

IV. PROSEDUR DAN PELAKSANAANNYA (METODOLOGI)

Penelitian pengukuran kadar air agregat dan beton segar dengan menggunakan microwave oven ini memakai peralatan – peralatan antara lain :

1. Dua buah microwave oven buatan National Panasonic ; tipe NN K 577 WF dengan power supply 900 watt dan kapasitas 3 kg.
2. Heat resistant glass tray, di mana untuk beton segar dipakai cawan keramik diameter 25 cm, dalam sebesar 7.5 cm dan kapasitas 2500 g beton segar. Sedangkan untuk agregat dipakai cawan keramik diameter 7.5 cm, dalam 1.5 cm dan kapasitas 90 g pasir.
3. Alat pengaduk beton
4. Timbangan dengan kapasitas minimal 5000 g dengan ketelitian 0.1 gram.

Di dalam penelitian ini pengukuran kadar air agregat memakai microwave oven hasilnya dibandingkan dengan pengukuran kadar air agregat berdasarkan test sesuai dengan standart ASTM yang menggunakan oven standard. Sedangkan untuk pengetesan kadar air pada beton segar memakai microwave oven hasilnya dibandingkan dengan kadar air dalam perhitungan mix design.

Berbagai jenis agregat diperlukan untuk mengetahui bahwa adanya agregat yang bervariasi nilai penyerapan dan porositasnya ini memungkinkan pengetesan kadar airnya dengan memakai microwave oven. Untuk jenis agregat yang memiliki

porositas yang tinggi sangatlah mudah menyerap air sehingga pengukuran kadar air dengan microwave oven dikuatirkan tidak semua kandungan air terserap.

Berbagai jenis agregat halus dan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Agregat halus ;

- Pasir hitam concrete (pasir alam dari sungai yang biasa dipakai untuk pengecoran beton yang diambil dari daerah Mojokerto), dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Berat jenis : 2.639 gr/cm³
 - Berat volume : 1.6124 gr/cm³
- Pasir hitam dari gunung Gangsir (Jawa Timur), dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Berat jenis : 2.748 gr/cm³
 - Berat volume : 1.6711 gr/cm³
- Pasir putih dari gunung Lodan (Jawa Tengah), yang terdiri dari 3 ukuran : kasar, sedang dan halus , dengan spesifikasi sbb :
 - Berat jenis :
 - Pasir no.1 : 2.606 gr/cm³
 - Pasir no.2 : 2.615 gr/cm³
 - Pasir no.3 : 2.602 gr/cm³
 - Berat volume :
 - Pasir no.1 : 1.5641 gr/cm³
 - Pasir no.2 : 1.6783 gr/cm³
 - Pasir no.3 : 1.6180 gr/cm³

2. Agregat kasar

- Batu hitam concrete (kerikil dari mesin pemecah batu yang biasa digunakan untuk pengecoran beton yang berasal dari daerah Mojokerto), dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Nilai penyerapan : 1.631 %
 - Berat jenis : 2.627 gr/cm³
 - Berat volume : 1.310 gr/cm³
- Batu putih dari gunung Lodan (Jawa Tengah), dengan spesifikasi sbb :
 - Nilai penyerapan : 2.093 %
 - Berat jenis : 2.422 gr/cm³
 - Berat volume : 1.235 gr/cm³
- Batu karang, dengan spesifikasi sbb :
 - Nilai penyerapan : 41.075 %
 - Berat jenis : 1.755 gr/cm³
 - Berat volume : 0.619 gr/cm³
- Batu apung, dengan spesifikasi sbb :
 - Nilai penyerapan : 54.602 %
 - Berat jenis : 1.283 gr/cm³
 - Berat volume : 0.443 gr/cm³

Prosedur tes yang digunakan untuk pengukuran kadar air sampel agregat dalam microwave oven adalah sebagai berikut :

1. Rendam agregat halus dan kasar di dalam air selama 24 jam agar semua pori – porinya terisi air (jenuh air).
2. Keluarkan agregat dari air, untuk agregat kasar lap dengan kain bersih agar permukaannya menjadi kering dan tercapai kondisi SSD, sedangkan untuk agregat halus masukkan sebentar (± 30 menit) ke dalam oven agar tercapai keadaan pasir basah (wet).
3. Masukkan agregat (± 60 gram untuk agregat halus dan ± 70 gram untuk agregat kasar) ke dalam 20 cawan dimana nantinya 10 cawan dimasukkan dalam microwave oven dan sisanya dimasukkan dalam oven standard.
4. Timbang masing- masing cawan + agregat tersebut.
5. Masukkan 10 cawan + agregat tersebut ke dalam oven yang diset pada suhu 110° C selama 24 jam untuk pengeringan dan 10 cawan + agregat yang lain ke dalam microwave oven untuk dikeringkan.
6. Set microwave oven pada high temperatur selama 2 menit pengeringan, selanjutnya keluarkan cawan + agregat dan ditimbang, masukkan kembali ke dalam microwave oven selama 1 menit pengeringan dan ditimbang lagi. Demikian pada menit ke 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 dan seterusnya sampai didapat berat kering yang konstan.
7. Pencatatan dilakukan selama proses pengeringan untuk tiap interval waktu sampai didapat berat kering yang konstan.

Untuk agregat dilakukan perumusan yang sama yaitu :

$$W = \frac{W_t}{W_s} \times 100 \%$$

Di mana :

W_t = Berat air dalam agregat

W_s = Berat agregat dalam keadaan kering

Dalam penelitian ini beton yang akan diukur kadar airnya dibuat di laboratorium, di mana perhitungan mix design memakai sistem DOE (British Department of Environment) yang sesuai dengan kondisi di Indonesia, dan mix design lebih dikonsentrasikan pada pembuatan beton dengan faktor air semen yang bervariasi yaitu rendah, sedang dan tinggi dengan memakai agregat kasar berupa kerikil batu pecah yang dihasilkan dari mesin pemecah batu yang telah memenuhi persyaratan untuk dipakai dalam campuran beton normal, batu putih, serta batu karang dan batu apung yang mempunyai nilai penyerapan sangat tinggi.

Untuk pengesanan kadar air (water-cement rasio) dari beton segar dilakukan pada tiga nilai yaitu: w-c 0.30 (slump 10), w-c 0.50 (slump 45) dan w-c 0.70 (slump 120). Setiap nilai water-cement ratio dilakukan 2 kali percobaan (dengan dua buah alat microwave oven) dengan tiap kali penimbangan dimulai sejak dari pengeringan selama 8 menit, 10 menit, 12 menit, 14 menit, 16 menit, 18 menit, 20 menit dan seterusnya dengan selang 2 menitan sampai didapat berat kering yang konstan

Adapun langkah – langkah dalam mix design berdasarkan metode DOE, adalah sebagai berikut :

1. Menentukan faktor air semen.

Dalam penelitian ini akan diukur kadar air beton segar untuk beberapa nilai faktor air-semen (w-c ratio), sehingga nilai faktor air semen ditentukan terlebih dahulu untuk menghasilkan variasi nilai dari yang rendah, sedang dan tinggi. Dalam perencanaan tetap mengacu pada kekuatan tekan rencana pada umur 28 hari yang biasa dipakai dalam perencanaan kekuatan beton ($f_m = f_c + k_s$), dari tabel 2, fig 4 dapat ditentukan kekuatan tekan beton dengan faktor air semen 0.5 sesuai dengan umur yang direncanakan, tipe semen dan tipe agregat yang digunakan. Kekuatan tekan beton tersebut kita gambarkan pada fig 4 , kemudian dibuat kurva yang melalui titik tersebut dan sejajar dengan kurva yang berdekatan. Kekuatan tekan rencana beton kita gambarkan sehingga memotong kurva baru tadi dengan demikian kita dapatkan faktor air semen. Dan nilai faktor air semen yang kita dapatkan ini harus sama atau lebih besar dengan nilai faktor air semen yang telah ditentukan sebelumnya.

2. Menentukan persen pasir – agregat

Dari figure 6 dapat ditentukan persen pasir – agregat, dimana tergantung pada diameter maksimum agregat, slump rencana, gradasi / zone agregat halus (didefinisikan sebagai persentase agregat yang lolos ayakan 600 μm) serta faktor air semennya.

3. Menentukan jumlah air.

Dari tabel 3 dapat ditentukan jumlah air yang dibutuhkan sesuai dengan type agregat yang dipakai, diameter maksimum serta slump yang direncanakan.

4. Menentukan jumlah semen

Dari langkah 1 dan 2 didapat jumlah semen = $\frac{\text{jumlah air}}{\text{faktor air - semen}}$

Jumlah semen tersebut dikontrol dengan jumlah semen maksimum dan minimum yang diijinkan.

5. Menentukan proporsi / total agregat dalam keadaan SSD.

Dari figure 5 dapat ditentukan berat volume beton basah dimana tergantung pada relative density daripada agregat campuran (pasir dan kerikil) dan jumlah air yang dibutuhkan. Dengan mengetahui berat volume beton basah, maka jumlah agregat total dapat ditentukan sbb :

Jumlah agregat total : Berat volume beton basah – berat semen – berat air.

Dengan demikian berat masing – masing agregat dapat dicari sebagai berikut :

Agregat kasar = (100 – persen pasir agregat) * jumlah agregat total

Agregat halus = (persen pasir agregat * jumlah agregat total)

Contoh perhitungan mix design dengan metode DOE

Campuran beton akan dibuat dengan persyaratan :

1. w-c ratio sebesar 0.3 .

2. Slump sebesar 10 mm.
3. Kuat tekan karakteristik 40 Mpa pada 28 hari, 5 % defektif.
4. Portland semen biasa (OPC) Indonesia.
5. Ukuran maksimum agregat 30 mm.

Penyelesaian :

- Dari fig 3 didapat standard deviasi sebesar 8 Mpa (item 1.3).
- Target mean strength didapat dengan menjumlahkan C1 (margin, dengan $k = 1.96$ dan characteristic strength dihasilkan $C2 = 53.1$ Mpa.(item 1.4)
- Dari tabel 2 dengan material yang dipakai, untuk faktor air-semen 0.5 didapat kuat 42 N/mm^2 pada 28 hari, pasang nilai ini pada fig 4. Untuk kuat target 53.1 N/mm^2 didapat faktor air semen 0.47 (item 1.7), karena lebih besar yang disyaratkan (0.3) maka dipakai $w-c = 0.3$.
- Tipe agregat kasar yang dipakai adalah cruhed sedangkan agregat halus dipakai uncrushed (item 1.6), dimana agregat halus yang lolos ayakan $600 \mu\text{m} = 67.4 \%$, dengan fig 6 dengan mengetahui pula agregat maksimum, slump, dan faktor air semen didapat proporsi agregat halus sebesar $= 21.44 \%$ sehingga dapat dihitung kepadatan relatif agregat kombinasi $= (0.35 * 21.44 \%) + (0.65 * 78.56\%) = 2.63$. (item 4.1).
- Dari tabel 3, dengan ukuran maksimum agregat 30 mm, agregat kasar batu pecah, slump 10 mm, didapat kadar air bebas $= 145 \text{ kg/m}^3$ (item 2.3).

Jumlah semen didapat dengan membagi kadar air dengan faktor air-semen

$$= 145 : 0.3 = 484 \text{ kg/m}^3 \text{ (item 3.1)}.$$

- Dari fig 5 dengan kepadatan relatif 2.63 dan kadar air 145 kg/m^3 , didapat kepadatan beton basah 2441 kg/m^3 .
- Jumlah agregat total = $2441 - 484 - 145 = 1812 \text{ kg/m}^3$
Jumlah agregat halus = $1812 * 0.2144 = 388 \text{ kg/m}^3$
Jumlah agregat kasar = $1812 - 388 = 1424 \text{ kg/m}^3$

Untuk campuran beton dengan nilai faktor air semen yang lain, dipakai cara perhitungan yang sama dengan diatas.

Tabel 4.1
Contoh Perhitungan Mix Design

Stage	Item	Reference	Values
			Or calculation
I	1.1 Characteristic strength	Specified	<u>40</u> N/mm ² at 28 days.
	1.2 Standard deviation	Fig 3	Proportion defectif <u>5</u> % N/mm ² or no data 8 N/mm ²
	1.3 Margin	C1	(k = 1.96)
	1.4 Target mean strength	C2	$40 + 13.1 = 53.1$ Mpa
	1.5 Cement type	Specified	OPC
	1.6 Aggregate type : coarse		crushed
	Aggregate type : fine		uncrushed
	1.7 Free-water / cement ratio	Table 2, Fig 4	0.47
1.8 Maximum free	-water/cement ratio	Specified	0.3
		Use	<u>0.3</u>
II.	2.1 Slump or Vebe time	Specified	slump <u>10</u> mm
	2.2 Maximum aggregate size	Specified	<u>30</u> mm
	2.3 Free water content	Table 3	<u>145</u> kg/m ³
III	3.1 Cement content	C3	$145 : 0.3 = 484$ kg/m ³
	3.2 Maximum cement content	Specified	<u>0</u> kg/m ³
	3.3 Minimum cement content	Specified	<u>0</u> kg/m ³
	3.4 Modified free-water/cement ratio		<u>0.30</u>
IV	4.1 Relative density of		<u>2.63</u>
		Aggregata (SSD)	
	4.2 Concrete density	Fig 5	2441 kg/m ³
4.3 Total aggregate content	C4	$2441 - 484 - 145 = 1812$ kg/m ³	
V	5.1 Grading of fine	Percentage passing 600 μ m sieve	= 67.4 %
		Aggregate	
	5.2 Proportion of fine	Fig 6	= 21.44 %
		Aggregate	
5.3 Fine aggregate content		$1812 * 0.2144 = 388$ kg/m ³	
5.4 Coarse aggregate content		$1812 - 388 = 1423$ kg/m ³	

Quantities	Cement	Water	Fine aggregate	Coarse aggregate
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Per m ³	484	145	388	1423

Prosedur tes yang digunakan untuk mengeringkan sampel beton segar dalam microwave oven adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan sampel beton dengan w-c tertentu (0.3, 0.5 dan 0.7) kira-kira 1500 g (masing-masing w-c 2 sampel)
2. Masukkan cawan keramik + sampel tersebut ke dalam microwave oven yang di set pada *high temperatur* dan proses pengeringan dilakukan.
3. Pada 5 menit pertama sampel perlu dikeluarkan dari microwave oven karena dalam proses perubahan dari beton cair menjadi massa yang padat dengan pengeringan terdapat beberapa buih dan uap air yang terjebak dalam bagian sebelah dalam beton yang menjadi penghalang pengeringan yang sempurna dari sampel, kemudian dengan alat pengaduk (scraper) diperlukan untuk memisahkan agregat kasar dari mortar dan untuk mendapatkan luasan permukaan yang lebih besar. Pekerjaan ini harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari tercecernya material dari sampel dan pekerjaan ini tidak boleh lebih dari 45 detik. Sampel dimasukkan kembali ke dalam microwave untuk pengeringan selama 3 menit lagi, setelah itu dikeluarkan untuk penimbangan yang pertama (8 menit) dilanjutkan 2 menit pengeringan untuk penimbangan kedua (10 menit) begitupun selanjutnya untuk pengeringan selama 12 menit, 14 menit, 16 menit dan seterusnya

4. Pencatatan dilakukan selama proses pengeringan untuk tiap interval waktu sampai didapat berat kering yang konstan.

Perhitungan kadar air beton segar diatas menggunakan rumus :

$$W = \frac{W_t}{W_s} \times 100 \%$$

Di mana :

W_t = Berat total air dalam beton segar

W_s = Berat beton segar dalam keadaan kering