

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Sebelum melaksanakan penelitian ini diperlukan referensi yang terbaru, relevan, dan ramah lingkungan mengenai penelitian beton mutu tinggi yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Referensi yang diperlukan meliputi semen, pasir, agregat kasar, dan bahan aditif mikrobakteri *Bioconc*.

2.1.1. Sofyan Ali Pradana, 2016 (Analisis Kuat Tekan Beton Optimum dengan *Bioenzym Bioconc*)

Melakukan analisis tentang kuat tekan beton yang optimum dengan penambahan *Bioenzym*. Dalam pembuatan beton mutu tinggi atau spesifikasi beton tertentu, selain bahan material utama beton juga diperlukan kontrol dan bahan tambah lain yang sejalan dengan perkembangan teknologi campuran beton. Bahan tambah yang dimaksud seperti misalnya yang akan dipakai dalam penelitian ini yaitu *Bioenzym*. Dalam penelitian ini terdapat enam variasi campuran beton yang nantinya akan dibandingkan. 6 variasi tersebut antara lain beton normal, beton dengan bahan tambah *Bioenzym* sebesar 200 ml/m³, beton dengan bahan tambah *Bioenzym* sebesar 400 ml/m³, beton dengan bahan tambah *Bioenzym* sebesar 600 ml/m³, beton dengan bahan tambah *Bioenzym* sebesar 800 ml/m³, beton dengan bahan tambah *Bioenzym* sebesar 1000 ml/m³. Setelah dilakukan analisis menggunakan regresi polinomial pangkat empat. Hasil yang didapat untuk campuran *Bioenzym* yang dapat

memberikan kekuatan beton optimum adalah 509 ml/m³ dengan nilai kekuatan beton 33,98 MPa.

Table 2.1 menunjukkan kekuatan tekan beton dari setiap campuran beton

Nama sample	Beton A Normal	Beton B Bio Enzim 200 ml	Beton C Bio Enzim 400 ml	Beton D Bio Enzim 600 ml	Beton E Bio Enzim 800 ml	Beton F Bio Enzim 1000 ml
Rata-rata 3(three) sample	28,58	29,47	33,58	33,79	32,99	33,32

Sumber : Sofyan Ali Pradana, Analisis Kuat Tekan Beton Optimum dengan *Bioenzym*

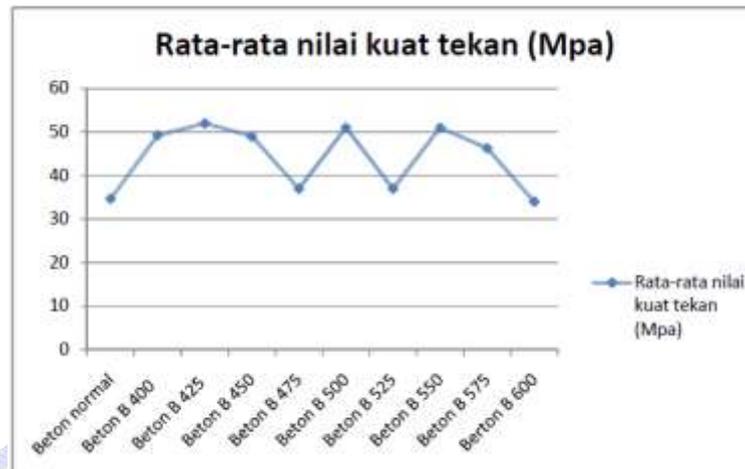
2.1.2. Tri Setiawan, 2018(Analisa penambahan bahan dalam adukan beton untuk menghasilkan beton kedap air dengan *Bioenzym Bioconc*).

Melakukan pengujian kuat tekan beton yang optimum dengan penambahan Bioenzym. Dalam pengujian tersebut terdapat enam variasi campuran beton yang nantinya akan dibandingkan. 6 variasi tersebut antara lain beton normal, beton dengan bahan tambah Bioenzym sebesar 200 ml/m³, beton dengan bahan tambah Bioenzym sebesar 400 ml/m³, beton dengan bahan tambah Bioenzym sebesar 600 ml/m³, beton dengan bahan tambah Bioenzym sebesar 800 ml/m³, beton dengan bahan tambah Bioenzym sebesar 1000 ml/m³. Setelah dilakukan analisis menggunakan regresi polynomial pangkat empat. Hasil yang didapat untuk campuran Bioenzym yang dapat memberikan kekuatan beton optimum adalah 509 ml/m³ dengan nilai kekuatan beton 33,98 MPa

Tabel 2.2 hasil uji tekan optimum Bioconc

Variasi	Benda Uji	Kuat Tekan	Rata-rata
Beton Normal	Sampel 1	42	34,7
	Sampel 2	25	
	Sampel 3	37	
(aditif 400 ml/m ³)	Sampel 1	46	49,3
	Sampel 2	48	
	Sampel 3	54	
(aditif 425 ml/m ³)	Sampel 1	61	52
	Sampel 2	45	
	Sampel 3	50	
(aditif 450 ml/m ³)	Sampel 1	54	49
	Sampel 2	47	
	Sampel 3	46	
(aditif 475 ml/m ³)	Sampel 1	24	37
	Sampel 2	31	
	Sampel 3	58	
(aditif 500 ml/m ³)	Sampel 1	55	51
	Sampel 2	46	
	Sampel 3	52	
(aditif 525 ml/m ³)	Sampel 1	52	37
	Sampel 2	48	
	Sampel 3	52	
(aditif 550 ml/m ³)	Sampel 1	46	51
	Sampel 2	47	
	Sampel 3	46	
(aditif 575 ml/m ³)	Sampel 1	49	46,3
	Sampel 2	42	
	Sampel 3	48	
(aditif 600 ml/m ³)	Sampel 1	24	34
	Sampel 2	41	
	Sampel 3	37	

Sumber: Tri Setiawan, 2018 Analisa penambahan bahan dalam adukan beton untuk menghasilkan beton kedap air dengan *Bioenzym Bioconc*.



Gambar 2.1 rata-rata kuat tekan Bioconc optimum

2.2.3. Maknoe Basoeki dan Arifien Nursandah, 2016 (Perfoma *Bioconc* Dalam Peningkatan Kualitas Beton dengan *Silica Fume*)

Dengan penambahan *Silica Fume* 0%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat binder maka setting time yang terjadi cenderung cepat dan juga penambahan *Bioconc* pada pasta membuat setting time menjadi semakin lambat.

Semakin bertambahnya variasi *Silica Fume* dari 0%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat binder maka berat volume juga berkurang. Berat volume pasta berkisar antara 1,9 gr/cm³ – 2,2 gr/cm³, mortar berkisar antara 2,1 gr/cm³ – 2,3 gr/cm³, dan beton berkisar antara 2,35 gr/cm³ – 2,6 gr/cm³.

Penambahan *Bioconc* tidak mempunyai pengaruh pada berat volume benda

uji 4. Kuat tekan beton tertinggi ada pada P7,5M (pasta dengan *Silica Fume* 7,5% dan *Bioconc*) sebesar 96,69 MPa pada umur 28 hari dengan w/b 0,25, mortar tertinggi pada M5M (mortar dengan *Silica Fume* 5% dan *Bioconc*) sebesar 57,3 MPa pada umur 28 hari dengan w/b 0,25 dan beton tertinggi pada B7,5M (beton dengan silica fume 7,5% dan *Bioconc*)

sebesar 69,71 MPa pada umur 28 hari dengan w/b 0,25. Penambahan *Bioconc* sebanyak 400ml/m³ pada benda uji beton memberikan efek pada kuat tekan, yaitu pada B0 sebesar 34%, B5 sebesar 30%, B7,5 sebesar 18% dan B10 sebesar 6%, sedangkan pada benda uji pasta dan mortar penambahan *Bioconc* tidak terlalu berpengaruh. Penambahan *Bioconc* juga berpengaruh pada kuat split beton, yaitu pada B0 sebesar 35,14%, B5 sebesar 14,29%, B7,5 sebesar 4,06% dan B10 sebesar 5,56%. Dari pengujian diketahui juga kuat split semakin besar jika kuat tekan juga bertambah, jadi kuat split berbanding lurus dengan kuat tekan. Dari hasil uji porositas diperoleh bahwa rongga udara pada pasta dan mortar lebih sedikit bila dibandingkan.

2.2. Beton

2.2.1. Definisi Beton

Beton adalah campuran portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat. Agregat – agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air sehingga membentuk suatu masa mirip batuan. Beton dapat dibuat dengan mudah bahkan oleh mereka yang tidak punya pengertian sama sekali tentang beton teknologi, tetapi pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan personal dari produk, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi bangunan.

2.2.2. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu dalam tes, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (SNI-03-1974-1990-bab-1.3) Benda uji untuk kuat tekan beton berbentuk silinder yang mempunyai ukuran sisi 15 x 30 cm.

2.2.3. Absorpsi Beton

Absorpsi atau penyerapan adalah fenomena fisik atau kimiawi atau suatu proses sewaktu atom, molekul, atau ion memasuki fase limbak (bulk) lain yang bias berupa gas, cairan ataupun padatan. Beton dikatakan kedap air bila dilakukan perendaman dalam air selama 10+0,5 menit resapan maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven dan jika direndam dalam air selama 24 jam maka resapan maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven. Bila diuji dengan tekanan air, maka tembusnya air kedalam beton tidak melampaui 50mm (batas agresif sedang) dan 30mm (batas agresif kuat). (SNI-03-2914-1992 ayat 2). Benda uji untuk tes absorpsi beton menggunakan beton silinder dengan dimensi 15x6 cm (menyesuaikan dengan alat uji yang tersedia).

2.2.4. Campuran beton normal

Untuk campurna beton mengenai data dari bahan-bahan yang akan digunakan untuk menentukan proporsi campuran beton berdasarkan (SNI 7656:2012) sebagai berikut:

- a. Analisa ayakan agregat halus dan agregat kasar,
- b. Bobot isi agregat,
- c. Berat jenis, penyerapan air, dan kadar air agregat,
- d. Air pencampur yang dibutuhkan beton berdasarkan pengalaman dengan menggunakan agregat yang ada,
- e. Hubungan antara kekuatan dan rasio air semen atau rasio air terhadap semen + bahan bersifat semen lainnya bila digunakan.

2.2.5. Kelebihan dan kekurangan material beton

Kelebihan beton :

- Mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi
- Mampu memikul beban yang kuat
- Tahan terhadap temperature yang tinggi
- Biaya pemeliharaan kecil

Kekurangan beton :

- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang besar
- Berat
- Bentuk yang telah dibuat sulit dirubah
- Daya pantul suara yang besar

2.3. Agregat

Agregat merupakan bahan susun beton yang persentasenya paling banyak dan mendominasi. Agregat dibagi menjadi 2 yakni agregat halus dan agregat kasar, dimana dalam pembuatan batako agregat yang

digunakan adalah agregat halus yang lolos 12 saringan dengan diameter 4,75 mm dan tertahan pada ayakan 0,063 mm. Dalam penggunaannya diatur dalam PBI (1971), syarat-syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, bersifat kekal dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap jumlah berat agregat kering. Apabila kandungan lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal demikian dapat dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder dengan menggunakan larutan NaOH.
4. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a) Sisa di atas ayakan 4 mm, dengan persentase harus minimum 2% berat.
 - b) Sisa di atas ayakan 1 mm, dengan persentase harus minimum 10% berat.
 - c) Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%-90% berat.

2.4. Air

Air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat

standarisasi ASTM C1602M. Air pencampuran yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (SNI-25-BSN 2013). Air diperlukan pada pembuatan beton dan batako untuk memicu proses kimiawi semen. Air yang digunakan untuk campuran adukan mortar semen yang paling baik merupakan air yang memenuhi syarat air bersih. Air yang mengandung senyawa-senyawa seperti garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran adukan mortar semen akan menurunkan kualitas dan kekuatannya. Kontrol penggunaan air pada campuran mortar juga harus dilakukan dengan tepat, karena menurut Wijanarko,(2008) air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit dikerjakan, tetapi jika air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras. Menurut Laintarawan,(2009) air yang tidak memenuhi syarat akan berpengaruh pada campuran mortar dan beton yang dibuat, seperti berikut:

1. Pengaruh kandungan asam dalam air terhadap kualitas mortar dan beton
Mortar atau beton dapat mengalami kerusakan oleh pengaruh asam dan serangan asam yang akan mempengaruhi ketahanan pasta tersebut.
2. Pengaruh pelarut Carbonat Pelarut Carbonat akan bereaksi dengan Ca(OH)_2 membentuk CaCO_3 dan akan bereaksi lagi dengan pelarut

carbonat membentuk calcium bicarbonat yang sifatnya larut dalam air, akibatnya mortar atau beton akan terkikis dan cepat rapuh.

3. Pengaruh bahan padat bukan pencampur mortar atau beton. Air yang mengandung bahan padat atau lumpur, apabila dipakai untuk mencampur semen maka terjadinya pasta tidak sempurna. Agregat terlapisi dengan bahan padat tidak terikat satu sama lain, Akibatnya agregat akan lepas-lepas dan mortar atau beton tidak kuat.
4. Pengaruh kandungan minyak jika Air yang mengandung atau tercampur minyak akan mengakibatkan emulsi apabila dipakai untuk mencampur semen. Agregat akan dilapisi minyak yang sudah tercampur dengan air berupa film, sehingga agregat dapat kurang sempurna ikatannya satu sama lain. Agregat bisa lepas dan mortar atau beton tidak kuat.
5. Pengaruh air laut Air laut tidak boleh dipakai sebagai media pencampur semen karena pada permukaan mortar atau beton akan terlihat putih-putih yang sifatnya larut dalam air, sehingga lama-lama terkikis dan mortar atau beton menjadi rapuh.

2.5. Semen

Semen berasal dari bahasa latin caementum yang berarti bahan perekat atau rekat. Secara sederhana, definsi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan – bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membuat sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu memngikuti bahan – bahan padat menjadi satu

kesatuan yang kompak dan kuat. Hasil industri dari perpaduan bahan baku batu kapur/ gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (bulk), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membantu pada pencampuran dengan air. Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa: Silika Oksida (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃) dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk klinkernya yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (gypsum) dalam jumlah yang sesuai (Mulyono. T, 2004).

2.5.1. Jenis Semen

No. SNI	NAMA
SNI 15-2049-2004	Semen Portland / Ordinary Portland Cemen (OPC)

Menurut SNI 15-2049-2004 pengertian semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan lainnya berupa satu atau lebih dari bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Selain itu, SNI 15-0302-2004 mengenai semen portland pozolan (PPC = Portland pozzoland cement). Semen portland pozolan

adalah semen yang dibuat 11 dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozolan. Campuran beton dan mortar menggunakan PPC mempunyai sifat pengerjaan yang mudah, namun akan terjadi perpanjangan waktu pengikatan. Kekuatan tekan beton dengan semen pozolan pada umur awal lebih rendah tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozolan dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa CSH. Jenis semen lainnya diatur dalam SNI 15-7064-2004 mengenai semen portland komposit (PCC = Portland Composite Cement) yakni semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan anorganik. Bahan anorganik yang dicampur dapat lebih dari satu macam misalnya terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur dan sebagainya. Terdapat pula semen masonry yang diatur dalam SNI 15-3758-2004. Semen masonry didefinisikan sebagai campuran dari semen portland atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang digunakan untuk meningkatkan bahan dari satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (setting time), kemampuan kerja (workability), daya simpan air (water retention), dan ketahanan (durability).

2.6. Pengaruh Mikroba

Mikroba merupakan organisme yang berukuran kecil atau mikro. mikroba dapat melakukan aktifitas untuk hidup. Tergolong dalam

prokaryot seperti bakteri, virus, dan eukaryot seperti alga, protozoa. Mikroba sangat berperan dalam kehidupannya (Nester, Anderson, Robert, Nester, 2009). Mikroba terdiri dari bakteri, jamur, dan virus. Secara umum, tiap mikroba mempunyai morfologi dan struktur anatomi yang berbeda-beda (Waluyo, 2004). Peranan utama mikroba adalah sebagai pengurai bahan-bahan organik. Selain merugikan, mikroba juga mempunyai banyak keuntungan bagi manusia dan lingkungan. Mikroba tidak perlu tempat yang besar, mudah ditumbuhkan dalam media buatan seperti dengan adanya udara, dan tingkat pembiakannya relatif cepat. Oleh karena itu, setiap mikroba memiliki peran atau pengaruh dalam kehidupan (Darkuni, 2001). Mikrobakteri yang digunakan adalah enzim Bioconc, yaitu produk yang terbuat dari material organik.



Gambar 2.2 Bioconc

Enzim Bioconc adalah produk yang ramah lingkungan, tidak beracun, dan aman bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Enzim Bioconc juga bisa meningkatkan kuat tekan, mereduksi berat semen, dan mereduksi retak susut (Basoeki Makno, 2001). Mikroba bekerja "aerob"

dan optimal bekerja di suhu ruang 30° C, dan akan dormant ketika berada di ruang dengan suhu 60° C keatas. Demikian juga ketika berada di ruang tanpa supply oksigen, maka mikroba akan dormant atau "tidur", seperti selama dalam kemasan, sebelum digunakan. Sesaat setelah mikroba ini dilepas (keluar dari kemasan untuk dicampurkan kedalam campuran beton), maka mikroba akan membiak dengan cepat serta memproduksi miselia dengan cepat dalam campuran beton, untuk mengisi gap gradasi yang biasanya diisi pasta semen, sehingga kandungan semen akan berkurang. Seiring dengan terisinya gap gradasi oleh miselia mikroba, maka luas permukaan yang diikat pasta semen bertambah (ditambah dengan miselia mikroba tersebut) yang berkorelasi pada mutu beton (kekuatan beton). Ketika proses hidrasi beton mencapai suhu 60° C, maka mikroba akan dormant, dan ketika proses setting time beton telah tercapai, dan supply oksigen terhadap mikroba telah terisolir, maka mikroba akan dormant (Basoeki Makno, 2001).

Karakteristik Miselia Mikroba tersebut (Basoeki Makno, 2001) :

- Diameter antara 5µm s/d 10 µm - Panjang antara 5µm s/d 30 µm
- Kecepatan pertumbuhan 10.000.000 s.d. 125.000.000 per hari
- Suhu survival untuk hidup adalah suhu ruang s/d 60°C yang terjadi dalam proses setting beton 1 jam (2 jam setting time beton dengan asumsi proses transportasi beton 1 jam, sehingga tinggal 1 jam proses.
- Mereduksi panas - Menginsersi concrete gradation gap yang biasa

diisi pasta semen.

- Mereduksi retak susut, terindikasi pola retak beton ketika dilakukan crushing test kubus beton, sebagaimana foto perbandingan kubus dengan treatment dan tanpa treatment.

Dengan "insersi" gradation gap beton oleh *microbe*, maka luas permukaan yang diikat bonding agent beton bertambah. Pertambahan luasan partikel beton yang diikat bonding agent ini berbanding lurus dengan pertambahan kekuatan tekan beton. Faktor air semen (FAS) adalah angka yang menunjukkan perbandingan antara berat air dan berat semen dalam pembuatan beton. Pada beton mutu tinggi dan sangat tinggi, pengertian fas bisa diartikan sebagai water to cementitious ratio, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan mineral tambahan, yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi. Faktor air semen yang rendah, merupakan faktor yang terpenting dan paling menentukan dalam menghasilkan beton mutu tinggi, dengan tujuan untuk mengurangi seminimal mungkin porositas beton yang dihasilkan. Dengan demikian semakin besar volume faktor air semen (FAS), maka semakin rendah kuat tekan betonnya dan jika semakin banyak fas nya akan lebih bagus hasil dari kuat tekannya. Untuk beton normal faktor air semen biasanya berkisar antara 0,4 sampai 0,6 dari berat binder, tetapi untuk beton mutu tinggi faktor air semen berkisar 0,25 dari berat binder atau lebih rendah (Nilson, 2010). Perbandingan nilai ekonomis jika menggunakan campuran *Bioconc*.

Tabel 2.3 perbandingan nilai ekonomis dengan Bioconc

Volume 1 m ³	K350 REGULER		K350 BIOCONC	
	VOL	COST	VOL	COST
Cemen reduction			30%	
Cement (kg)	395	414.750	277	290.324
Water (kg)	180		126	
Fine Agregate (kg)	761	70.664	833	77.340
Coarse Agregate 1 (kg)	242	25.929	265	28.378
Coarse Agregat 2 (kg)	823	92.098	901	100.798
BIOCONC (ml)			400	40.000
Total COST (Rp)		603.440		536.840
Total Saving COST (Rp)	66.600 / m ³			

Sumber: PT. Bangun Mukti Abadi, 2006.

