

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. URAIAN UMUM

Langkah–langkah yang mengawali penelitian dilaksanakan berdasarkan peraturan atau standar yang berlaku, dalam hal ini digunakan acuan SK SNI serta ASTM. Kriteria perencanaan dan penyiapan sarana pendukung diarahkan pada kualitas beton yang akan diperoleh atau tujuan penelitian yang telah ditandaskan sifat–sifat dan karakteristik bahan dasar perlu diselidiki agar dapat diperoleh data dan respons yang tepat sesuai standard yang berlaku. Pembuatan dan perawatan benda uji didasarkan pada standard yang berlaku. Selama penelitian dilakukan pengamatan terhadap *workability* adukan dengan cara pengamatan nilai *Slump* yang diperoleh dari pengujian dengan kerucut *Abrams* berdasarkan standard yang berlaku, penentuan kuat tekan beton dengan menggunakan *Compression Apparatus*. Data tambahan didapat dari pengamatan terhadap pola retak benda uji akibat tekan, serta respons ikatan antara agregat dan *matrix* semen setelah uji kuat tekan.

3.2. PENGUJIAN MATERIAL

Pengujian material diperlukan untuk mendapatkan bahan campuran beton yang memenuhi spesifikasi material, dalam hal ini sesuai dengan standar SK SNI dan ASTM. Selain itu, pengujian material juga untuk menganalisis sifat dan karakteristik beton yang dibuat sesuai dengan kinerja tertentu yang diharapkan baik pada saat beton segar ataupun beton telah mengeras.

3.2.1. Pengujian Semen *Portland*

Pengujian semen *portland* dimaksudkan untuk mendapatkan berat jenis semen *portland*, waktu konsistensi normal semen *portland*, dan pengikatan awal semen *portland* untuk pengendalian mutu semen.

3.2.1.1. Berat Jenis

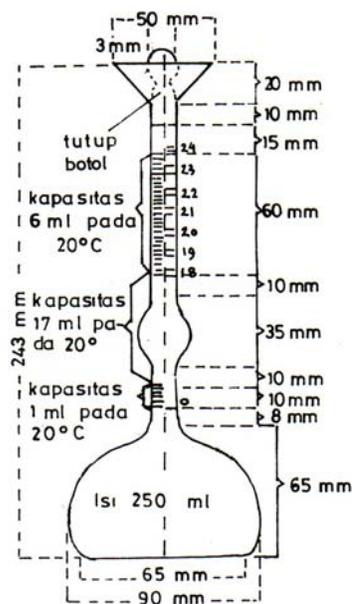
Pengujian berat jenis semen *portland* menggunakan botol *Le Chatelier*. Berat jenis semen yang disyaratkan SK SNI 15–2531–1991 berkisar antara 3.00–3.20 t/m³. Berat jenis semen perlu diketahui karena digunakan dalam hitungan perbandingan campuran beton.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Botol *Le Chatelier*
- Termometer
- Cawan
- Corong kaca
- Kerosin bebas air
- Semen *portland*
- Air dengan suhu 20⁰c

Prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis semen sebagai berikut :

1. Mengisi botol *Le Chatelier* dengan kerosin sampai skala 1 untuk pengujian pertama dan sampai skala 18 untuk pengujian kedua.
2. Merendam botol *Le Chatelier* ke dalam cawan yang berisi air dengan suhu 20⁰c bila kerosin turun maka kerosin harus ditambah sampai skala tetap pada keadaan semula.
3. Setelah suhu cairan dalam botol dan air sama, tinggi permukaan cairan dibaca terhadap skala botol (V_1).
4. Memasukkan semen sebanyak 64 gram untuk skala 1 sedikit demi sedikit ke dalam botol. Hindarkan penempelan semen pada dinding dalam botol di atas cairan, sedangkan untuk skala 18 digunakan semen sebanyak 15 gram.
5. Setelah seluruh benda uji dimasukkan, botol diputar atau digoyangkan perlahan sehingga seluruh gelembung udara keluar.
6. Setelah suhu cairan dalam botol dan air sama 20⁰c, tinggi permukaan cairan dibaca terhadap skala botol (V_2).
7. Menghitung berat jenis semen *portland*.



Gambar 3.1. Botol *Le Chatelier*

3.2.1.2. Konsistensi Normal

Konsistensi normal adalah nilai prosentase jumlah air yang dibutuhkan untuk membentuk pasta semen pada kondisi kebasahan standar guna menunjukkan kualitas semen *portland* (*Sandor Popovics*). Metode pengujian konsistensi normal sesuai standar ASTM C 187 dengan metode coba-coba menggunakan sejumlah pasta semen yang dibuat dari 300 gram semen dengan prosentase air yang berbeda-beda.

Konsistensi normal pasta semen didapatkan ketika jarum alat *vicat* berdiameter 10 mm terjadi penurunan 10 mm di bawah permukaan asli pasta pada waktu ke 30 detik setelah jarum dilepaskan. Dari data yang diperoleh, buat grafik prosentase air yang diperlukan sebagai absis dan penurunan jarum sebagai ordinat. Berdasarkan grafik dapat diketahui jumlah air untuk mencapai konsistensi normal. Konsistensi normal berkisar 22%–28% untuk semen *portland* yang diperdagangkan.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Termometer
- Mangkok porselin
- Cincin *ebonite*
- Gelas ukur 100 cc

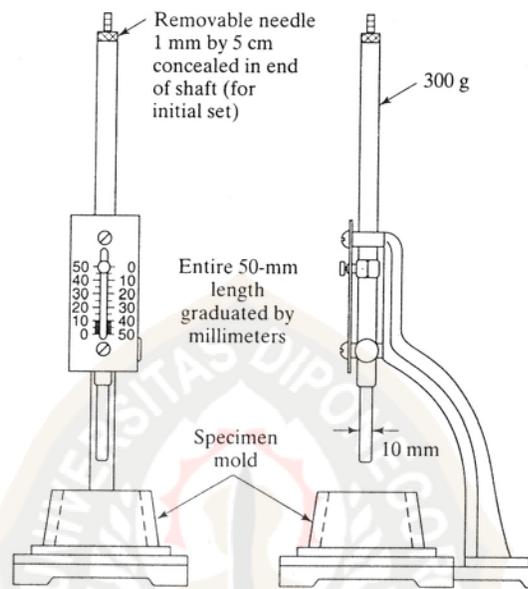
- Alat *vicat*, dengan peralatan jarumnya (10 mm)
- Pelat kaca ukuran 15 cm x 15 cm x 0,5 cm
- Sendok pengaduk
- *Stopwatch*
- Semen
- Air
- Oli

Prosedur pelaksanaan pengujian konsistensi normal semen sebagai berikut :

1. Memeriksa dan menyiapkan alat *vicat* dengan jarum diameter 10 mm.
2. Menyetel pembacaan alat *vicat* dengan menyetel jarum agar mengenai bibir atas cincin ebonit dan strip petunjuk pada posisi 0 mm.
3. Melumasi bagian dalam cincin ebonit dan permukaan kaca dengan minyak, kemudian meletakkan cincin di atas plat kaca tersebut dengan diameter kecil di atas dan diameter besar di bawah.
4. Menimbang semen sebanyak 300 gram.
5. Menuangkan semen ke dalam mangkok porselin dan mencampurnya dengan sejumlah air sebanyak x% (ditentukan sendiri) dari berat semen. Air diukur dengan gelas ukur 100 cc.
6. Mengaduk semen dan air dengan sendok pengaduk selama 3 menit sehingga diperoleh campuran yang plastis.
7. Menuang pasta semen ke dalam cincin ebonit dan mengetuk-ketuk cincin ebonit dengan perlahan untuk menghilangkan rongga udara yang terdapat dalam pasta semen.
8. Meratakan permukaan pasta semen terhadap permukaan cincin dengan sendok pengaduk dan meletakkan plat kaca berikut cincin yang berisi pasta semen pada alat *vicat*.
9. Memasang jarum diameter 10 mm pada alat *vicat* dan bila ujung jarum sudah berada di permukaan pasta semen serta posisi skala pembacaan menunjukkan angka pada posisi nol, maka lepaskan jarum secara bebas.
10. Mencatat penurunan pada 30 detik setelah jarum dilepaskan (jarum turun menembus pasta semen akibat berat sendiri, dimana berat alat *vicat* dan jarum =

300 gram).

11. Pengujian di atas diulang dengan prosentase sedemikian rupa sehingga diperoleh konsistensi normal (konsistensi normal didapat pada penurunan 10 mm).
12. Melukis grafik konsistensi normal dari data yang diperoleh. Prosentase air yang diperlukan sebagai absis dan penurunan jarum (mm) sebagai ordinat.
13. Dari grafik dapat dihitung jumlah air yang diperlukan untuk mencapai konsistensi normal. Catat suhu kamar setiap kali melakukan pengujian.



Gambar 3.2. Alat Vicat (jarum diameter 10 mm)

3.2.1.3. Pengikatan Awal

Waktu pengikatan awal adalah waktu yang diperlukan semen dari saat mulai bereaksi dengan air menjadi pasta semen sampai terjadi kehilangan sifat keplastisan. Metode pengujian pengikatan awal menggunakan standar ASTM C 191.

Pengujian pengikatan awal menggunakan alat *vicat* dengan jarum berdiameter 1 mm. Waktu pengikatan awal semen diperoleh saat penurunan mencapai 25 mm dan setiap penurunan dicatat suhu kamarnya ($^{\circ}\text{C}$). Waktu pengikatan awal pada semen berkisar antara 60–120 menit.

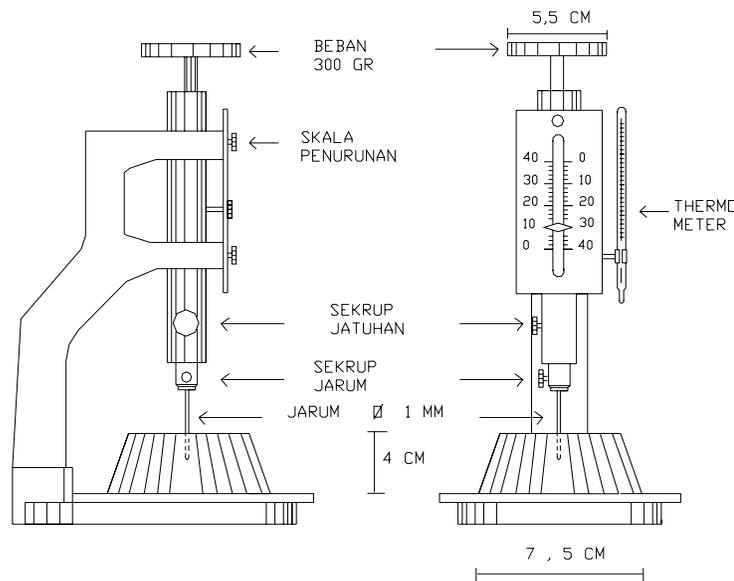
Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Termometer

- Mangkok porselin
- Cincin *ebonite*
- Gelas ukur 100 cc
- Alat *vicat*, lengkap dengan peralatan jarumnya (1 mm)
- Pelat kaca ukuran 15 cm x 15 cm x 0,5 cm
- Sendok pengaduk
- *Stopwatch*
- Semen
- Air
- Oli

Prosedur pelaksanaan pengujian pengikatan awal semen *portland* adalah sebagai berikut :

1. Memeriksa dan menyiapkan alat *vicat* dengan jarum berdiameter 1 mm.
2. Menimbang semen seperti pada pengujian konsistensi normal dan membuat pasta semen dengan prosentase air sesuai nilai konsistensi normal.
3. Meletakkan cincin *ebonite* yang sudah berisi pasta semen pada alat *vicat*.
4. Melepaskan jarum *vicat* pada 15 menit pertama dan mencatat penurunannya.
5. Melepaskan jarum *vicat* pada 15 menit kedua dan mencatat penurunannya (jarak antara tiap titik ± 5 mm dan ± 10 mm dari tepi cincin *ebonite*).
6. Waktu pengikatan awal semen diperoleh saat penurunan 25 mm, dilakukan dengan cara membuat grafik pengikatan awal, dimana waktu penurunan (menit) sebagai sumbu x (absis) dan besarnya penurunan (mm) dipakai sebagai sumbu y (ordinat).
7. Mencatat penurunan saat menjatuhkan jarum pada 30 detik pertama dan mencatat suhu kamarnya.



Gambar 3.3. Alat Vicat (jarum diameter 1 mm)

3.2.2. Pengujian Agregat Halus

3.2.2.1. Gradasi Butiran

Tujuan pengujian gradasi butiran agregat halus (pasir) adalah untuk mengetahui pembagian butiran pasir dan modulus kehalusan butiran, dimana dari kedua hal tersebut dapat diketahui tingkat kemudahan pengerjaan beton. Gradasi agregat merupakan distribusi ukuran butiran dari agregat.

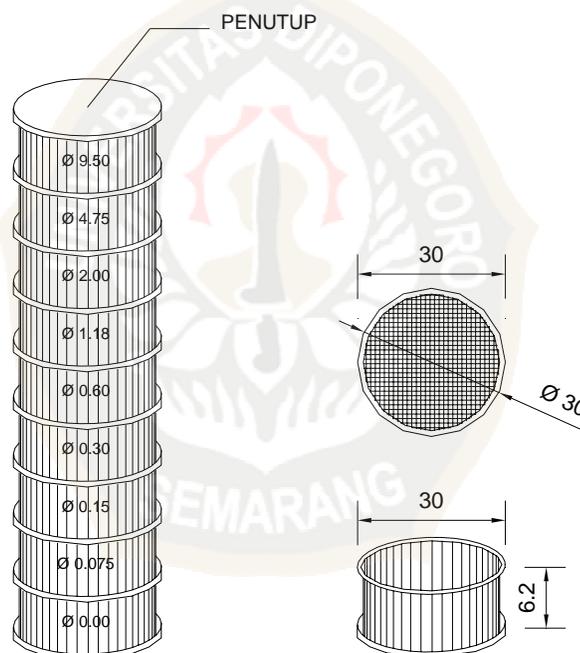
Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Cawan
- Mesin penggetar saringan
- *Oven*
- Sikat kawat dan kuas
- Pasir
- Satu set saringan (diameter 9.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.25 mm, 0.15 mm, 0.075 mm)

Prosedur pelaksanaan pengujian gradasi butiran sebagai berikut :

1. Memasukkan sejumlah pasir ke dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

2. Menimbang pasir yang sudah kering *oven* sebanyak 1000 gram.
3. Menyiapkan saringan denganurut dari diameter terbesar paling atas sampai diameter terkecil paling bawah.
4. Menuang pasir ke dalam saringan yang paling atas. Penyaringan dilakukan dengan menggoyangkan saringan selama 10 menit menggunakan mesin penggetar saringan.
5. Mendinginkan selama ± 5 menit setelah proses penggoyangan selesai guna memberikan kesempatan debu atau pasir yang sangat halus mengendap.
6. Pasir yang tertahan di atas masing–masing saringan ditimbang dengan timbangan ketelitian 1 gram.
7. Mencatat hasil pengujian saringan dalam daftar tabel.
8. Melakukan percobaan sebanyak 2 kali. Kehilangan berat maksimum yang diijinkan 1% dari berat benda uji semula.



Gambar 3.4. Alat Analisa Saringan

3.2.2.2. Kandungan Lumpur

Tujuan pengujian adalah untuk menentukan banyaknya kandungan lumpur (butir yang lebih kecil dari 70 micron) yang terdapat dalam pasir. Kandungan lumpur harus diperiksa karena lumpur dapat mengurangi kelekatan bahan–bahan penyusun

beton. Dalam penelitian ini dibuat 3 variasi kadar lumpur yaitu bersih (0% - 3%), sedang (3% - 5 %), dan kotor (5% - 7 %). Adapun prosedur pelaksanaan pengujian kandungan lumpur adalah sebagai berikut :

1. Pasir dikelompokkan menjadi tiga, dimana tiap bagian dari pasir tersebut sama besar volumenya.
2. Bagian pertama tidak mengalami proses pencucian, dan langsung diuji kadar lumpurnya. Pada bagian ini pasir dianggap mempunyai kadar lumpur yang masuk dalam kategori kotor (5% – 7%).
3. Bagian kedua mengalami proses pencucian. Pencucian pasir dilakukan berkali–kali sehingga air tetap jernih setelah diaduk. Kemudian diuji kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tersebut. Pada bagian ini pasir dianggap mempunyai kadar lumpur yang masuk dalam kategori bersih (0% – 3%).
4. Bagian ketiga mengalami proses pencucian. Sama seperti bagian kedua agregat halus dicuci berkali–kali, akan tetapi tidak sebersih pada bagian kedua. Kemudian diuji kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tersebut. Pada bagian ini pasir dianggap mempunyai kadar lumpur yang masuk dalam kategori sedang (3% – 5%).
5. Pengujian kandungan lumpur dilakukan dengan cara kocokan, dimana tiap bagian dari pasir dilakukan dua kali pengujian, kemudian dihitung hasil rata–ratanya.

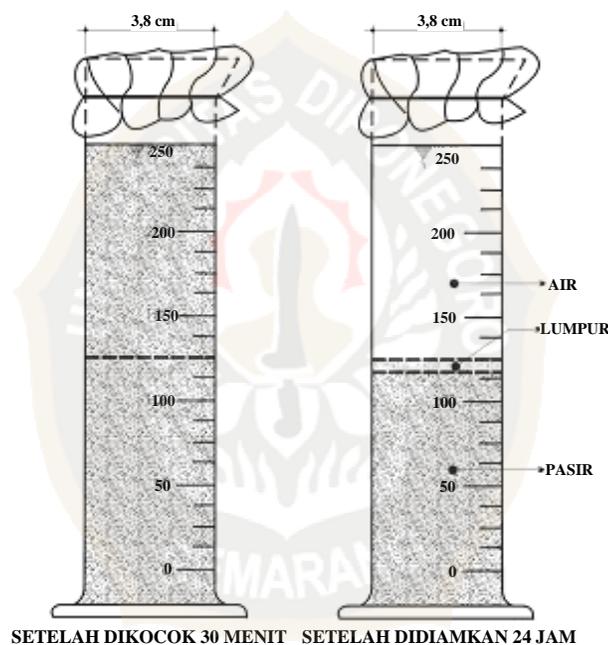
Berikut adalah alat dan bahan serta prosedur pelaksanaan pengujian kandungan lumpur pada pasir :

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Gelas ukur 250 cc
- Bejana gelas diameter 10 cm, tinggi 20 cm
- Cawan
- *Oven*
- Plastik dan karet gelang
- Pasir
- Air

Prosedur pelaksanaan uji kandungan lumpur pasir :

1. Memasukkan sejumlah massa pasir ke dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Memasukkan pasir kering *oven* ke dalam gelas ukur sebanyak 130 cc dan mengguncangkan gelas ukur agar pasir tidak berpori.
3. Menuangkan air ke dalam gelas ukur sampai meresap setinggi 200 cc.
4. Menutup mulut gelas ukur dengan plastik dan karet gelang sampai rapat.
5. Mengocok gelas ukur selama ± 30 menit.
6. Mendinginkannya selama ± 24 jam.
7. Mengamati dan mencatat tinggi endapan pasir dan lumpur (material yang berat mengendap di bagian bawah dan lumpur mengendap di atasnya).
8. Menghitung prosentase kadar lumpurnya.



SETELAH DIKOCOK 30 MENIT SETELAH DIDIAMKAN 24 JAM

Gambar 3.5. Pengujian Kandungan Lumpur Cara Kocokan

3.2.2.3. Kandungan Zat Organik

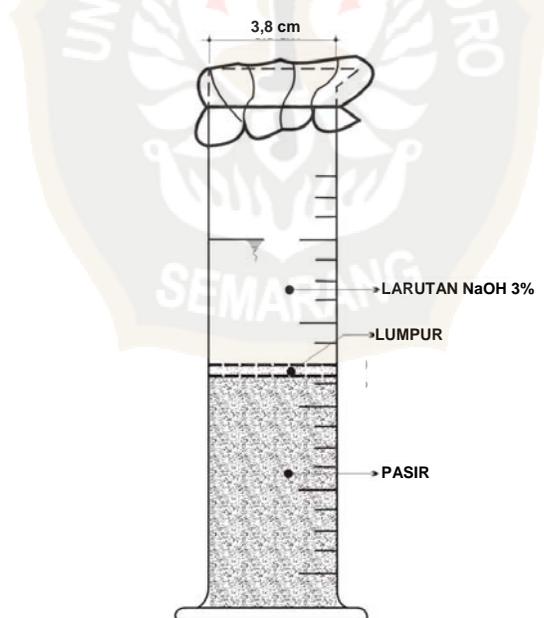
Tujuan pengujian adalah untuk menentukan prosentase zat organik yang terkandung dalam agregat halus. Zat organik yang terkandung dalam agregat dapat menyebabkan proses hidrasi semen terganggu.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Gelas ukur 250 cc
- *Oven*
- Cawan
- Plastik dan karet gelang
- Pasir
- Larutan NaOH 3%

Prosedur pelaksanaan pengujian kandungan zat organis sebagai berikut :

1. Memasukkan sejumlah massa pasir ke dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Masukkan pasir kering *oven* ke dalam gelas ukur 250 cc setinggi 130 cc.
3. Menambahkan larutan NaOH 3% ke dalam gelas ukur sampai meresap ke dalam pasir (jenuh) setinggi 200 cc.
4. Menutup rapat mulut gelas dengan plastik dan diikat dengan karet gelang.
5. Mengocok gelas ukur tersebut selama 30 menit.
6. Mendiamkan selama 24 jam.
7. Mengamati dan mencatat percobaan mengenai warna larutan di atas pasir dengan alat *Tintometer*.



SETELAH DIKOCOK 30 MENIT DAN DIDIAMKAN 24 JAM

Gambar 3.6. Pengujian Kandungan Zat Organik

3.2.2.4. Kadar Air Asli dan SSD

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui prosentase air yang di kandung agregat halus, dimana kadar air agregat dapat dipergunakan untuk menghitung koreksi kebutuhan agregat halus.

Penentuan SSD Agregat Halus (Pasir)

1. Merendam agregat halus ke dalam air selama 24 jam, kemudian air ditiriskan dan agregat halus diangin-anginkan hingga terbentuk kondisi SSD dimana permukaan agregat tampak kering. Kemudian memasukkan pasir SSD ke dalam kerucut terpancung dalam 3 lapisan. Masing-masing lapisan ditumbuk 8 kali ditambah 1 kali penumbukan untuk bagian teratas.
2. Membersihkan pasir yang berada dibagian luar cetakan, kemudian mengangkat cetakan perlahan ke arah vertikal.
3. Memeriksa bentuk agregat hasil pencetakan setelah kerucut terpancung diangkat. Bentuk agregat hasil pencetakan umumnya ada 3 yang masing-masing menyatakan kandungan air dari agregat tersebut yaitu :



Gambar 3.7. Penentuan SSD Agregat Halus

Jika agregat dalam keadaan kering maka perlu ditambah air dan jika agregat basah maka agregat perlu dikeringkan udara atau ditambah agregat halus yang kering.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- *Oven*
- Cawan
- Pasir

Prosedur pelaksanaan pengujian kadar air asli dan SSD sebagai berikut :

1. Menimbang pasir sebanyak 300 gram.
2. Mengeringkan pasir dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3. Menimbang pasir setelah di *oven*.
4. Menghitung kadar air dalam agregat.

3.2.2.5. Berat Jenis Agregat Halus

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis. Berat jenis agregat akan menentukan berat jenis beton.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Pasir
- Air

Prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis pasir kondisi asli dan SSD sebagai berikut :

Penentuan Berat Jenis Pasir Kondisi Asli

1. Menimbang pasir kondisi asli sebanyak 500 gram.
2. Menimbang air sebanyak 500 cc dengan *picnometer* gelas yang terlebih dahulu di nol–kan beratnya. Kemudian kurangi air hingga menunjukkan batas 300 cc.
3. Memasukkan 500 gram pasir ke dalam *picnometer* gelas yang berisi air. Guncang *picnometer* sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
4. Menambahkan air ke dalam *picnometer* gelas yang telah berisi pasir hingga menunjukkan batas 500 cc dan menimbanginya.
5. Menghitung berat jenis pasir kondisi asli.

Penentuan Berat Jenis Pasir Kondisi SSD

1. Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram.
2. Menimbang air sebanyak 500 cc dengan *picnometer* gelas yang terlebih dahulu di nol–kan beratnya. Kemudian kurangi air hingga menunjukkan batas 300 cc.
3. Memasukkan 500 gram pasir SSD ke dalam *picnometer* gelas yang berisi air. Guncang *picnometer* sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
4. Menambahkan air ke dalam *picnometer* gelas yang telah berisi pasir hingga menunjukkan batas 500 cc dan menimbanginya.



Gambar 3.8. Proses Pengeringan Pasir Kondisi SSD



Gambar 3.9. Penimbangan Pasir Untuk Uji Berat Jenis

3.2.2.6. Berat Isi Asli dan SSD

Berat isi agregat ialah berat agregat dalam satu satuan tempat tertentu pada kondisi lepas maupun kondisi padat.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Tabung baja dengan volume 2941.66 cm^3
- Batang baja penusuk
- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Pasir kondisi asli
- Pasir kondisi SSD

Prosedur pelaksanaan pengujian berat isi asli dan SSD sebagai berikut :

Penentuan Berat Isi Gembur

1. Menuang pasir kondisi asli atau SSD ke dalam tabung baja sampai penuh, kemudian ratakan permukaan pasir sehingga diperoleh volume gembur pasir.
2. Pasir yang dituang ke dalam tabung kemudian ditimbang.

Penentuan Berat Isi Padat

1. Menuang pasir ke dalam tabung sampai setengahnya.
2. Menusuk–nusuk dengan batang baja penusuk sebanyak 25 kali.
3. Menambah pasir ke dalam tabung hingga penuh
4. Menusuk–nusuk lagi dengan batang baja penusuk sebanyak 25 kali
5. Menambah pasir hingga penuh dan meratakan permukaannya, sehingga diperoleh volume padat pasir.
6. Pasir yang dituang ke dalam tabung kemudian ditimbang.

3.2.2.7. Hidrometer Lumpur

Hidrometer lumpur untuk menentukan pembagian ukuran agregat berbutir halus yang lolos ayakan No. 200 (0.075 mm). Lumpur dalam penelitian ini berasal dari sisa hasil pencucian agregat halus (pasir), dimana air hasil pencucian diendapkan kemudian endapan yang berupa butiran agregat halus dikeringkan.

a. Alat yang Digunakan

- Saringan No. 200 (0.075 mm)
- Gelas ukur 100cc (sejumlah yang digunakan)
- Alat ukur hidrometer
- Cawan porselen besar
- Pengaduk
- Air suling
- Neraca analitis dan anak timbangan
- *Oven*
- *Deflucating agent–sodium silicate*
- Termometer
- *Stopwatch*

b. Persiapan Alat dan Bahan

1. Lumpur yang diambil sebanyak 50 gram.
2. Kemudian direndam dalam gelas ukur (1000 ml) dengan larutan *sodium silikat* 125 cc selama 24 jam.
3. Kemudian tambahkan *aquades* sehingga volumenya mencapai 1 liter dan diaduk selama 1 menit.
4. Gelas ukur beserta isinya dikocok hingga merata dan alat hidrometer dimasukkan pelan–pelan, bersamaan dengan itu perhitungan waktu dilakukan.
5. Dilakuan pencatatan waktu serta harga–harga hidrometer pada saat 0 detik, 30 detik, 1 menit, 5 menit, 15 menit, 30 menit, 1 jam, 4 jam, 8 jam dan 24 jam.
6. Apabila hidrometer sudah menunjukkan angka nol, maka percobaan sudah selesai.



Gambar 3.10. Alat – alat Pengujian Hidrometer

3.2.3. Agregat Kasar

3.2.3.1. Gradasi Butiran

Agregat kasar (split) harus terdiri dari butir–butir yang beraneka ragam ukurannya dan apabila diayak dengan susunan ayakan secara berturut–turut yaitu 31.5 mm, 25.4 mm, 19.0 mm, 12.5 mm, 9.50 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.25 mm, 0.15 mm, 0.075 mm, harus memenuhi syarat–syarat sebagai berikut :

1. Sisa di atas ayakan 31.5 mm, harus 0% berat.
2. Sisa di atas ayakan 4.75 mm, harus berkisar 90% – 98% berat.
3. Selisih antara sisa–sisa komulatif di atas ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Cawan
- Mesin penggetar saringan
- Satu set saringan diameter 31.5 mm, 25.4 mm, 19.0 mm, 12.5 mm, 9.50 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.25 mm, 0.15 mm, 0.075 mm.
- *Oven*
- Sikat kawat dan kuas
- *Stopwatch*
- *Split*

Prosedur pelaksanaan pengujian gradasi butiran sebagai berikut :

1. Memasukkan sejumlah *split* ke dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Menimbang *split* yang sudah kering *oven* sebanyak 5000 gram.
3. Menyiapkan saringan denganurut dari diameter terbesar paling atas sampai diameter terkecil paling bawah.
4. Menuang *split* sedikit demi sedikit ke dalam saringan yang paling atas. Penyaringan dilakukan dengan menggoyangkan saringan secara manual.
5. Mendinginkan selama ± 5 menit setelah proses penggoyangan selesai guna memberikan kesempatan debu atau pasir yang sangat halus mengendap.
6. *Split* yang tertahan diatas masing–masing saringan ditimbang dengan timbangan ketelitian 1 gram.
7. Mencatat hasil pengujian saringan dalam daftar tabel dan melakukan percobaan sebanyak 2 kali.

3.2.3.2. Kandungan Lumpur

Tujuan pengujian adalah untuk menentukan kadar lumpur yang terkandung di dalam agregat kasar (*split*), karena lumpur dapat mengurangi kelekatan antara agregat kasar dengan pasta semen, karena pada umumnya lumpur tersebut menempel dipermukaan agregat kasar sehingga menghalangi lekatan yang terjadi yang pada akhirnya mengurangi kekuatan beton. Untuk standar PBI 1971 NI-2 disyaratkan agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

Alat dan bahan yang digunakan :

- Gelas ukur kapasitas 500 ml
- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- *Oven*
- Cawan
- *Split*

Prosedur pelaksanaan pengujian kandungan lumpur sebagai berikut :

1. Menyiapkan *split* yang telah kering *oven* melalui pemanasan selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
2. Menimbang *split* sebanyak 500 gram.
3. Mencuci *split* dan kemudian mendinginkan selama 5 menit lalu membuang air cuciannya.
4. Mengulang pencucian sampai air rendaman jernih.
5. Memasukkan *split* yang telah bersih tersebut ke dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
6. Menimbang *split* yang telah kering *oven* tersebut.
7. Menghitung kadar Lumpur.

3.2.3.3. Kadar Air Asli dan SSD

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui prosentase air yang terkandung dalam *split*, dimana kadar air dipergunakan untuk menghitung koreksi kebutuhan *split*.

Penentuan SSD Agregat Kasar (Split)

1. Merendam sejumlah *split* (yang telah dicuci) dalam air selama 24 jam.
2. Meniriskan *split* dari air setelah 24 jam perendaman.
3. Mengangin–anginkan di udara terbuka menggunakan nampan besar hingga *split* mencapai kondisi SSD.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- *Oven*
- Cawan
- *Split*

Prosedur pelaksanaan pengujian kadar air *split* kondisi asli dan SSD sebagai berikut :

1. Menimbang *split* kondisi asli atau SSD sebanyak 500 gram.
2. Mengeringkan *split* dalam *oven* selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
3. Menimbang *split* setelah dioven.
4. Melakukan percobaan sebanyak 2 kali untuk masing–masing kondisi *split*.
5. Menghitung kadar air *split*.

3.2.3.4. Berat Jenis Agregat Kasar

Tujuan pengujian adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis *split* baik kondisi asli maupun SSD. Berat jenis agregat akan menentukan berat jenis beton.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- Cawan
- Ember
- *Split*
- Air

Prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis *split* kondisi asli dan SSD sebagai berikut :

Penentuan Berat Jenis Agregat Kasar (*split*)

1. Menimbang *split* kondisi asli atau SSD sebanyak 500 gram.

2. Masukkan *split* ke dalam air dan diamkan beberapa saat. Timbang *split* dalam air, sehingga diperoleh berat *split* dalam air.
3. Menghitung berat jenis *split*.

3.2.3.5. Berat Isi Asli dan SSD

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui berat isi asli dan SSD dari agregat kasar (*split*).

Alat dan bahan yang digunakan :

- Tabung baja dengan volume 2941.66 cm³
- Timbangan
- *Split* kondisi asli
- *Split* kondisi SSD

Prosedur pelaksanaan pengujian berat isi *split* kondisi asli dan SSD sebagai berikut :

Penentuan Berat Isi Gembur

1. Menuang *split* kondisi asli atau SSD ke dalam tabung baja sampai penuh. Kemudian meratakan permukaannya sehingga diperoleh volume gembur *split*.
2. *Split* yang dituang ke dalam tabung baja kemudian ditimbang.

Penentuan Berat Isi Padat

1. Menuang *split* ke dalam tabung baja sampai setengahnya.
2. Menghentak–hentak tabung baja ke lantai sebanyak 15 kali.
3. Menambah *split* ke dalam tabung baja hingga penuh.
4. Menghentak–hentak kembali tabung baja ke lantai sebanyak 15 kali.
5. Menambah *split* hingga penuh dan meratakan permukaannya.
6. *Split* yang dituang ke dalam tabung baja kemudian ditimbang.

3.2.4. Air

Pada campuran beton fungsi air adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan proses pengikatan pasta semen serta sebagai pelicin campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan.

Air berpengaruh pada sifat *workabilitas* adukan beton, kekuatan, susut, dan

keawetan betonnya. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25% dari berat semen saja (Tjokrodimuljo, 1996).

Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan (PBI 1971) :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter
- c. Tidak mengandung *klorida* (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter
- d. Tidak mengandung senyawa-senyawa *sulfat* lebih dari 1 gr/liter.

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil UNDIP.

3.3. METODE PERANCANGAN MIX DESIGN (*BRITISH STANDARD*)

Rancangan campuran menggunakan *British Standard* ini telah lama dikenal di Eropa. Di Indonesia, cara ini juga dipakai sebagai dasar perencanaan campuran beton di PBI 1971.

Metode ini dikembangkan berdasarkan kandungan semen dan agregat yang sesuai dengan *British Standard*. Namun karena *British Standard* juga mensyaratkan material yang harus memenuhi spesifikasi, maka metode ini juga dapat digunakan sebagai pijakan untuk memperoleh beton mutu tinggi.

Metode ini pada mulanya diambil dari *Road Note No.4* yang dikeluarkan di Inggris pada tahun 1950 yang sebenarnya adalah pedoman untuk perancangan campuran perkerasan beton semen pada jalan raya. Pada tahun 1975, *Road Note No.4* digantikan oleh "*Design of Normal Concrete Mixes*" yang dikeluarkan oleh *British Department Of Environment* atau lebih dikenal dengan istilah DOE. Pada tahun 1988, "*Design of Normal Concrete Mixes*" diperbarui lagi demi melihat perkembangan dan kebutuhan akan rancangan campuran beton.

Langkah-langkah perencanaan beton normal adalah sebagai berikut :

1. Mengelompokkan data hasil pengujian material.
2. Berdasarkan data saringan, dihitung modulus halus agregat kasar (FMk).

3. Berdasarkan data saringan, dihitung modulus halus agregat halus (FM_h).
4. Menghitung nilai perbandingan antara agregat halus dan kasar (W).
5. Hasil perbandingan agregat digunakan untuk menghitung perbandingan gradasi agregat gabungan. Kemudian hasilnya diplot ke grafik gradasi standar agregat gabungan, sehingga diperoleh proporsi berat agregat halus dan agregat kasar.
6. Menentukan kuat tekan rencana beton (f_c') pada umur 28 hari.
7. Menghitung nilai margin (m) dan menetapkan deviasi standar (s).
8. Menghitung kuat tekan rata-rata beton (f_{cr}').
9. Memperkirakan kuat tekan beton pada umur 28 hari berdasarkan tabel kuat tekan beton dengan faktor air semen 0.5.
10. Menentukan faktor air semen (FAS) dari grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen.
11. Menghitung kadar air bebas untuk agregat campuran.
12. Menghitung kadar semen.
13. Menghitung berat jenis gabungan agregat halus dan kasar.
14. Menentukan berat beton segar dengan bantuan grafik hubungan antara kadar air bebas dan berat jenis gabungan.
15. Menentukan perbandingan berat agregat halus dan kasar.
16. Menghitung penyerapan air masing-masing material.
17. Menghitung koreksi proporsi campuran beton terhadap penyerapan air.
18. Menghitung kebutuhan bahan untuk satu meter kubik beton.

3.4. PEMERIKSAAN ADUKAN BETON

Kekentalan adukan beton dilihat dengan pengujian *slump*, dimana kekentalan adukan beton akan mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan dan sifat-sifat pengerjaannya. Pengujian *slump* ini dilakukan terhadap beton segar yang mewakili campuran beton.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Kerucut *Abrams*
- Tongkat pemadat diameter 16 mm dan panjang 60 cm
- Nampan baja

- Cetok
- Meteran
- *Stopwatch*

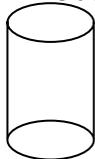
Prosedur pelaksanaan pengujian *slump* sebagai berikut :

1. Menyiapkan kerucut *Abrams* berdiameter atas 10 cm, diameter dasar 20 cm dan tinggi 30 cm di atas nampan yang datar.
2. Mengisi kerucut *abrams* dengan adukan beton segar, sambil ditekan ke bawah pada penyokong–penyokongnya. Adukan beton diisikan dalam tiga lapis yang kira–kira sama tebalnya.
3. Memadatkan beton dengan tongkat baja sebanyak 10 kali untuk setiap lapisan.
4. Melakukan pengisian beton dan pemadatan untuk lapisan kedua dan ketiga.
5. Meratakan bagian atas kerucut *abrams* dan membiarkan selama 30 detik serta membersihkan adukan beton yang jatuh pada sisi kerucut
6. Mengangkat kerucut *abrams* secara vertikal dengan hati-hati.
7. Mengukur rata–rata tinggi *slump*, diukur dari tinggi permukaan alat sampai tinggi permukaan beton yang jatuh.

3.5. PEMBUATAN BENDA UJI

Dalam pembuatan benda uji, dilakukan rencana campuran memakai perhitungan *Mix Design* cara DOE. Jumlah benda uji adalah 54 buah silinder beton dengan mutu beton K–300 kg/cm² (*f’c* ≈ 30 Mpa).

Tabel 3.1. Jumlah Benda Uji Silinder Beton

Beton Mutu K - 300 	Kadar Lumpur Pada Split	Kadar Lumpur Pada Pasir		
		Bersih (0%-3%)	Sedang (3%-5%)	Kotor (5%-7%)
	Bersih (< 1%)	18 Buah	18 Buah	18 Buah

Tahap pembuatan benda uji, sebagai berikut :

Benda uji silinder beton dibuat sejumlah 54 buah untuk setiap spesimen percobaan, yang digunakan untuk uji kuat tekan guna mengetahui kekuatan beton, sudut retak beton dan berat jenis beton pada umur 28 hari. Pembuatan benda uji

dilakukan dengan cermat, hal ini diperlukan agar didapatkan benda uji seperti yang direncanakan.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Molen
- Tongkat pemadat diameter 16 mm dan panjang 60 cm
- Cetakan Silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm
- Cetok
- Palu karet
- Kuas
- Kunci pas
- Oli
- Bahan penyusun beton (pasir, *split*, semen, air)

Prosedur pelaksanaan pembuatan benda uji :

1. Siapkan cetakan silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm. Cetakan terlebih dahulu diolesi oli agar mudah dilepas dari betonnya, kemudian diletakkan di atas bidang yang rata dan tidak menyerap air.
2. Memasukkan semen, pasir, kerikil dan air sesuai pada perhitungan mix desain dengan kadar lumpur yang bervariasi kedalam molen yang diputar dengan mesin hingga campuran tersebut homogen.
3. Adukan beton untuk benda uji harus diambil langsung dari mesin pengaduk dengan menggunakan cetok.
4. Adukan beton diisikan ke dalam cetakan dalam 3 lapis yang kira-kira sama tebalnya, dimana masing-masing lapis ditusuk-tusuk 10 kali dengan tongkat baja berdiameter 16 mm dengan ujung dibulatkan. Setelah cetakan penuh, bagian tepi cetakan disosok dengan cetok agar sisi tepi beton benar-benar padat. Apabila beton sudah padat, permukaan beton diratakan.
5. Benda uji yang baru dicetak harus disimpan di tempat yang bebas dari getaran dan dibiarkan selama 24 jam, bila beton sudah mengeras kemudian cetakan dilepas secara hati-hati.
6. Masing-masing benda uji diberi tanda dan disimpan.

3.6. PERAWATAN BETON (*CURING*)

Proses perawatan beton dimulai dengan menyimpan benda uji dalam ruangan yang terhindar dari gangguan dan getaran selama satu hari, hal ini dimaksudkan agar beton dapat terbentuk dengan baik. Setelah satu hari didiamkan, maka benda uji dapat dibongkar dari cetakannya untuk selanjutnya dilakukan perawatan terhadap beton tersebut.

Perawatan benda uji adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan hingga beton menjadi keras (*Tjokrodimulyo*; 1996). Kelembaban permukaan beton dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung secara sempurna.

Cara perawatan yang dilakukan terhadap benda uji Silinder beton (SNI 03–2493–1991), meliputi:

- a. Setelah benda uji dicetak, kemudian benda uji ditutup kain basah agar kelembaban terjaga.
- b. Lepaskan cetakan benda uji setelah benda uji berumur 20 jam dan tidak boleh lebih dari 48 jam.
- c. Rendam benda uji dalam air pada suhu (21–25) °C, dalam air yang jenuh kapur atau ditempatkan pada ruang lembab.

Perawatan beton dilakukan hingga beton tersebut berumur 28 hari dan siap untuk dilakukan uji kuat tekan.

3.7. PENGUJIAN BENDA UJI BETON

Setelah umur 28 hari, benda uji diambil dari tempat perawatan dan dibiarkan selama satu hari. Pemeriksaan benda uji bertujuan untuk mengetahui kuat tekan, pola retak dan berat jenis beton.

3.7.1. Kuat Tekan Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dari tiap benda uji beton yang dibuat.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan

– *Compression Testing Machine*

– Benda uji silinder beton

Prosedur pelaksanaan pengujian kuat tekan beton sebagai berikut (SNI 03–1974–1990) :

1. Ambil benda uji dari bak perendam, timbang tiap benda uji dan ukur luas permukaan tiap benda uji
2. Lapis permukaan atas benda uji dengan belerang dengan cara yaitu lelehkan belerang di dalam pot peleleh yang permukaannya telah dilapisi tipis oli, kemudian letakkan benda uji tegak lurus pada cetakan, benda uji siap untuk diuji tekan.
3. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris, dan jalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² perdetik.
4. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
5. Kemudian hitung kuat tekan beton.

3.7.2. Pola Retak Beton

Segera setelah pengujian kuat tekan, pada benda uji perlu diamati pola retaknya. Berdasarkan pola retak dapat diketahui bagian ekstrim benda uji yang akan mengalami hancur.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Spidol
- Busur derajat
- Penggaris
- Benda uji kubus beton

Prosedur pelaksanaan pengamatan pola retak beton sebagai berikut :

1. Menandai bagian retak dari benda uji yang paling ekstrim.
2. Mengukur sudut retak tersebut terhadap bidang horizontal.
3. Mencatat besar sudut retak yang terbentuk.

3.7.3. Berat Jenis Beton

Pengujian berat jenis beton menggunakan metode air raksa yang bertujuan untuk menentukan berat jenis beton.

Alat dan bahan yang digunakan :

- Timbangan
- Cawan
- Plat kaca
- Bejana plastik
- Air raksa
- Sampel beton

Prosedur pelaksanaan pengujian berat jenis beton sebagai berikut :

1. Menuang air raksa ke dalam bejana plastik hingga penuh, kemudian memastikan agar volume air raksa tidak melebihi volume bejana dengan meratakan permukaan air raksa dengan plat kaca.
2. Menimbang pecahan beton dengan timbangan digital.
3. Meletakkan sampel beton di atas air raksa, kemudian ditekan dengan plat kaca sehingga permukaan beton maupun air raksa rata dengan permukaan bejana plastik.
4. Menimbang berat air raksa yang tumpah dari bejana plastik.
5. Menghitung berat jenis beton.