memiliki spora fakultatif yang sering ditemukan di tanah, air dan termasuk air laut. *Bacillus subtilis* memiliki panjang batang 0,6 - 0,8 μm dan ketebalan 2,0 - 3,0 μm (Anusha *et al*, 2015).

Bacillus subtilis merupakan bakteri dengan golongan mesofil, yaitu spesies yang mampu hidup dan tumbuh

pada suhu 10°C - 47°C. Tetapi suhu pertumbuhannya adalah kira-kira 30°C - 45°C (Jokohadikusumo, 2010).

Endospora yang dihasilkan *bacillus* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap terhadap faktor kimia dan fisika seperti suhu ekstrim, alkohol dan sebagainya (Ariani, 2000). Bakteri ini merupakan bakteri yang tetap hidup walaupun dibawah kondisi ekstrim dan lebih cepat mendapatkan perlindungan terhadap situasi seperti kondisi rendahnya pH (asam).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Karakteristik

Pengujian karakteristik material merupakan pengujian untuk agregat kasar dan agregat halus yang berguna untuk mengetahui sifat atau karakteristik material yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan agregat kasar berupa batu gunung yang berasal dari Pangkalan, Sumatera Barat yang terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, dan pengujian abrasi menggunakan mesin *los angeles*. Sedangkan agregat halus diperoleh dari Danau Binguang Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Pengujian karakteristik agregat halus terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisa saringan, pemeriksaan kadar lumpur dan pemeriksaan kadar organik.

3.2 Perencanaan Campuran Beton

Kompisisi campuran yang tepat pada beton didapatkan dari nilai pengujian karakteristik material. Campuran pembuatan beton terdiri dari semen, air, agregat kasar, aregat halus dengan perbandingan tertentu. Komposisi campuran beton untuk 1 m³ dengan mutu yang direncanakan fc'17 MPa dapat dilihat pada Tabel 1.

Perencanaan campuran penelitian ini mengacu pada standar ACI 211.1-91.

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton Untuk 1 m³

Campuran Beton	Berat (Kg)
Semen	325,77
Air	162,43
Agregat kasar	988,73
Agregat Halus	845,26

3.3 Perencanaan Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan pada berupa silinder, dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan benda uji pengujian kuat lentur berupa balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.

Total sampel benda uji adalah 42 sampel beton. Untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur menggunakan umur rencana 28 dan 56 hari yang membutuhkan masing masing 3 sampel. Beton normal dan beton bakteri diuji hingga mencapai beban maksimal dan beban retak awal.

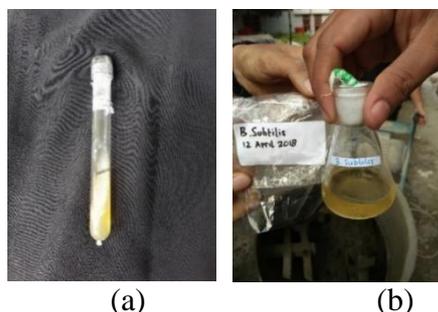
Tabel 2. Rencana Benda Uji

Pengu- jian	Pengujian Dengan Beban Maksimum		Pengujian Dengan Beban Retak Awal	
	BN	BB	BN	BB
	28	56	28	56
Kuat Tekan	3	3	3	3
Kuat Lentur	3	3	3	3

3.4 Pengenceran isolat bakteri *bacillus Subtilis*

Isolat *bacillus subtilis* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Pertanian, UGM Gambar 3.(a). Bakteri awalnya berbentuk isolat, kemudian dilakukan

pengenceran di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Riau.



Gambar 1. (a) Isolat *Bacillus Subtilis* (b) *Bacillus Subtilis* Setelah Diencerkan

Bakteri yang digunakan dalam campuran beton merupakan bakteri yang sudah dilakukan pengenceran dengan konsentrasi 10^5 cells/ml.

3.5 Pengujian Beton

Pelaksanaan pengujian beton berguna untuk menentukan kekuatan dan kualitas beton terhadap tekanan yang diberikan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian sifat mekanik beton yaitu kuat tekan dan kuat lentur. Pengujian terdiri dari dua perlakuan yaitu diberikan beban hancur dan beban retak awal.

Pengujian retak hancur dilakukan sampai beton menerima beban maksimal dan mengalami kehancuran. Sedangkan pengujian hingga beban retak awal adalah pengujian dimana beton hanya diberi beban hingga mencapai beban retak awal pada beton. Pengujian retak awal dilakukan pada umur perawatan 28 hari (Tahap I), kemudian dilakukan perawatan ulang selama 28 hari dan dilakukan pengujian dengan memberi beban hingga mencapai beban maksimal (Tahap II). Beban yang diberikan untuk pengujian retak awal ditentukan berdasarkan nilai modulus hancur (*rupture*) mengacu pada SNI 2847:2013.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Material Campuran Beton

Pemeriksaan karakteristik material campuran beton dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Nilai pengujian karakteristik agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
1	Kadar air (%)	0,15	< 5,00
2	Berat Jenis (g/cm ³)		
	a. <i>Apparent specific Gravity</i>	2,77	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2,66	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (ssd)</i>	2,70	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	1,47	2,00 - 7,00
3	Berat volume(g/cm ³)		
	a. Kondisi gembur	1,38	1,40 - 1,90
	b. Kondisi padat	1,52	1,40 - 1,90
4	Ketahanan aus (%)	22,14	< 40
5	Modulus kehalusan	6,95	5,00 - 8,00

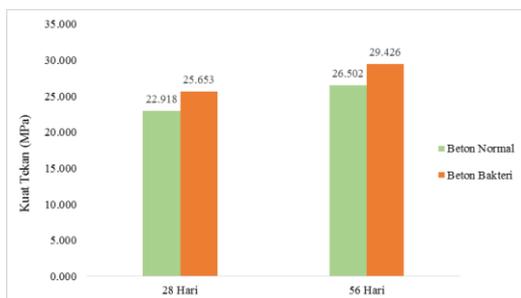
Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Standar Spesifikasi
1	Kadar air (%)	4,17	< 5,00
2	Berat Jenis(g/cm ³)		
	a. <i>Apparent specific Gravity</i>	2,65	2,58 - 2,83
	b. <i>Bulk specific gravity</i> (kering)	2,59	2,58 - 2,83
	c. <i>Bulk specific gravity (ssd)</i>	2,61	2,58 - 2,83
	d. Absorption (%)	0,91	2,00 - 7,00
3	Berat volume (g/cm ³)		
	a. Kondisi gembur	1,42	1,40 - 1,90
	b. Kondisi padat	1,58	1,40 - 1,90
4	Modulus kehalusan	2,57	1,50 - 3,80
5	Kadar Lumpur(%)	1,18	< 5
6	Kandungan organik		<i>Organic Plate</i>

4.2 Hasil Pengujian Beton

4.2.1 Pengujian Kuat Tekan

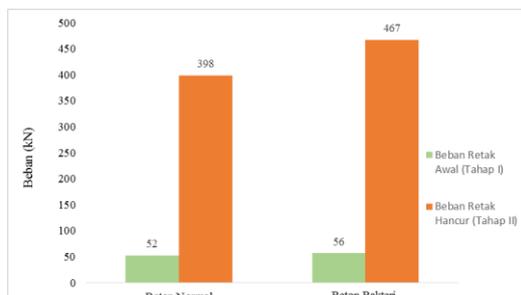
Pengujian kuat tekan merupakan pengujian yang dilakukan dengan memberikan beban maksimum. Kuat tekan beton bakteri meningkat 15,64% pada umur perawatan 28 hari dan 14,71% pada umur perawatan 56 hari terhadap beton normal. Perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton bakteri pada umur perawatan 28 dan 56 hari dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai Kuat Tekan

4.2.2 Pengujian tekan dengan beban retak awal

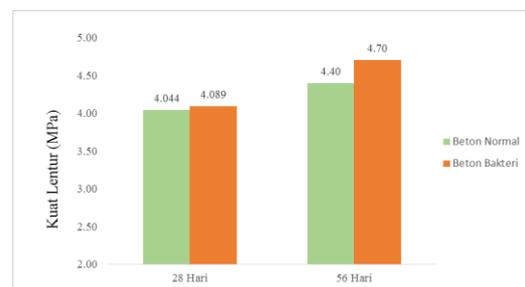
Pengujian tekan dengan beban retak awal merupakan pengujian tekan yang menghasilkan nilai tegangan sama dengan nilai *modulus of rupture* beton. Beban yang diberikan untuk retak awal adalah 52 kN beton normal dan 56 kN beton bakteri. Ketika dibandingkan kenaikan mutu beton bakteri yang sudah diuji retak awal pada umur 56 hari lebih tinggi 17,15% dibandingkan beton normal, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai Pengujian Tekan Dengan Beban Retak Awal

4.2.3 Pengujian lentur

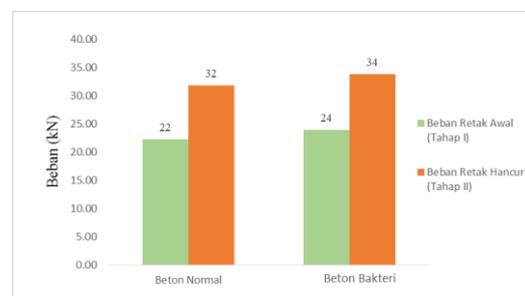
Pengujian kuat lentur merupakan pengujian yang dilakukan hingga balok patah saat diberi beban maksimum. Beton bakteri memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi 1,10% pada umur perawatan 28 hari dan 6,96% pada umur perawatan 56 hari terhadap beton normal. Perbandingan nilai kuat lentur beton normal dan beton bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai Kuat Lentur

4.2.4 Pengujian lentur dengan beban retak awal

Pengujian dilakukan pada umur perawatan 28 hari (Tahap I) dengan benda uji balok hanya diberi beban retak awal yaitu 22 kN untuk beton normal dan 24 kN beton bakteri. Hasilnya adalah mutu beton bakteri lebih tinggi 3,18% dibandingkan dengan beton normal ketika sudah diberi beban maksimal pada umur perawatan 56 hari. Nilai kuat lentur beton dengan beban retak awal dan retak hancur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Nilai Pengujian Lentur Dengan Beban Retak Awal

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Beton normal dibandingkan dengan beton yang ditambahkan bakteri sebanyak 25 ml dengan konsentrasi 10^5 cells/ml. Beton diuji dengan pengujian kuat tekan dan kuat lentur. Pengujian beton terdiri dari dua perlakuan, yaitu pengujian hingga beban retak awal dan beban retak hancur.
2. Pengujian retak hancur berupa pengujian kuat tekan dan kuat lentur yang diberi beban sampai beton mengalami hancur atau patah. Pengujian ini dilakukan pada umur perawatan 28 dan 56 hari. Sedangkan pengujian dengan beban retak awal berupa pengujian yang diberi beban sampai beton menerima beban pada umur 28 hari.
3. Beton bakteri memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi 15,64% pada umur perawatan 28 hari dan 14,71% pada umur perawatan 56 hari. Sedangkan kuat lentur beton bakteri meningkat 1,10% pada umur perawatan 28 hari dan 6,96% pada umur perawatan 56 hari.
4. Beton hingga retak awal yang diuji pada umur 28 hari diberi beban retak awal beton. Setelah dilakukan perawatan kembali dan diuji hingga retak hancur, mutu beton mengalami peningkatan pada umur 56 hari. Peningkatan beton bakteri lebih tinggi 17,15% kuat tekan dan 3,18% kuat lentur terhadap beton normal. Hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri yang ada didalam beton mulai bekerja sehingga menutup keretakan. Keretakan akan mengisi bagian yang retak sehingga beton lebih mampu menerima beban yang lebih besar dibandingkan beton normal.

5.2 Saran

1. Menambah umur perawatan beton sehingga mampu melihat dan membandingkan keefektifan bakteri.
2. Menambah variasi konsentrasi bakteri dengan agar mengetahui pada konsentrasi berapa bakteri menjadi lebih efektif.
3. Menambahkan campuran bakteri pada beton dengan metode lain.

6. Daftar Pustaka

- Anusha, V., Mythili, K., dan Ratnam, V. (2015). *Investigation Of Mechanical Properties Of Bacterial Concrete With Flyash Partial Replacement*.
- Ariani, H. (2000). Pengenalan Bacillus SPP, XXV(1), 31–41.
- Badan Pusat Statistik. (2017). Nilai Konstruksi Yang Diselesaikan Menurut Jenis Pekerjaan (juta rupiah), 2004-2016. Retrieved from <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1670>
- Bai, C. P., dan Varghese, S. (2016). *An Experimental Investigation On The Strength Properties Of Fly Ash Based*.
- Chelcea, A. (2017). Studi Perbandingan Pola Retak Pada Beton Normal Dan Beton Dengan Sambungan Model Takik Akibat Beban Siklik Lateral.
- Lala, R., Hussain, A., & Akhtar, S. (2013). *Self Healing Concrete*. Rajiv Gandhi Technological University.
- Jokohadikusumo, P. (2010). *Memahami Dunia Bakteri*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Jonkers, H. M. (2011). Bacteria-based self-healing concrete, 56(1), 1–12.
- Ravindranatha, Kannan, N., dan L, L. M. (2014). *Self - Healing Material Bacterial Concrete*.