

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON NORMAL BERPORI DENGAN FATIGUE

Nono Suhana¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Wiralodra, Indramayu

Nia Kania²⁾

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, Bandung

ABSTRACT

Porous concrete is concrete containing air cavities that very high. In this study, porous concrete made with the reduction of the sand where sand as filler material in the cavity beton. Pavement by using porous concrete is a porous pavement system that pavement systems that require water. Pavement is expected to be used for areas that require a lot of water drainage, for example banjir. Subject area of research is the normal concrete concrete with a reduction of 15% sand and concrete with sand reduction of 25%. Obyek of this study is the compressive strength, permeability coefficient and the fatigue life of concrete. Compressive strength testing done at age 3, 14 and with 28 day compressive strength test equipment which refers to ASTM (39-96) with a cylindrical specimen permeability 15x30m. Examination performed at 2 days with ymg permeability test equipment refers to the Standard DIN 1045 with 15x3cm. Examination cylindrical specimen fatigue test performed on DARTEC with beam-shaped test 25x7.5x5 cm. Results of testing the compressive strength of concrete at normal showing that at 28 days compressive strength reach 34.63MPa exceed the required compressive strength is equal to 25MPa, concrete with reduction of 15% sand for compressive strength are also eligible sebesar 19,6 concrete MPa whereas the reduction of the sand 25% compressive strength 20.46MPa simply, this means that do not meet the required compressive strength is equal to 25MPa. Permeability testing in normal concrete and concrete with sand 15% reduction has been qualified Din 1045 standards namely penetration <5cm that each of 3.63cm and 4,90cm, whereas sand in the concrete with a reduction of 25% is not eligible Din Standard 1045 is by 6cm. Permeability coefficient value is 1.834E-04 normal concrete, concrete sand with reduction of 15% is 3.315E-04, and concrete with a reduction of 25% is 4.923E-04. The test results normal concrete fatigue fatigue life reaches 96036 repetitions (high cycle fatigue) that meets the requirements of the concrete paving material while dengm a reduction of 15% and 25% respectively fatigue life of 810 repetitions and 166 repetitions (low cycle fatigue). Research inferred from this that the larger the pores contained in the lower concrete compressive strength but the greater the permeability coefficient and age more and more little tired.

Keywords: porous concrete, strong of concrete, permeability and fatigue

ABSTRAK

Beton berpori adalah beton dengan kandungan rongga udara yang sangat tinggi. Pada penelitian ini beton berpori dibuat dengan pengurangan pasir dimana pasir sebagai material pengisi rongga dalam beton. Perkerasan dengan menggunakan beton berpori ini merupakan sistem perkerasan porous yaitu sistem perkerasan yang menghendaki air. Perkerasan ini diharapkan dapat dipakai untuk daerah yang membutuhkan pengaliran air yang banyak misalnya daerah banjir.

Subyek dari penelitian ini adalah beton normal beton dengan pengurangan pasir sebesar 15% dan beton dengan pengurangan pasir sebesar 25%. Obyek dari penelitian ini adalah kuat tekan, koefisien permeabilitas dan umur fatigue dari beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3, 14 dan 28 hari dengan alat uji kuat tekan yang mengacu pada ASTM (39-96) dengan benda uji silinder 15x30m. Pengujian permeabilitas yang dilakukan pada umur 2 hari dengan alat uji permeabilitas ymg mengacu pada Standar DIN 1045 dengan benda uji berbentuk silinder 15x30cm. Pengujian fatigue dilakukan pada uji Dartec dengan benda uji berbentuk balok 25x7,5x5 cm.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa pada beton normal pada umur 28 hari kuat tekannya mencapai 34,63 MPa melebihi kuat tekan yang disyaratkan yaitu sebesar 25 MPa. Beton

dengan pengurangan pasir sebesar 15% kuat tekannya juga memenuhi syarat yaitu sebesar 19,6 MPa sedangkan pada beton dengan pengurangan pasir sebesar 25% kuat tekannya hanya 20,46 MPa ini berarti tidak memenuhi kuat tekan yang disyaratkan sebesar 25 MPa. Pengujian permeabilitas pada beton normal dan beton dengan pengurangan pasir 15% telah memenuhi syarat standar Din 1045 yaitu penetrasinya < 5 cm yaitu masing-masing sebesar 3,633 cm dan 4,9 cm, sedangkan pada beton dengan pengurangan pasir sebesar 25% tidak memenuhi syarat Standar Din 1045 yaitu sebesar 6 cm. Nilai koefisien permeabilitas beton normal adalah $1,834E-04$, beton dengan pengurangan pasir sebesar 15% adalah $3,315E-04$, dan beton dengan pengurangan sebesar 25% adalah $4,923E-04$. Hasil pengujian fatigue beton normal mencapai umur lelah 96036 repetisi (high cycle fatigue) sehingga memenuhi persyaratan sebagai material perkerasan sedangkan pada beton dengan pengurangan sebesar 15% dan 25% masing-masing umur lelahnya 810 repetisi dan 166 repetisi (low cycle fatigue).

Disimpulkan dari penelitian ini bahwa semakin besar pori yang terdapat dalam beton maka semakin rendah kekuatan tekannya tetapi semakin besar koefisien permeabilitasnya dan semakin kecil umur lelahnya.

Kata kunci : beton berpori, kuat tekan beton, permeabilitas & fatigue

I. PENDAHULUAN

Beton berpori adalah beton dengan kandungan rongga udara yang cukup tinggi. Beton berpori biasanya dibuat dengan proporsi agregat kasar yang besar. Kelebihan beton berpori sebagai material perkerasan jalan adalah pada karakteristik pengaliran airnya. Rongga udara yang cukup besar diantara agregat- agregatnya membuat beton menjadi bersifat permeabel. Dengan permeabilitas yang tinggi tersebut beton ini dapat mengalirkan air dari permukaan jalan.

Perkerasan beton berpori sangat cocok digunakan di Indonesia karena telah diketahui bahwa daerah-daerah banjir di Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya. Selain itu penggunaan beton berpori juga dapat menghemat biaya dalam pengurangan pasir. Di Indonesia penggunaan beton berpori sebagai material masih jarang dipakai. Oleh karena perlu diteliti lebih lanjut mengenai sifat-sifat fisik mekanisnya.

Peningkatan dalam pengetahuan yang berkaitan dengan struktur beton sangat diperlukan mengingat akibat kurangnya wawasan dan pengetahuan tersebut mengakibatkan kehancuran dari struktur yang mengakibatkan timbulnya korban jiwa maupun materi. Salah satu cara yang paling sederhana untuk mengantisipasi hal tersebut adalah dengan mengetahui kekuatan beton bila elemen struktur beton tersebut mengalami pembebanan yang biasa terjadi dilapangan seperti beban tekan dan *fatigue*.

Pada struktur jalan retak yang terjadi disebabkan oleh beban lalu lintas dalam bentuk beban berulang, keretakan ini terjadi pada tegangan yang lebih rendah daripada kekuatan batas pembebanan statik.

Suatu material apabila mengalami pembebanan secara berulang-ulang akan mengalami kelelahan dan akibatnya terjadi retak. Gejala kelelahan ini bila beton berpori sebagai material masih jarang dipakai.

Beban keruntuhan fatigue dari unsur struktur diperoleh dari beban terpusat yang mengakibatkan keretakan pada beton dan beban berulang menyebabkan pertembangan daerah retakan dan pelebaran retakan dan regangan dalam beton. Pembebanan lebih lanjut akan menyebabkan deformasi lebih besar. Akhirnya daerah tekan runtuh atau tegangan berulang sehingga beton runtuh akibat fatigue.

Beton yang diuji adalah beton normal dengan mutu K-250 sebagai beton dengan pengurangan pasir sebesar 15% dan beton dengan pengurangan pasir sebesar 25%. Pengujian dilakukan terhadap kuat tekan, permeabilitas dan fatigue. Pengujian benda uji beton dilakukan pada umur 3,14 dan 28 hari terhadap tekan sedangkan untuk pengujian fatigue hanya dilakukan pada umur 28 hari.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pori terhadap kuat tekan permeabilitas dan umur lelah suatu beton berpori. Serta bagaimana hubungan kuat tekan, permeabilitas dan

fatigue.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji beton berpori dengan pembebanan tekan dan fatigue juga dicari koefisien permeabilitasnya. Sedangkan tujuannya adalah untuk mengetahui kuat tekan koefisien permeabilitas dan jumlah repetisi pada saat telah dari beton berpori sehingga dapat diketahui korelasinya dan beton berpori dapat memenuhi syarat sebagai material perkerasan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu material komposit yang mempunyai sifat seperti batu yang dibuat dengan cara mencampurkan semen, pasir, air, kerikil atau agregat lainnya dimana didalamnya terdapat tambahan rongga-rongga udara dengan perbandingan komposisi tertentu atau campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Komposisi rongga-rongga udara ini biasanya berkisar antara 1% - 8%. Di bawah ini akan dijelaskan bahan-bahan untuk beton baik jenis, karakteristik dan spesifikasi serta bahan pencampur lainnya.

2.2 Bahan Dasar Pembentuk Beton

A. Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yang digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material).

Komposisi kimia semen portland mempunyai batasan seperti pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 Komposisi Semen Portland

Oksida	Komposisi % Berat
CaO	60 - 67
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0,5 - 6
MgO	0,1 - 5,5
Na ₂ O + K ₂ O	0,5 - 1,3
TiO ₂	0,1 - 0,4
P ₂ O ₅	0,1 - 0,2
SO ₃	1 - 3

B. Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak

tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolik atau adukan.

a. Agregat Halus

- 1) Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50 - 3,80.
- 2) Kadar lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, maksimum 5%.
- 3) Kadar zat organik ditentukan dengan larutan Natrium Sulfat 3%, jika dibandingkan dengan warna standar pembanding, tidak lebih tua dari pada warna standar pembanding
- 4) Kekerasan butir jika dibandingkan dengan keadaan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari butir pasir Bangka memberikan hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20.
- 5) Sifat kekal, diuji dengan larutan jenuh garam sulfat :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat bagian yang hancur maksimum 15%

b. Agregat Kasar

- Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6,00 - 7,10
- Kadar lumpur atau bagian butir yang lebih kecil dari 70 mikron, maksimum sebesar 1%
- Kadar bagian yang lemah diuji dengan goresan batang tembaga maksimum sebesar 5%.

C. Air

Air pengaduk untuk beton tidak boleh mengandung zat-zat yang berbahaya baik terhadap kekuatan tekan ataupun terhadap keawetan (*durability*). Air yang memenuhi syarat air minum sangat baik untuk air pengaduk, air bersih yang mengalir, tidak terkontaminasi oleh limbah dan tidak asin cocok untuk bangunan air pengaduk.

2.3 Beton Berpori

Beton berpori digunakan untuk perkerasan pada tempat yang menghendaki penyerapan air permukaan atau air hujan dari perkerasan kelapisan yang permeabel. Beton berpori dipakai sebagai material drainase pada lapis dasar di bawah trotoar dan perkerasan untuk lalu lintas rendah.

2.4 Rancangan Campuran Beton Menurut ACI 2111-91

A. Perhitungan Rencana Campuran Beton
Langkah-langkah pembuatan rencana campuran beton pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut :

1) Pilih Slump
Apabila slump ditentukan, suatu harga yang kira-kira cocok untuk pekerjaan dipilih dari Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2 Pemilihan Slump

Tipe Konstruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi dan tembok beton bertulang	7,5	2,5
Pondasi beton tak bertulang, kaison, bangunan tembok bawah tanah	7.5	2.5
Balok dan tembok bertulang	10	2.5
Kolom-kolom bangunan gedung	10	2.5
Trotoar dan pelat beton	7.5	2.5
Beton dalam jumlah besar (mass concrete)	5.0	2.5

2) Tentukan Ukuran Maksimum Agregat
Ukuran nominal maksimum agregat yang bergradasi baik mempunyai rongga yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran agregat yang lebih kecil.

3) Perkiraan Air dan Tambatan udara dalam Adukan Beton segar

Jumlah air perunit volume beton yang dibutuhkan untuk menghasilkan suat slump

4) Menentukan Faktor Air Semen (*Water Cement Rasio*)

Faktor air semen yang diutuhkan tidak semata-mata ditentukan oleh kebutuhan kekuatan beton tetapi juga oleh faktor *durability* seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hubungan antara w/c atau w(c+p) dengan Kekuatan Beton

Kuat tekan pada umur 28 hari dalam kg/cm2 *)	Rasio air terhadap semen (dalam berat)	
	Beton tanpa penambahan udara	Beton dengan penambahan udara
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Untuk kondisi yang berat rasio air terhadap semen (w/c) harus diusahakan serendah mungkin, meskipun kekuatan yang dibutuhkan harus lebih tinggi. Pembatasan (w/c) dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4 Rasio air semen (atau air semen + pozolan) maksimum yang diajukan untuk pembetonan dalam kondisi berat

Tipe bangunan	Struktur yang terendam air, atau yang dipengaruhi kelembaban yang tinggi	Struktur yang terendam air laut atau air yang mengandung sulphat
Penampang tipis atau selimut beton yang kurang dari 2,5 cm	0,45	0,40
Struktur lainnya	0,50	0,45

5) Perhitungan Kadar Semen
Semen yang dibutuhkan sama dengan jumlah air yang dibutuhkan dibagi dengan rasio air semen (w/c). Akan tetapi bila ketentuan mensyaratkan batasan minimum semen yang boleh dipergunakan untuk memenuhi persyaratan kekuatan dan daya tahan maka campuran harus dibuat berdasarkan jumlah semen yang lebih banyak dari kedua persyaratan yang ditentukan.

6) Perhitungan Kadar Agregat Kasar
Agregat kasar yang pada dasarnya mempunyai ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan *workability* yang baik. Volume dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5 Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton

Ukuran nominal maks agregat kasar (cm)	Volume kering oven dari agregat kasar per sat volume beton untuk berbagai modulus kehalusan pasir			
	2.40	2.60	2.80	3.00
1.00	0.50	0.48	0.46	0.44
1.25	0.59	0.57	0.55	0.53
2.00	0.66	0.64	0.62	0.60
2.50	0.71	0.69	0.67	0.65
3.75	0.75	0.73	0.71	0.69
5.00	0.78	0.76	0.74	0.72
7.50	0.82	0.80	0.78	0.76
15.0	0.87	0.85	0.83	0.81

7) Perhitungan Kadar Pasir yang Diperlukan
Perkiraan pertama berat beton segar dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini :

Tabel 6 Perkiraan Pertama Berat Beton Segar

Ukuran nominal maks agregat (cm)	Perkiraan pertama berat beton segar kg/m ³	
	Non-air-entrained concrete	Air-entrained concrete
1.0	2280	2205
1.25	2365	2235
2.0	2354	2283
2.5	2384	2290
3.75	2420	2325
5.0	2450	2350
7.5	2497	2400
15	2530	2445

8) Penyesuaian Terhadap Kadar Air Agregat

Agregat untuk campuran beton biasanya mengandung air, baik air pori maupun air yang ada dipermukaan butir. Oleh karena itu berat agregat biasanya bertambah akibat adanya kadar air kelembaban ini. Jadi berat air yang ditambahkan dalam beton harus dikurangi dengan berat air permukaanyaitu jumlah kadar air total dikurangi dengan kadar air pori.

9) Penyesuaian Campuran Percobaan

Rancangan campuran beton yang dibuat harus dikorosi baik dengan cara membuat campuran percobaan maupun dengan pengujian yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit minimum beberapa kali dalam sehari.

2.5 Pengujian Kekuatan Beton

2.5.1 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan tegangan tekan hingga batas tertentu tanpa mengalami keruntuhan. Pengujian kuat tekan menggunakan mesin uji kuat tekan yang mengacu pada ASTM(39-96) benda uji silinder 15x30cm.

2.5.2 Pengujian Permeabilitas

Kemampuan beton untuk tidak dapat ditembus oleh zat cair didefinisikan sebagai kedekatan zat cair pada beton. Permeabilitas zat cair pada beton adalah proses merembesnya (perembesan) zat cair akibat pengaruh luar seperti tekanan/ perbedaan temperatur, sehingga zat cair dapat menembus beton lebih jauh lagi sampai ke pori yang terjauh dan terkecil.

Koefisien permeabilitas pada beton sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor : waktu perawatan beton, faktor air semen, prosentase pori kapiler.

2.5.3 Pengujian Fatigue

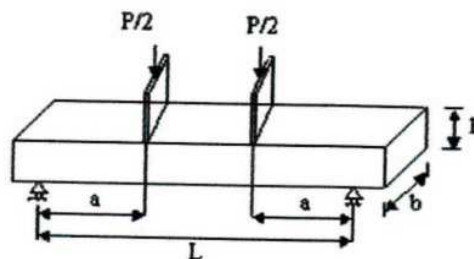
A. Fatigue pada Beton

Fatigue adalah fenomena dimana suatu material mengalami keruntuhan akibat menerima beban yang berulang. Fatigue terjadi karena adanya perubahan struktural internal secara permanen yang disebabkan oleh beban yang berulang perubahan tersebut berlangsung secara bertahap (progesif) sehingga dengan beban lebih kecil dari kuat statiknya material tersebut dapat runtuh pada sejumlah repetisi beban. (Salim,P dan

Sanjaya, 2004)

Untuk melihat ketahanan akibat beban berulang pada penelitian ini metode penelitian yang dilakukan adalah dengan metode tiga titik (third point method) seperti Gambar 1 di bawah ini:

Gambar 1 Benda Uji Fatigue dengan Metode Tiga Titik



B. Uji Modulus Resilien dengan Beban berulang (Repeated Loading)

Modulus kekakuan resilien adalah modulus elastis yang digunakan dalam teori elastisitas (Pavement Analysis and Design, Huang, 92). Deformasi yang terjadi akan balik kembali mendekati keadaan semula sehingga pada kondisi tersebut pada kondisi tersebut perkerasan dikatakan sebagai elastis.

Pada pengujian triaxial modulus kekakuan resilien merupakan hasil bagi dari tegangan dengan regangan balik seperti terlihat pada persamaan dibawah ini :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Untuk menghitung tegangan modulus kekakuan dan regangan yang didasari teori elasis dapat digunakan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{3.a.P}{b.h^3}$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{12h.\delta}{3L^2 - 4a^2}$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{12h.\delta}{3L^2 - 4a^2}$$

dimana:

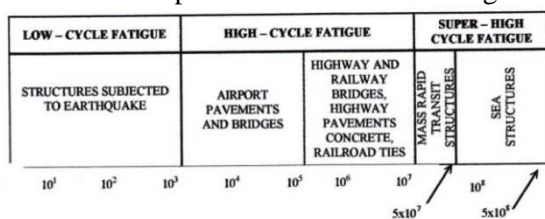
- σ = tegangan yang terjadi (psi)
- E = modulus kekakuan (psi), pada lendutan ditengah benda uji
- ϵ = regangan
- A = jarak antara tumpuan dengan letak beban (in)
- P = beban ulang maksimum (N) dan digunakan P/2 pada tiap titik
- b = lebar benda uji (in)
- h = tebal benda uji (in)
- l = jarak antara dua tumpuan (in)

δ = lendutan dinamis pada tengah bentang (in)

C. Spektrum Fatigue

Gambar 2.2 dibawah ini menunjukkan spektrum pembebanan fatigue secara umum yang memberikan jumlah beban yang akan diterima suatu struktur. Dari skema tersebut, repetisi tegangan dapat dibedakan menjadi 3 rentang beban yaitu : *low cycle fatigue* ($0 - 10^3$ beban ulang), *high cycle fatigue* ($10^3 - 10^7$ beban ulang), dan *superhigh cycle fatigue* ($10^5 - 5 \times 10^7$) beban ulang).

Gambar 2 Spektrum Pembebanan Fatigue



III. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan tahap studi literatur, pengumpulan dan pemeriksaan bahan serta alat, perancangan campuran beton pelaksanaan pengadukan beton, pengujian benda uji pengolahan data, analisa data dan pengambilan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang meliputi serangkaian percobaan di laboratorium terhadap komposisi pembentuk beton dan pengujian benda uji yang telah disiapkan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat pengaruh pori pada kuat tekan, permeabilitas dan fatigue juga dilakukan pengujian beton normal sebagai pembanding.

3.2. Subyek dan Obyek Penelitian

Subyek dari penelitian ini adalah beton berpori dilakan dengan pengurangan agregat halus sebesar 15% dan 25% serta beton normal dengan mutu beton K-250.

Sedangkan obyek dari penelitian ini adalah kuat tekan beton, koefisien permeabilitas dan jumlah repetisi pada saat fatigue dari suatu beton berpori.

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan sebagai berikut :

A. Sampel Pengujian Kuat Tekan benda uji silinder 15x30 cm yang diuji pada

umur 3, 14 & 28 hari sebagai berikut :

1. Beton normal dengan kode BTN masing-masing sebanyak 2 buah
2. Beton dengm pengurangan pasir 15% dengan kode BT15 masing-masing sebanyak 2 buah
3. Beton dengan pengurangan pasir 25% dengan kode BT25 masing-masing sebanyak 2 buah

B. Sampel Pengujian Permeabilitas benda uji silinder 15x30cm pada umur 28 hari sebagai berikut :

1. Beton normal dengan kode BPN masing-masing sebanyak 3 buah
2. Beton dengan pengurangan pasir 15% dengan kode BP15 masing-masing sebanyak 3 buah
3. Beton dengan pengurangan pasir 25% dengan kode BP25 masing-masing sebanyak 3 buah

C. Sampel Pengujian Fatigue benda uji berbentuk balok 35x7,5x5cm

1. Beton normal dengan kode BFN masing-masing sebanyak 3 buah
2. Beton dengm pengurangan pasir 15% dengan kode BF15 masing-masing sebanyak 3 buah
3. Beton dengan pengurangan pasir 25% dengan kode BF25 masing-masing sebanyak 3 buah

Dari uraian diatas maka secara keseluruhan total benda uji adalah sebanyak 36 buah.

Dalam penelitian ini semuanya dilakukan di Balai Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan Pusat Jalan dan Jembatan. Adapun material-material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Material-material ini sebelumnya dilakukan pengujian-pengujian dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang baik dalam pembuatan beton. Dimana hasil dari pengujian bahan ini nantinya akan digunakan untuk menentukan komposisi campuran dalam pembuatan beton.

3.3. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Untuk memudahkan memahami langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini, maka dibuat diagram alir pelaksanaan penelitian seperti terlihat pada Diagram 3.1 di bawah ini :

- a. Pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar

- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan kasar
- c. Pengujian kadar air agregat halus dan kasar
- d. Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles agregat kasar
- e. Pengujian kotoran organik dalam agregat halus
- f. Pengujian bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200 agregat halus
- g. Pengujian berat isi gembur agregat halus dan kasar
- h. Pengujian berat isi pada agregat halus dan kasar
- i. Pengujian konsistensi normal dengan alat vicat semen portland

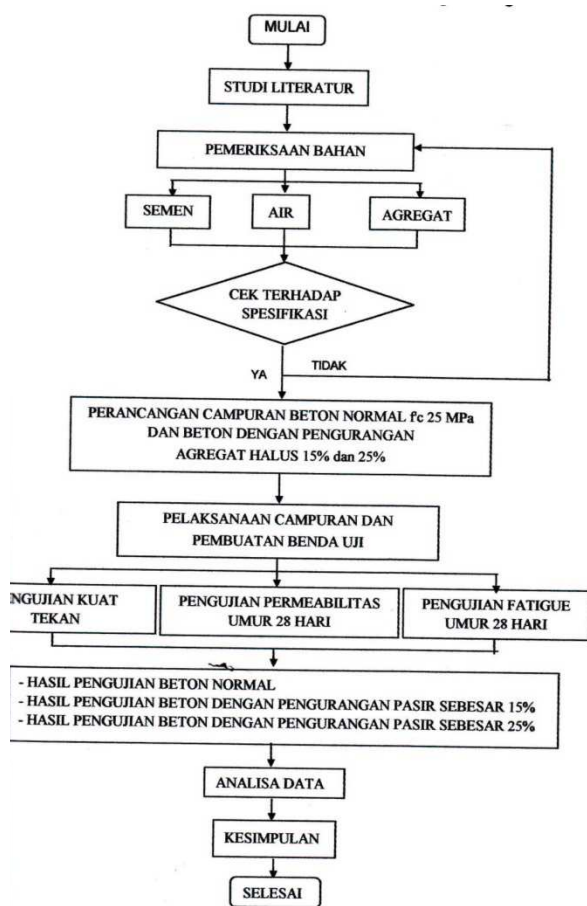


Diagram 3 Diagram Alir Penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Penentuan parameter ini diperlukan untuk mendapatkan data yang akan digunakan dalam tahap pendekatan rancangan campuran beton yang terdiri dari pengujian agregat halus dan kasar seperti berikut ini :

3.4.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat

Halus dan Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan untuk perencanaan campuran beton.

3.4.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering jenuh (Saturated Surface Dry/ SSD), berat jenis semu (apparent) dari agregat kasar. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

3.4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering jenuh (saturated surface dry : SSD), berat jenis semu (apparent) dari agregat halus. Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

3.4.4 Pengujian Kadar Air Agregat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering.

3.4.5 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No.12 terhadap berat semula dalam persen.

3.4.6 Pengujian Kadar Organik dalam Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan adanya agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton. Kadar organik adalah bahan-bahan organik yang terdapat dalam pasir dan menimbulkan efek merugikan terhadap mutu mortar atau beton.

3.4.7 Pengujian Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian.

3.4.8 Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus dan Kasar

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan bobot isi gembur agregat halus dan kasar.

3.4.9 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus dan Kasar

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan bobot isi padat agregat halus dan agregat kasar.

3.4.10 Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan konsistensi normal semen Portland dengan vicat sebagai acuan dan pegangan untuk melakukan pengujian waktu ikat awal semen portland. Konsistensi normal semen Portland adalah kadar air pasta semen yang apabila jarum vicat diletakkan di permukaannya dalam interval waktu 30 detik akan terjadi penetrasi sedalam 10 mm. Konsistensi adalah suatu kondisi standar yang menunjukkan kebasahan pasta.

3.4.11 Pengujian Waktu Pengikatan Awal Semen Portland

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan waktu pengikatan awal semen Portland.

3.5 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan Standar dari ACI. Pada penelitian terdapat tiga jenis campuran beton :

- a. Campuran I adalah campuran beton normal yang dipakai sebagai kontrol.
- b. Campuran II adalah campuran beton dengan pengurangan pasir sebesar 15%
- c. Campuran III adalah campuran beton dengan pengurangan pasir sebesar 25%.

Daftar perencanaan campuran terlihat pada Tabel 7 dibawah ini :

Tabel 7 Perencanaan Campuran Beton

No	Uraian	Nilai	Tabel
1.	Mutu Beton	K250 (orbk =250 Kg/cm ²)	
2.	Slump Rencana	7.5-10 cm	Tabel 2.2
3.	Kadar Air	175 kg/m ³	Tabel 2.3
4.	Faktor Air Semen (F.A.S)	0.633	Tabel 2.4
5.	Kadar Semen	175/0.633 = 276.461 kg/m ³	
6.	Kadar Udara	4.5%	Tabel 2.3
7.	Volume Padat Agregat Kasar	0.65 x 1.607 = 1.044 m ³	Tabel 2.6
	Kondisi Kering	1000 x 1.044 = 1044 kg	
	Kondisi JKP	$\frac{100 + 2.7 \times 1044}{100} = 1072.188$ kg	
8	Volume Absolut		
	Volume air	$\frac{175}{1 \times 1000} = 0.175$ m ³	
	Volume Semen	$\frac{276.461}{3.15 \times 1000} = 0.088$ m ³	
	Volume udara	4.5 % = 0.045 m ³	
	Volume agregat kasar	$\frac{1072.188}{2.7 \times 1000} = 0.397$ m ³	
	t o t a l	= 0.705 m ³	
9	Volume Agregat Halus	1 - 0.705 = 0.295 m ³	
10	Kadar Agregat Halus		
	Kondisi JKP	$0.295 \times 2.5275 \times 1000 = 745.6125$ kg/m ³	
11	Berat Bahan / m ³ Beton	Kondisi JKP	
	Air	175 kg	
	Semen	276.461 kg	
	Agregat Halus	745.6125 kg	
	Agregat Kasar	1072.188 kg	
	Berat Isi Beton	2269.2615	

Data untuk koreksi rencana campuran I, II, dan III dapat dilihat pada Tabel 8 dibawah ini :

Tabel 8 Data Koreksi Campuran I, II dan III

Agregat	Absorpsi (%)	Kadar Air (%)	Koreksi (%)
Pasir	3.8635	4.2	0.3365
Batu pecah	2.128	1.5	0.628

Rencana campuran I, II dan III setelah dikoreksi dapat dilihat pada Tabel 9, Tabel 10 dan Tabel 11 di bawah ini :

Tabel 8 Rencana Campuran I Setelah Dikoreksi

	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Per m ³	276.461	179.224	748.121	1067.505
Per trial mix (0.050 m ³)	13.823	8.961	37.406	53.375

Tabel 9 Rencana Campuran II Setelah Dikoreksi

	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Per m ³	276.461	179.224	635.903	1227.631
Per trial mix (0.050 m ³)	13.823	8.961	31.795	61.381

Tabel 10 Rencana Campuran III Setelah Dikoreksi

	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Per m ³	276.461	179.224	561.091	1334.381
Per trial mix (0.050 m ³)	13.823	8.961	28.054	66.719

3.6 Persiapan Benda Uji

Setelah didapatkan proporsi untuk campuran beton baik kadar semen, air dan agregat untuk setiap volume beton maka biasa dilakukan persiapan benda uji yang meliputi:

- a. Persiapan cetakan benda uji silinder ukuran 15x30cm untuk pengujian kuat tekan dan permeabilitas
- b. Persiapan cetakan benda uji balok ukuran 35x7,5x5 cm untuk pengujian fatigue

Sebelum benda uji tersebut digunakan terlebih dahulu bagian dalamnya diolesi dengan pelumas berupa oli. Hal tersebut untuk memudahkan pelepasan benda uji dari cetakan.

3.7 Pencampuran

Pencampuran dilaksanakan setelah bahan ditimbang menurut proporsi yang dibutuhkan.

3.8 Pengujian Slump Beton

Setelah proses pencampuran dilaksanakan dilakukan pemeriksaan terhadap kekentalan beton (slump test). Pemeriksaan kekentalan ini dilakukan sesuai ASTM C 143-90a dan SNI-03-1972-1990.

Kekentalan adukan telah ditetapkan menurut percobaan laboratorium untuk adukan beton yaitu sebesar 75-10cm.

3.9 Pengecoran

Setelah tercampur dan telah diperiksa kekentalannya campuran dimasukan kedalam benda uji yang telah disiapkan dimana pelaksanaannya memasukkan kedalam cetakan dilakukan secara 3 (tiga) lapis.

Penggetaran dilakukan dengan penumbukan menggunakan batang baja sebanyak 2 kali setiap lapisnya dan dipukul-pukul dengan palu karet.

3.10 Perawatan Benda Uji

Untuk menghindari terjadinya penguapan yang berlebihan maka setelah didiamkan selama 24 jam benda uji tersebut

dibuka dan benda uji direndam didalarn air sampai pada saat pengujian.

3.11 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji ini dilakukan pada umur 3, 7 dan 28 hari untuk pengujian kuat tekan dan 28 hari untuk pengujian permeabilitas dan test fatigue.

3.11.1 Pengujian Kuat Tekan

Prosedur Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan Beton sesuai dengan ASTM C 39-96.

3.11.2 Pengujian Permeabilitas

Permeabilitas zat cair pada beton adalah proses merembesnya (perembesan) zat cair akibat pengaruh luar seperti tekanan/perbedaan temperature sehingga zat cair dapat menembus beton lebih jauh lagi sampai ke pori yang terjauh dan terkecil.

3.11.3 Pengujian Fatigue

Pengujian Fatigue dimaksudkan utuk mendapatkan hubunga antara tegangan dan regangan dengan pengulangan beban atau denga kata lain untuk mendapatkan kurva kelelahan (*fatigue curve*).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar, Agregat Halus dan Semen Portland

Hasil penelitian untuk tiap bagian penelitian/ pengujian diuraikan pada bagian dibawah ini:

4.1.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan agregat halus yaitu pemeriksaan terhadap gradasi agregat mencari modulus kehalusan agregat. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus yang dilaksanakan terlihat pada Tabel 11 dibawah ini :

Tabel 11 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Saringan Inchi (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Tertahan (gram)	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lewat
No.4 (4.75)	54.3	54.3	10.86	89.14
No.8 (2.36)	63	117.3	23.46	76.54
No.16 (1.18)	69.9	207.2	41.44	58.56
No.30 (0.6)	102.1	309.3	61.86	38.14
No.50 (0.3)	93.8	403.1	80.62	19.38
No.100 (0.15)	53	456.1	91.22	8.78
No.200 (0.0075)	24.6	480.7	96.14	3.86
Pan	19.3	500	100	0
Modulus Kehalusan : 3.0946				

4.1.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan agregat kasar yaitu pemeriksaan terhadap gradasi agregat kasar. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 12 dibawah ini :

Tabel 12 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat

Saringan Inci (mm)	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Tertahan (gram)	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lewat
1 (25)	-	-	-	-
¼ (19.1)	563	563	8.043	91.957
½ (12.5)	3719	4282	61.171	38.829
¾ (9.5)	2097	6379	91.128	8.872
No.4 (4.75)	578	6957	99.386	0.614
No.8 (2.36)	-	-	-	-
No.16 (1.18)	-	-	-	-
No.30 (0.6)	-	-	-	-
No.50 (0.3)	-	-	-	-
No.100 (0.15)	-	-	-	-
No.200 (0.0075)	-	-	-	-
Pan	43	7000	100	0

Modulus Kehalusan : 7.403

4.1.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 13 dibawah ini:

Tabel 13 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian		I	II	Notasi
Berat contoh JKP (gram)		3000	3000	Bj
Berat contoh di dalam air (gram)		1889	1889	Ba
Berat contoh kering (gram)		2940	2935	Bk
Perhitungan	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat jenis kering	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.646	2.642	2.644
Berat jenis JKP	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.7	2.7	2.7
Berat jenis semu	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.797	2.806	2.801
Peresapan (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.041	2.215	2.128

4.1.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 14 dibawah ini :

Tabel 14 Hasil Pengujian Berat Jenis dan penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian		I	II	Notasi
Berat contoh JKP (gram)		500	500	Bj
Berat picnometer + air (gram)		662	670.8	Ba
Berat picnometer + air + contoh (gram)		963.3	973.9	Bt
Berat contoh kering (gram)		481.3	481.5	Bk
Perhitungan	Rumus	I	II	
Berat jenis kering	$\frac{Bk}{Ba + Bj - Bt}$	2.422	2.445	
Berat jenis JKP	$\frac{Bj}{Ba + Bj - Bt}$	2.516	2.539	
Berat jenis semu	$\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$	2.674	2.702	
Peresapan (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	3.885	3.842	

4.1.5 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat halus dengan cara pengeringan. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 15 dibawah ini :

Tabel 15 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian	I	Notasi
Berat tempat (gram)	73.3	Bt
Berat tempat + contoh awal (gram)	373.3	Bb
Berat tempat + contoh kering (gram)	361.3	Bk
Kadar air = $(Bb - Bk) / (Bk - Bt)$ (gram)	0.042	K

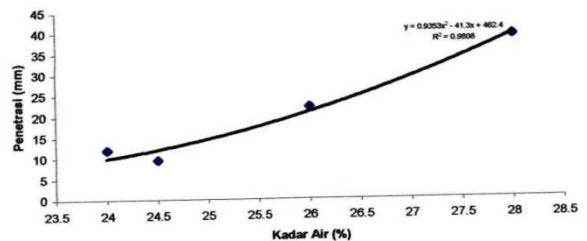
4.1.6 Pengujian Konsistensi Nomal Semen Portland

Hasil pengujian konsistensi normal semen dapat dilihat pada Tabel 16 dan disajikan dalam Gambar 4 di bawah ini :

Tabel 16 Hasil Pengujian Konsistensi Normal Semen Portland

Nomor Test	Semen (gram)	Air (gram)	Air (%)	Penurunan Setiap 30"
1	300	84	28	39
2	300	78	26	22
3	300	72	24	12
4	300	73.5	24.5	9.5

Gambar 4 Grafik Konsistensi Normal Semen Portland



4.2 Hasil Pengujian dan Pembabasan Beton Segar

4.2.1 Hasil Pengujian Nilai Slump

Pada pengujian ini nilai slump ditetapkan 7,5–10 cm. Dalam proses pengecoran dibagi dalam 3 (tiga) kali pengecoran dikarenakan perbedaan dari tiap campurannya. Hasil pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 17 di bawah ini :

Tabel 17 Hasil Pengujian Nilai Slump

Pengecoran	Slump (cm)
1	12
2	9
3	8

4.2.2 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar

Hasil pengujian berat isi beton segar dapat dilihat pada Tabel 18 di bawah ini :

Tabel 18 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Segar

Pengecoran	Berat (kg)	Volume Silinder (liter)	Berat isi beton segar (kg/l)
1	22	9.148	2.405
2	22.2	9.148	2.427
3	22.4	9.148	2.449

4.3 Hasil Pengujian dan Pembahasan Beton yang telah Mengering

4.3.1 Pengujian Berat Isi Beton Kering

Pengujian berat isi beton kering dilakukan pada beton yang telah mengalami tahap curing (perendaman) yaitu perendaman selama 3, 14, dan 28 hari untuk pengujian kuat tekan. Hasil pengujian berat isi beton kering dapat dilihat pada Tabel 4.10 hingga Tabel 19 dibawah ini :

Tabel 19 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering Pada Beton Normal

No	Umur (hari)	D (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	Berat Kering (kg)	Berat Isi Kering (kg/cm ³)	Berat isi kering rata-rata (kg/cm ³)
1	3	15	30	5.301	12.485	2.355	2.363
2	3	15	30	5.301	12.57	2.371	
3	14	15	30	5.301	12.546	2.367	
4	14	15	30	5.301	12.471	2.352	2.359
5	28	15	30	5.301	12.505	2.359	
6	28	15	30	5.301	12.683	2.392	2.375

Tabel 20 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering pada Beton dengan Pengurangan Pasir 15%

No	Umur (hari)	D (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	Berat Kering (kg)	Berat Isi Kering (kg/cm ³)	Berat isi kering rata-rata (kg/cm ³)
1	3	15	30	5.301	12.655	2.387	2.394
2	3	15	30	5.301	12.733	2.402	
3	14	15	30	5.301	12.800	2.415	2.420
4	14	15	30	5.301	12.860	2.426	
5	28	15	30	5.301	12.919	2.437	2.429
6	28	15	30	5.301	12.842	2.422	

Tabel 21 Hasil Pengujian Berat Isi Beton Kering pada Beton dengan Pengurangan Pasir 25%

No	Umur (hari)	D (cm)	T (cm)	Volume (cm ³)	Berat Kering (kg)	Berat Isi Kering (kg/cm ³)	Berat isi kering rata-rata (kg/cm ³)
1	3	15	30	5.301	12.485	2.355	2.363
2	3	15	30	5.301	12.57	2.371	
3	14	15	30	5.301	12.546	2.367	
4	14	15	30	5.301	12.471	2.352	2.359
5	28	15	30	5.301	12.647	2.386	
6	28	15	30	5.301	12.730	2.401	2.393

4.3.2 Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 22, Tabel 23 dan Tabel 24 di bawah ini :

Tabel 22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal (BTN)

Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Luas Bidang (cm ²)	Gaya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
14 Juni	17 Juni	3	176.7	33.2 34.7	187.889 196.378	192.133
14 Juni	28 Juni	14	176.7	55.6 55.8	314.658 315.789	315.223
14 Juni	12 Juli	28	176.7	61 61.4	345.218 347.482	346.35

Tabel 23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Pengurangan Pasir 15% (BT15)

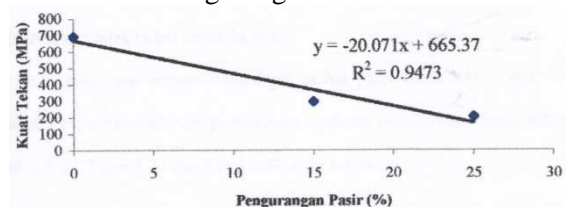
Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Luas Bidang (cm ²)	Gaya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
15 Juni	18 Juni	3	176.7	23.58 23.49	133.446 132.937	133.1915
15 Juni	29 Juni	14	176.7	48.8 48.4	276.174 273.910	275.042
15 Juni	13 Juli	28	176.7	52.4 52.2	296.548 295.416	295.982

Tabel 24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Pengurangan Pasir 25% (BT25)

Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Luas Bidang (cm ²)	Gaya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
15 Juni	18 Juni	3	176.7	23.58 23.49	133.446 132.937	133.1915
15 Juni	29 Juni	14	176.7	48.8 48.4	276.174 273.910	275.042
15 Juni	13 Juli	28	176.7	52.4 52.2	296.548 295.416	295.982

Data kuat tekan juga dianalisa dengan Gambar 5 di bawah ini:

Gambar 5 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Vs Pengurangan Pasir



4.3.3 Pengujian Permeabilitas

Pada penelitian ini pengujian permeabilitas dilakukan dengan alat uji permeabilitas yang mengacu pada Standar Din 1045 dengan benda uji berbentuk silinder 15x30cm pada umur 28 hari. Hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 25,

Tabel 26 dan Tabel 27, di bawah ini :

Tabel 25 Hasil Pengujian Permeabilitas pada Beton Normal Perembesan Air ke dalam Beton

Tekanan (Bar)	Perembesan air ke dalam beton (ml)			Rata-rata (ml)	Syarat Standar Din (1045) < 5 cm
	Nomor benda uji				
	1	2	3		
1	15	20	18	17.667	-
3	28	30	25	27.667	-
7	40	36	42	39.333	-
Penetrasi (cm)	3.5	3.6	3.8	3.633	< 5 cm

Tabel 26 Hasil Pengujian Permeabilitas pada Beton dengan Pengurangan Pasir 15%

Tekanan (Bar)	Perembesan air ke dalam beton (ml)			Rata-rata (ml)	Syarat Standar Din (1045) < 5 cm
	Nomor benda uji				
	1	2	3		
1	25	26	28	26.333	-
3	35	37	40	37.333	-
7	52	55	56	54.333	-
Penetrasi (cm)	5	5.1	4.6	4.9	< 5 cm

Dari Tabel 25 dan Tabel 26 terlihat bahwa pada beton normal dengan penetrasi yaitu sebesar 3,63cm dan 4,90cm artinya telah mencapai syarat Standar Din 1045 yaitu < 5cm.

Tabel 27 Hasil Pengujian Permeabilitas pada Beton dengan Pengurangan Pasir 25%

Tekanan (Bar)	Perembesan air ke dalam beton (ml)			Rata-rata (ml)	Syarat Standar Din (1045) < 5 cm
	Nomor benda uji				
	1	2	3		
1	30	38	42	36.667	-
3	44	45	48	45.667	-
7	65	60	62	62.333	-
Penetrasi (cm)	6.2	5.8	6	6	> 5 cm

Dari Tabel 27 terlihat bahwa pada beton normal dengan penetrasi yaitu sebesar 6,0cm artinya tidak mencapai syarat Standar Din 1045 yaitu < 5cm sehingga beton dengan pengurangan pasir sebesar 25% mempunyai permeabilitas yang sangat buruk sehingga tidak digunakan dilapangan.

4.3.4 Pengujian Fatigue

Pada penelitian ini pengujian Fatigue dilakukan untuk mengetahui umur lelah atau beban repetisi beban berulang yang dapat

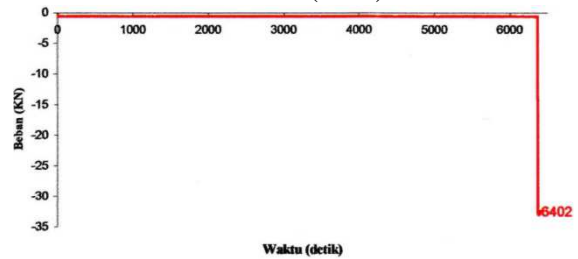
diterima sampai benda uji tersebut runtuh. Pengujian Fatigue dilakukan dengan beban sebesar 2,25 kN dengan frekuensi sebesar 15 Hertz dengan dua titik pembebanan seperti pada Tabel 28 dibawah ini.

Tabel 28 Hasil Pengujian Tes Fatigue

Campuran	Kode	Waktu (detik)	Umur lelah (repetisi)
I	BFN	6402	96036
II	BF15 ₁	15	227
	BF15 ₂	93	1393
	BF15 ₃	859	12889
III	BF25	11	166

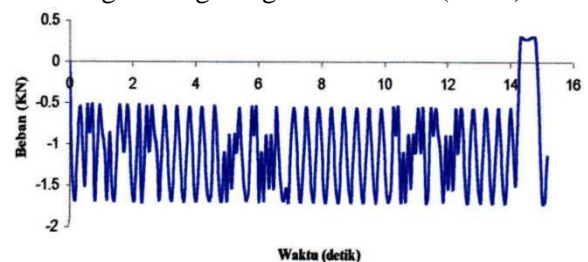
Data dianalisis dengan kurva S-N yaitu pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 dimana S adalah kuat statistiknya dan N adalah jumlah umur lelahnya

Gambar 6 Grafik Beban Vs Waktu pada Beton Normal (BFN)



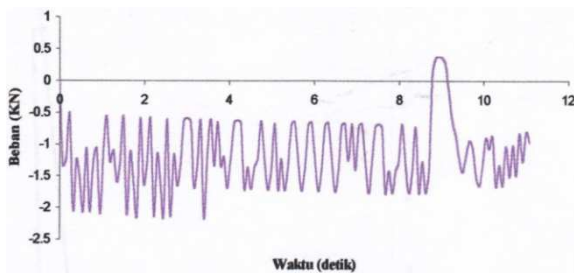
Dari Gambar 6 diatas diketahui bahwa pada beton normal berada uji mengalami patah pada waktu 6402 detik. Jika dikalikan dengan frekuensi 15 Hertz didapat umur lelahnya yaitu sebesar 96036 repetisi.

Gambar 7 Grafik Beban Vs Waktu pada Beton dengan Pengurangan Pasir 15% (BF15)



Dari Gambar 7 diatas diketahui bahwa pada beton normal berada uji mengalami patah pada waktu 15 detik. Jika dikalikan dengan frekuensi 15 Hertz didapat umur lelahnya yaitu sebesar 227 repetisi.

Gambar 8 Grafik Beban Vs Waktu pada Beton dengan Pengurangan Pasir 25% (BF25)



Dari Gambar 8 diatas diketahui bahwa pada beton normal berada uji mengalami patah pada waktu 11 detik. Jika dikalikan dengan frekuensi 15 Hertz didapat umur lelahnya yaitu sebesar 166 repetisi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengumpulan data dan analisis dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Hasil penelitian kuat tekan menunjukkan bahwa pada beton normal pada umur 28 hari kuat tekannya mencapai 34,63 MPa melebihi kuat tekan yang disyaratkan sebesar 25 MPa. Beton dengan pengurangan pasir sebesar 15% kuat tekannya juga memenuhi syarat yaitu sebesar 29,6 MPa sedangkan pada beton dengan pengurangan pasir sebesar 25% kuat tekannya hanya mencapai 20,46 MPa ini berarti tidak memenuhi kuat tekan yang disyaratkan sebesar 25 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pori terhadap kuat tekan sangat besar yaitu semakin besar pori yang terdapat pada beton maka semakin rendah kuat tekannya.
2. Pada pengujian permeabilitas pada beton normal dan beton dengan pengurangan pasir 15% telah memenuhi syarat Standar Din 1045 yaitu penetrasinya < 5 cm yaitu masing-masing sebesar 3,63 cm dan 4,9 cm. Sedangkan pada beton dengan pengurangan pasir sebesar 25% tidak memenuhi syarat Standar Din 1045 yaitu sebesar 6,0 cm. Nilai koefisien permeabilitas beton

normal adalah $1,834E-04$, beton dengan pengurangan pasir sebesar 15% adalah $3,316E-04$, dan beton dengan pengurangan pasir sebesar 25% adalah $4,923E-04$. Hasil penelitian permeabilitas menunjukkan bahwa semakin besar pori yang terdapat dalam beton maka semakin besar koefisien permeabilitasnya artinya nilai kedap air semakin rendah atau perembesan airnya semakin besar.

3. Pada hasil penelitian fatigue beton normal mencapai umur lelah 96036 repetisi dan tergolong ke dalam high cycle fatigue sehingga memenuhi persyaratan sebagai material perkerasan jalan sedangkan pada beton dengan pengurangan sebesar 15% dan 25% dimana masing-masing umur lelahnya 810 repetisi dan 166 repetisi yang keduanya tergolong ke dalam *low cycle fatigue*, sehingga tidak dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan.
4. Beton dengan pengurangan pasir sebesar 15% dan 25% tidak dapat digunakan sebagai material perkerasan porous karena memiliki umur lelah sangat pendek, meskipun dalam pengaliran airnya baik.
5. Semakin besar pori yang terdapat dalam beton maka semakin rendah kekuatan tekannya tetapi semakin besar koefisien permeabilitasnya dan semakin kecil umur lelahnya.

5.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan dan menghasilkan penelitian yang lebih akurat maka perlu dilakukan metode yang lain dalam membuat beton berpori selain dengan pengurangan pasir.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum (1991). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Yayasan LPMB. Departemen Pekerjaan Umum (1991). *Jurnal Pusat Litbang Jalan Bandung* Badan Penelitian dan

- Pengembangan Jalan.
2. Besari,M.S, Mangkoesoebroto,S.P dan Suprobo,P. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Bandung : Atas kerja sama Institut Teknologi Bandung, PT Pradnya Paramita Persero-BUMN dan Pusat Pembukuan Depdikbud.
 3. Hartoko,M.S dan Setyono,T. (1994). *Penelitian Laboratorium Tentang Kekuatan Fatigue dan Tahanan Gelincir Beton Berpori*. Fakultas Teknik Sipil ITB, Bandung.
 4. Tjahyati,H. (1987). "*Aspek Lelah pada Perkerasan Jalan (Fatigue)*". Jurnal Puslitbang Jalan I (IV) 8 -12.
 5. Rohayati,Y dan Siswadi,C.S. (1994). *Analisa Fatigue pada Drilling Conductor Guide dari Anjungan Tipe Jacket Ditinjau Secara Deterministik dan Probabilistik*, ITB Bandung.
 6. Salim,P dan Sanjaya,C.S. (2004). *Rekualifikasi Off-shore Platform dengan Analisis dan Fafigue*. Fakultas Teknik Sipil ITB Bandung.
 7. Fatena, S dan Indrassita M. (1993). *Penelitian Laboratorium Tentang Kuat Tekan, Kuat Lentur, dan Kemampuan Perkolasi Beton Berpori*. Fakultas Teknik Sipil ITB Bandung.
 8. Instruksi Kerja Laboratorium Pengujian Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan.