

PENGUKURAN KADAR AIR AGREGAT DAN BETON SEGAR DENGAN MENGGUNAKAN *MICROWAVE OVEN*

Handoko Sugiharto, Gideon Hadi Kusuma

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

Hadi Pranoto, Rusli Sarjimin

Alumni Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Pengukuran kadar air pada agregat dan beton segar dengan metode konvensional memerlukan waktu yang cukup lama, maka dilakukan penelitian penggunaan *microwave oven* sebagai metode alternatifnya.

Microwave oven yang digunakan mempunyai daya 900 watt dan dilengkapi dengan piring putar. Dilakukan penelitian terhadap 9 tipe agregat (5 jenis agregat halus dan 4 jenis agregat kasar) dengan berbagai nilai absorpsi. Sedangkan untuk beton segar dibuat 4 macam campuran dengan berbagai nilai absorpsi agregat. Faktor air-semen yang digunakan adalah 0.3, 0.5 dan 0.7. Hasil pengukuran kadar airnya dengan *microwave oven* dibandingkan terhadap *oven standard*.

Hasil tes yang diperoleh menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengukur kadar air agregat halus dan kasar dengan tidak tergantung pada nilai absorpsinya. Untuk agregat halus dibutuhkan waktu pengeringan selama 9 menit dengan ketelitian 100%, untuk agregat kasar selama 11 menit dengan ketelitian 96%. Untuk beton segar dengan agregat yang nilai absorpsinya di bawah 5% selama 18 menit dengan ketelitian 98%. Untuk beton segar dengan agregat yang nilai absorpsinya 40% dibutuhkan waktu 35 menit dan hasil yang dicapai hanya sanggup mengukur kadar air total, rata-rata sebesar 80% dari total kandungan air dari beton segar yang diukur.

Kata kunci: *microwave oven*, kadar air, agregat, beton segar

ABSTRACT

The conventional method of water content measurement of aggregate and fresh concrete need along time to perform. As an alternative the use of microwave oven is explored in this research.

The microwave oven used has 900 watt power and equipped with a turn table. Nine (9) type of aggregate consist of five (5) type of fine aggregate and four (4) type of coarse aggregate with various water absorption value, are investigated. The water contents measured is then compared with the once obtained using conventional oven. Four (4) type of mix using aggregate with various water absorption values. Water content used for the fresh concrete mix is 0.3, 0.5 and 0.7.

The test results show that this method can be used to measure water content of fine and coarse aggregate regardless of the water absorption values of the aggregates. For fine aggregate nine (9) minutes drying time is needed to get 100% accuracy while for coarse aggregate 11 minutes with 96% accuracy. For fresh concrete using aggregate with less than 5% absorption value 18 minutes is needed to get 98% accuracy, while for aggregate with 40% absorption value 35 minutes is needed to get 80% accuracy.

Keywords: microwave oven, water content, aggregate, fresh concrete.

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Mei 2000, Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil volume 2 nomor 2 September 2000.

PENDAHULUAN

Metode pengukuran kadar air pada agregat dan beton segar yang ada saat ini [1,2,3] memerlukan waktu yang cukup lama sehingga tidak praktis diterapkan di lapangan. Oleh karena itu diperlukan suatu metode yang sederhana, cepat, praktis, akurat dan harga yang relatif murah. Pengertian dengan *microwave oven* memberikan kemungkinan ini.

Untuk pengukuran kadar air agregat dilakukan pada agregat halus dan kadar dengan berbagai nilai absorpsi. Sedangkan untuk pengukuran kadar air pada beton segar dilakukan dengan menggunakan agregat yang memiliki porositas rendah dan tinggi serta nilai *w/c* (*water cement ratio*) yang beragam.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti kemampuan *microwave oven* sebagai alat pengukur kadar air agregat dan beton segar dengan waktu pengukuran yang relatif singkat dan akurat.

TINJAUAN PUSTAKA

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, yang kedua sebagai pelumas campuran kerikil, pasir dan semen agar dapat ditempatkan ke dalam cetakan dengan kelecakan sesuai rencana. Air dalam campuran beton terdiri dari:

1. Air yang terserap di dalam agregat (w_a)
2. Air yang berada pada permukaan agregat (w_s)
3. Air yang ditambahkan selama proses pencampuran (w_m)

Air yang berada pada permukaan agregat (w_s) dan air yang ditambahkan selama proses pencampuran (w_m) dinamakan air bebas. Faktor air-semen, $w/c = (w_s + w_m)/w_c = w/w_c$, dimana, w_c menunjukkan berat semen. Di dalam persamaan ini dianggap bahwa agregat dalam keadaan *SSD* (*Saturated Surface Dry*). Di lapangan sangatlah sulit untuk mencapai keadaan *SSD*, sehingga perlu untuk mengkonversikan keadaan yang sebenarnya dari agregat di lapangan menjadi keadaan *SSD*, yaitu dengan mengetahui total kadar air dan kapasitas absorpsi dari agregat yang diukur.

Kadar air bebas = total kadar air – kapasitas absorpsi. Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan bahwa air yang terkandung dalam agregat akan mempengaruhi jumlah air yang

diperlukan di dalam campuran. Salah satu sifat yang sangat mempengaruhi besarnya air yang terdapat dalam agregat adalah porositas dan absorpsi agregat.

Pengukuran kadar air agregat dan beton segar sesuai dengan standard ASTM

Sesuai dengan standard ASTM pengukuran kadar air agregat halus dan kasar dalam keadaan *SSD* maupun keadaan asli dilakukan dengan cara sederhana yakni dengan menimbang agregat yang masih mengandung kadar air, lalu mengeringkannya dalam *oven* pada suhu $105^\circ \pm 5^\circ \text{C}$ selama 24 jam ditimbang lagi sebagai berat kering dan dihitung besarnya kadar air dari agregat tersebut [1,2]. Sedangkan untuk pengukuran kadar air beton segar telah distandarisasikan pula dalam ASTM C 1079-87 [3].

Pengukuran kadar air beton segar (faktor air semen) telah mengalami perkembangan-perkembangan metode dan penelitian terutama di lakukan di luar negeri mungkin bermula dilakukan *Kelly* dan *Vail* di Inggris, mengukur kadar air beton dengan memakai *Chloride* yang ditambahkan pada campuran beton yang akhirnya mengalami perkembangan dan yang sekarang distandarisasikan oleh ASTM C 1079 [3] sebagai test untuk pengukuran kadar air beton segar, juga *Naik* dan *Ramme* [4] mengembangkan metode berdasarkan prinsip *buoyancy* di mana kadar air dapat dihitung dengan mengetahui berat beton segar di udara dan di dalam air, *specific gravity* (*Gs*) dari agregat dan semen, serta mengetahui proporsi agregat terhadap semen yang dipakai dalam campuran. Perkembangan berlangsung terus sampai akhirnya dikembangkan metode *microwave oven* yang pertama kali dilakukan oleh negara bagian *North Dakota* untuk mengukur kadar air dari beton. Metode *microwave oven* juga pernah dievaluasi oleh *Naik* dan *Ramme* [4] dan oleh *Mohamad Nagi* dan *David Whiting* [5]

Pengukuran kadar air agregat dan beton segar dengan alat *microwave oven*

Cara kerja dari *microwave oven* memakai prinsip bahwa atom benda yang di oven akan mengabsorpsi/menyerap energi dari radiasi frekwensi gelombang mikro (*microwave-frequency radiation*) yang menyebabkan bergetar sampai 2450 juta getaran perdetik, dari getaran ini menyebabkan timbulnya panas (*friction heat*) pada makanan/benda yang ada dalam alat *microwave oven* [6].

Microwave oven ini bekerja pada daya 700 watt sampai beberapa kilo watt di mana *microwave oven* ini memakai *magnetron* [7]. Yang dimaksud dengan *magnetron* adalah tabung elektron yang menguatkan atau membangkitkan osilasi frekwensi radio gelombang mikro berdasarkan pengaruh medan magnet pada elektron-elektron.

Prosedur pelaksanaan dan perhitungan pengukuran kadar air agregat dengan menggunakan *microwave oven* hampir sama dengan prosedur pelaksanaan dan perhitungan dengan memakai *oven standard*. Perbedaan hanya pada waktu pengukuran, di mana jika memakai *microwave oven* hanya berlangsung beberapa menit, sedangkan bila *oven standard* memerlukan waktu 24 jam untuk mengeringkan agregat. Hal ini karena kemampuan *microwave oven* untuk menghasilkan panas yang cukup tinggi dan menyerap kandungan air yang ada pada material atau agregat yang dioven.

METODOLOGI PENELITIAN

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 daya 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 100 g pasir.
3. Alat pengaduk beton/agregat
4. Timbangan dengan kapasitas minimal 5000 g dengan ketelitian 0.1 gram.

Di dalam penelitian ini hasil pengukuran kadar air agregat dengan *microwave oven* dibandingkan dengan *oven standard* untuk mendapatkan tingkat ketelitiannya. Sedangkan hasil pengukuran kadar air pada beton segar dengan *microwave oven* dibandingkan dengan perhitungan *mix design*.

Untuk mengetahui kemampuan pengeringan *microwave oven* terhadap berbagai macam agregat, maka pengukuran dilakukan terhadap 9 tipe agregat, yaitu 5 jenis agregat halus dan 4 jenis agregat kasar dengan berbagai nilai absorpsi. Sedangkan untuk beton segar dibuat 4 macam campuran dengan berbagai nilai absorpsi

agregat. Faktor air-semen yang digunakan adalah 0.3, 0.5 dan 0.7. Dengan harapan nilai-nilai tersebut dapat mewakili keadaan campuran di lapangan.

Data Agregat terlihat dalam tabel 1:

Tabel 1. Data Agregat

Agregat Halus	Absorpsi (%)	Gs (gr/cm ³)	B. Volume (gr/cm ³)
Pasir Putih 1	0.5690	2.606	1.5641
Pasir Putih 2	2.0930	2.615	1.6780
Pasir Putih 3	2.6121	2.602	1.6180
Pasir Concrete	4.5179	2.639	1.6124
Pasir Hitam G. Gansir	1.6927	2.748	1.6761
Agregat Halus	Absorpsi (%)	Gs (gr/cm ³)	B. Volume (gr/cm ³)
B. Hitam Concrete	1.631	2.627	1.3100
B. Putih Gubung	2.093	2.422	1.2356
B. Karang	41.075	1.755	0.6196
B. Apung	64.602	1.283	0.4427

Prosedur pengukuran kadar air agregat :

1. Membuat agregat menjadi keadaan SSD dan basah.
2. Menimbang cawan kosong dan cawan dan agregat (di mana untuk agregat halus ± 60 gr sedangkan agregat kasar ± 70 gr).
3. 10 cawan dan agregat dimasukkan ke dalam *oven standard* selama 24 jam dan 10 cawan yang lain ke dalam *microwave oven* untuk proses pengeringan sampai dicapai berat kering yang konstan. Proses pengeringan dan penimbangan pada menit ke 2, 3, 5, 7, dan seterusnya tiap 2 menit.
4. Hitung kadar air : $W = (W_t/W_s) \times 100\%$
dimana :
 W_t = Berat air dalam agregat
 W_s = Berat agregat dalam keadaan kering

Prosedur pengukuran kadar air 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 dua (2) sampel.
2. Masukkan cawan keramik dan 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 terjadi proses dari beton cair menjadi massa yang lebih padat. 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 oven* untuk pengeringan selama 3 menit lagi, setelah itu dikeluarkan untuk penimbangan yang pertama (8 menit) dilanjutkan pengeringan berikutnya 10 menit, 14 menit dan seterusnya tiap 2 menit.

4. Pencatatan dilakukan selama proses pengeringan untuk tiap interval waktu sampai didapat berat kering yang konstan. Perhitungan kadar air beton segar diatas menggunakan rumus : $W = (W_t/W_s) \times 100 \%$ dimana :
 W_t = Berat total air dalam beton segar
 W_s = Berat beton segar dalam keadaan kering

HASIL PENGAMATAN DAN ANALISA

Penyelidikan terhadap pemakai *microwave oven* sebagai alat pengukuran kadar air agregat telah dilakukan dengan pengujian analisa saringan dan tes *crushing*. Dimana pengaruh material sesudah dimasukkan kedalam *microwave oven* dengan material sebelum dimasukkan kedalam *microwave oven* ditunjukkan dalam tabel 1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4 dan grafik 1, 2, 3

Pengamatan terhadap agregat

Hasil pengukuran di laboratorium dianalisa dengan uji–uji statistik (termasuk uji t). Tujuannya untuk mencari waktu pengukuran di dalam *microwave oven* yang memberikan hasil yang sama atau memenuhi terhadap hasil dari pengukuran dengan *oven standard*.

Salah satu cara untuk menguji beda antara dua *mean* adalah dengan menggunakan uji-t. Untuk menentukan perbandingan kedua alat antara *microwave oven* dan *oven standard* pada pengukuran kadar air agregat diperlihatkan pada grafik 4 dan grafik 5.

Selanjutnya ditampilkan dalam bentuk tabel 5, 6, 7 dan grafik 4, 5, 6 hubungan kadar air agregat di dalam *microwave oven* tiap waktu terhadap *oven standard*.

Pengamatan terhadap beton segar

Nilai kadar air beton segar yang diukur dengan menggunakan *microwave oven* dibandingkan

dengan jumlah air yang diberikan dalam *mix design* dan kadar air agregat penyusun beton

Hasil perhitungan ditampilkan dalam tabel 9, 10, 11, 12 dan gambar 7, 8, 9, 10, 11, 12 perbandingan nilai kadar air beton segar dengan memakai *microwave oven* terhadap *oven standard*.

DISKUSI DAN KESIMPULAN

Hasil evaluasi dari percobaan yang telah dilakukan di laboratorium telah menunjukkan kesimpulan diantaranya:

1. Nilai absorpsi dan porositas pada agregat tidak mempengaruhi kemampuan *microwave oven* dalam mengukur kadar air agregat.
2. Perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk penetesan agregat terjadi pada agregat halus dengan agregat kasar dimana dari hasil penelitian untuk agregat halus dibutuhkan waktu pengeringan selama 9 menit di dalam *microwave oven* dengan ketelitian 100% sedangkan untuk agregat kasar dibutuhkan waktu pengeringan selama 11 menit dengan ketelitian 96% terhadap hasil pengeringan dengan *oven standard*.
3. Hasil pengukuran kadar air agregat dengan uji-t statistik pada 9 menit dan 11 menit tidak menunjukkan perbedaan hasil pengukuran dua alat.
4. Pada pengukuran kadar air agregat halus untuk dua keadaan yaitu SSD dan basah diperoleh hasil yang tidak berbeda dalam waktu pengeringan, jadi kadar air yang ada di dalam agregat tidak mempengaruhi kemampuan *microwave oven* untuk mengukurnya.
5. Dalam penelitian ini, khususnya untuk agregat dalam keadaan SSD yang akan diukur kadar airnya, teknik pengambilan sampling harus diperhatikan agar tidak terjadi perbedaan antara populasi sampel yang akan diukur menggunakan *microwave oven* dengan *oven standard* mengingat kadar air agregat dalam keadaan SSD cepat terjadi perubahan berat akibat udara luar sebelum proses pengukuran/penimbangan dilakukan, hal ini berbeda jika dibandingkan dengan agregat yang mengandung kadar air yang cukup tinggi (agregat halus keadaan basah) di mana pengaruh penguapan udara luar tidak berpengaruh besar untuk menyebabkan perbedaan kondisi kedua populasi sampel yang

akan diukur dengan kedua alat. Dan hal inilah yang menyebabkan hasil yang didapat dalam percobaan dari 5 sampel agregat halus (kondisi SSD) terlihat adanya perbedaan untuk mencapai nilai 100% terlihat pada grafik 24 (lebih menyebar dibandingkan dengan grafik 23 untuk 5 sampel agregat halus dalam keadaan basah).

6. Dengan *microwave oven* pengukuran kadar air beton segar menjadi mudah dan cepat dilakukan. Namun dari hasil percobaan ternyata beton yang memakai agregat normal (dengan Gs di atas 2.3 gr/cm³ dengan nilai absorpsi di bawah 5%) saja cukup memberikan hasil yang optimal jika diukur dengan memakai *microwave oven* (memerlukan waktu selama 18 menit pengeringan, dengan ketelitian 98%) sedangkan untuk agregat ringan dengan kemampuan daya serap air yang tinggi seperti batu karang dan batu apung *microwave oven* memerlukan waktu yang cukup lama (sampai 35 menit) dan hasil yang dicapai hanya sanggup mengukur kadar air total rata-rata sebesar 80% dari total kandungan air dari beton segar yang diukur.
7. Dari hasil pengamatan dengan analisa saringan, pengaruh gelombang mikro terhadap agregat (halus dan kasar) tidak berpengaruh besar terhadap ketelitian di dalam pengukuran kadar air dimana dari 1000 gram agregat halus yang dipanaskan di dalam *microwave oven* selama 25 menit terjadi pengurangan berat kurang lebih 4 gram, ini disebabkan karena penguraian dari bahan-bahan organik yang ada, demikian pula untuk agregat kasar perilaku gelombang mikro dalam menghasilkan panas tidak mempengaruhi kekuatan tekan dari agregat kasar (hasil dari *test srushing*) serta tidak terjadi perubahan berat.
4. Naik, Tarun R and Ramme, Bruce. W. *Determination of the water-Cement Ratio of Concrete by the Buoyancy Principle*. ACI Material S. Journal, Vol. 86, no.1, Jan-Feb, hal 3-8, 1989.
5. Nagi, M. and Whiting D., *Determination of Water Content of Fresh Concrete Using Microwave Oven*, Cement, Concrete and Aggregates, 1994.
6. Collin, R. *Foundations for Microwave Engineering*, 1992.
7. Hund, E. *Microwave Communications: Components and Circuits*, 1989.
8. Hadi P.dan Rusli S., *Penggunaan Microwave Oven Untuk Pengukuran Kadar Air Agregat dan Beton Segar*. Skripsi Sarjana-Teknik Sipil. Universitas Kristen Petra, 1999.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM C 128-84, Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates.
2. ASTM C 127-84, Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates.
3. ASTM C 1079-87, Test Methodes for Determining the Water Content of Freshly Concrete.

ANALISA AYAKAN: BS 882 : PART 2 : 1973

Tabel 2a. Analisa Ayakan Pasir Hitam Concrete Sebelum Masuk Microwave Oven [9]

NO. AYAKAN	BERAT AYAKAN (gr)	BERAT AYAKAN + AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (%)	PRESENTAS E LOLOS (%)	PRESENTASE KUMULATIF (%)
*37.50 mm						
*20.00 mm						
*14.00 mm						
*10.00 mm						
* 5.00 mm						
* 2.36 mm	562.7					
* 1.18 mm	540.1	543.4	3.3	0.33	99.67	0.33
*0.600 mm	498.2	794.9	296.7	29.67	70.00	30.00
*0.300 mm	461.4	913.1	451.7	45.17	24.83	75.17
*0.150 mm	473.1	528.6	55.5	5.55	19.28	80.72
*0.075 mm	458.9	569.6	110.7	11.07	8.21	91.79
Dasar	353.4	435.5	82.1	8.21	0.00	100.00
Total	3347.8	3785.1	1000	100.00		

Fineness modulus = total kumulatif % berat yang tertinggal di ayakan / 100
= 2.7801

Tabel 2b. Analisa Ayakan Pasir Hitam Concrete Setelah Masuk Microwave Oven [9]

NO. AYAKAN	BERAT AYAKAN (gr)	BERAT AYAKAN + AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (%)	PRESENTAS E LOLOS (%)	PRESENTASE KUMULATIF (%)
*37.50 mm						
*20.00 mm						
*14.00 mm						
*10.00 mm						
* 5.00 mm						
* 2.36 mm	562.7					
* 1.18 mm	540.1	543.4	3.3	0.33	99.67	0.33
*0.600 mm	498.2	789.3	291.1	29.67	70.39	29.61
*0.300 mm	461.4	903.9	442.5	45.17	25.89	74.11
*0.150 mm	473.1	552.3	79.2	5.55	17.92	82.08
*0.075 mm	458.9	528.9	70	11.07	10.88	89.12
Dasar	353.4	461.6	108.2	8.21	0.00	100.00
Total	3347.8	3779.4	994.3	100.00		

Fineness modulus = total kumulatif % berat yang tertinggal di ayakan / 100
= 2.7524892

Tabel 3a. Analisa Ayakan Pasir Putih No. 1 (Paling Kasar) Sebelum Masuk Microwave Oven [9]

NO. AYAKAN	BERAT AYAKAN (gr)	BERAT AYAKAN + AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (%)	PRESENTAS E LOLOS (%)	PRESENTASE KUMULATIF (%)
*37.50 mm						
*20.00 mm						
*14.00 mm						
*10.00 mm						
* 5.00 mm						
* 2.36 mm	562.6				100.00	
* 1.18 mm	541.3	660.1	118.8	11.88	88.12	11.88
*0.600 mm	498	1358.6	860.6	86.03	2.09	97.91
*0.300 mm	461	479.2	18.2	1.82	0.27	99.73
*0.150 mm	473.1	474.2	1.1	0.11	0.16	99.84
*0.075 mm	458.9	459.2	0.3	0.03	0.13	99.87
Dasar	353.3	354.6	1.3	0.13	0.00	100.00
Total	3348.2	3785.9	1000.3	100.00		

Fineness modulus = total kumulatif % berat yang tertinggal di ayakan / 100
= 4.0922723

Tabel 3b. Analisa Ayakan Pasir Putih No. 1 (Paling Kasar) Setelah Masuk Microwave Oven [9]

NO. AYAKAN	BERAT AYAKAN (gr)	BERAT AYAKAN + AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (%)	PRESENTAS E LOLOS (%)	PRESENTASE KUMULATIF (%)
*37.50 mm						
*20.00 mm						
*14.00 mm						
*10.00 mm						
* 5.00 mm						
* 2.36 mm	562.6					
* 1.18 mm	541.3	642.2	100.9	1.99	89.90	10.10
*0.600 mm	498	1370.8	872.8	8.95	2.49	97.51
*0.300 mm	461	483.4	22.4	29.71	0.25	99.75
*0.150 mm	473.1	473.2	0.1	31.17	1.24	99.76
*0.075 mm	458.9	459.3	0.4	18.20	1.20	99.80
Dasar	353.3	355.3	2	9.98	0.00	100.00
Total	3348.2	3784.2	998.6	100.00		

Fineness modulus = total kumulatif % berat yang tertinggal di ayakan / 100
= 4.0691969

Tabel 4a. Analisa Ayakan Pasir Hitam Gunung Gangsir Sebelum Masuk Microwave Oven [9]

NO. AYAKAN	BERAT AYAKAN (gr)	BERAT AYAKAN + AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (%)	PRESENTAS E LOLOS (%)	PRESENTASE KUMULATIF (%)
*37.50 mm						
*20.00 mm						
*14.00 mm						
*10.00 mm						
* 5.00 mm						
* 2.36 mm	562.6					
* 1.18 mm	541.3	561.2	19.9	1.99	98.01	1.99
*0.600 mm	498	587.6	89.6	8.95	89.06	10.94
*0.300 mm	460.9	758.2	297.3	29.71	59.35	40.65
*0.150 mm	473	784.9	311.9	31.17	28.18	71.82
*0.075 mm	458.9	641	182.1	18.20	9.98	90.02
Dasar	353.3	453.2	99.9	9.98	0.00	100.00
Total	3348	3786.1	1000.7	100.00		

Fineness modulus = total kumulatif % berat yang tertinggal di ayakan / 100
= 2.1541921

Tabel 4b. Analisa Ayakan Pasir Hitam Gunung Gangsir Setelah Masuk Microwave Oven [9]

NO. AYAKAN	BERAT AYAKAN (gr)	BERAT AYAKAN + AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (gr)	BERAT AGREGAT (%)	PRESENTAS E LOLOS (%)	PRESENTASE KUMULATIF (%)
*37.50 mm						
*20.00 mm						
*14.00 mm						
*10.00 mm						
* 5.00 mm						
* 2.36 mm	562.6					
* 1.18 mm	541.3	560.6	19.3	1.94	98.06	1.94
*0.600 mm	498	584.4	86.4	8.67	89.39	10.61
*0.300 mm	460.9	753.9	293	29.40	59.99	40.01
*0.150 mm	473	520.1	47.1	4.73	55.27	44.73
*0.075 mm	458.9	832.6	373.7	37.50	17.77	82.23
Dasar	353.3	530.4	177.1	17.77	0.00	100.00
Total	3348	3782	996.6	100.00		

Fineness modulus = total kumulatif % berat yang tertinggal di ayakan / 100
= 1.7951034

TES CRUSHING

Tabel 5a. Kerikil dari Batu Putih [9]

No percobaan	I	II
	sebelum masuk microwave oven	sesudah masuk microwave oven
Berat silinder kosong	11776	11776
Berat silinder + kerikil	14285	14285
Berat kerikil (A)	2509	2509
B.lolos ayakan 2.36 (B)	777	785
Crushing (A/B * 100 %)	30.96851335	31.28736548

Tabel 5b. Kerikil dari Batu Hitam Concrete [9]

No percobaan	I	II
	sebelum masuk microwave oven	sesudah masuk microwave oven
Berat silinder kosong	11776	11776
Berat silinder + kerikil	14433	14433
Berat kerikil (A)	2657	2657
B.lolos ayakan 2.36 (B)	526	564
Crushing (A/B * 100 %)	19.79676327	21.22694769

Tabel 5c. Kerikil dari Batu Karang [9]

No percobaan	I	II
	sebelum masuk microwave oven	sesudah masuk microwave oven
Berat silinder kosong	11776	11776
Berat silinder + kerikil	12995	12995
Berat kerikil (A)	1219	1219
B.lolos ayakan 2.36 (B)	898	850
Crushing (A/B * 100 %)	73.66694011	69.7292863

Tabel 6. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Agregat Halus Keadaan Wet (Pasir) dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard [9]

Jenis agregat	2 menit (%)	3 menit (%)	5 menit (%)	7 menit (%)	9 menit (%)	11 menit (%)	13 menit (%)	15 menit (%)	> 17 menit (%)
PASIR NO.1(kasar)	62.40	88.98	100.50	100.67	100.74	100.64	100.57	100.57	100.57
PASIR NO.2 (sedang)	45.77	77.54	99.42	99.96	100.06	100.09	100.09	100.09	100.09
PASIR NO.3 (halus)	36.00	63.15	97.90	99.95	100.00	100.05	100.05	100.05	100.05
PASIR HITAM CONCRETE	50.89	76.96	98.43	99.66	100.13	100.17	100.29	100.32	100.34
PASIR HITAM G. GANGSIR	33.10	55.88	95.26	99.97	100.30	100.59	100.59	100.59	100.59

Tabel 7. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Agregat Halus Keadaan SSD (Pasir) dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard [9]

Jenis agregat	2 menit	3 menit	5 menit	7 menit	9 menit	11	13	15	17 menit	19	21	24	27
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	(%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)
PASIR NO.1(kasar)	91.55	91.90	92.88	93.20	93.22	92.88	93.18						
PASIR NO.2 (sedang)	67.35	97.50	98.78	99.21	99.55	99.55							
PASIR NO.3 (halus)	96.77	96.97	97.10	97.10	97.10	97.30	97.30						
PASIR HITAM CONCRETE	78.30	93.15	99.15	100.79	101.66	102.03	102.11						
PASIR HITAM G. GANGSIR	93.06	98.46	102.89	105.33	106.88	108.22	108.99	109.33	109.22	109.67	109.78	110.01	111

Tabel 8. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Agregat Kasar (Kerikil) dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard [9]

Jenis agregat	2 menit	3 menit	5 menit	7 menit	9 menit	11	13	15	17	19	21	23
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)
BATU APUNG	18.64	31.05	59.95	81.39	95.35	101.29	103.23	103.23	103.23	103.23	103.23	103.23
BATU KARANG	16.14	27.76	56.57	85.00	107.96	107.96	108.24	108.29	108.34	108.39	108.44	108.49
BATU PUTIH	35.54	50.28	65.47	78.07	86.20	90.79	92.53	92.97	92.97	92.97	92.97	92.97
BATU HITAM CONCRETE	49.26	59.30	73.92	84.38	90.06	93.07	94.71	95.49	95.83	96.69	98.25	98.25

Tabel 9. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Beton Segar dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard (dengan Agregat Batu Hitam Concrete) [9]

DENGAN AGREGAT B. HITAM CONCRETE	8 menit	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
	(%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)
SAMPEL 1 w-c 0.3	73.77	87.83	94.60	98.42	100.29	102.07	102.34	103.50	104.12	104.65	105.46	105.54	
SAMPEL 2 w-c 0.3	66.12	83.56	91.66	96.29	100.20	101.27	102.61	103.68	104.39	104.65	105.37	105.81	
SAMPEL 1 w-c 0.5	51.49	65.69	81.84	90.59	95.17	97.66	98.87	100.22	100.89	101.22	101.56	102.10	102.37
SAMPEL 2 w-c 0.5	56.94	71.81	85.21	92.21	95.17	97.19	98.47	99.48	100.08	100.42	100.82	101.22	101.29
SAMPEL 1 w-c 0.7	50.60	63.66	78.79	90.29	95.55	98.34	99.58	100.68	101.33	101.79	102.37	102.76	102.76
SAMPEL 2 w-c 0.7	33.19	71.84	84.77	93.21	96.59	98.86	99.97	100.88	101.27	101.72	102.31	102.50	102.50

Tabel 10. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Beton Segar dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard (dengan Agregat Batu Karang) [9]

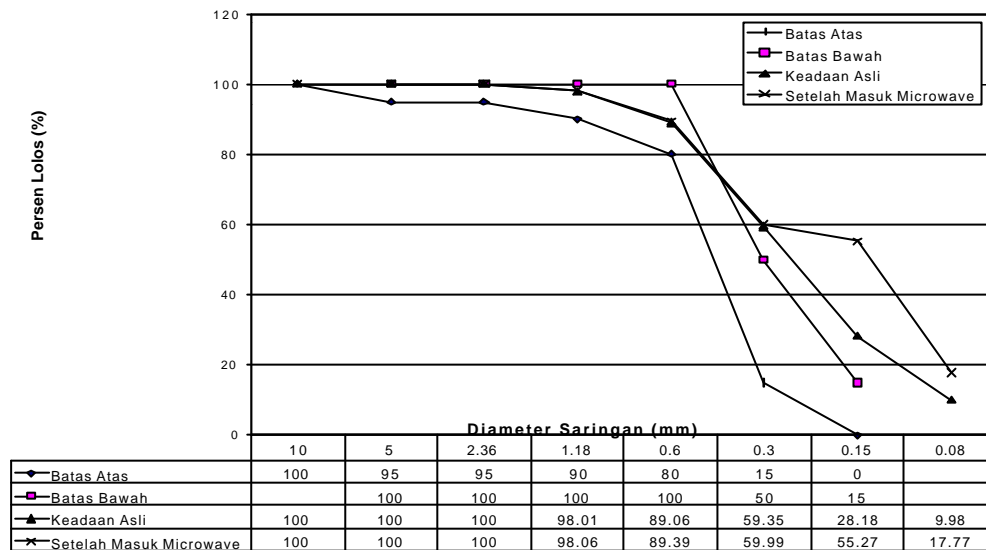
DENGAN AGREGAT B. KARANG	8	10 menit	12 menit	14 menit	16 menit	18 menit	20 menit	22 menit	24 menit	26 menit	28 menit	30 menit	32 menit	34 menit	36 menit	38 menit	40 menit
	menit (%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
SAMPEL 1 w-c 0.3	19.05	26.65	34.63	42.18	51.02	60.46	66.58	76.04	81.53	87.79	90.40	91.11	91.44	91.60	91.77	91.79	
SAMPEL 2 w-c 0.3	21.54	29.36	38.56	48.02	55.63	65.70	72.86	81.89	87.49	91.55	92.62	93.30	93.36	93.44	93.69	93.80	
SAMPEL 1 w-c 0.5	17.89	24.31	30.97	38.03	46.98	54.22	60.57	68.45	74.29	78.10	79.75	80.26	80.51	80.69	80.87	81.05	81.22
SAMPEL 2 w-c 0.5	8.41	15.65	24.16	32.93	39.96	49.29	55.92	64.28	69.46	73.22	74.21	74.85	74.90	74.97	75.20	75.30	75.36
SAMPEL 1 w-c 0.7	11.92	17.08	22.50	27.60	33.60	39.83	46.22	52.94	58.06	63.41	68.18	71.02	72.05	72.49	72.67	72.82	
SAMPEL 2 w-c 0.7	13.80	19.69	26.05	32.02	39.26	45.31	51.53	57.62	64.09	69.60	73.52	75.31	75.93	76.09	76.40	76.48	

Tabel 11. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Beton Segar dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard (dengan Agregat Batu Putih) [9]

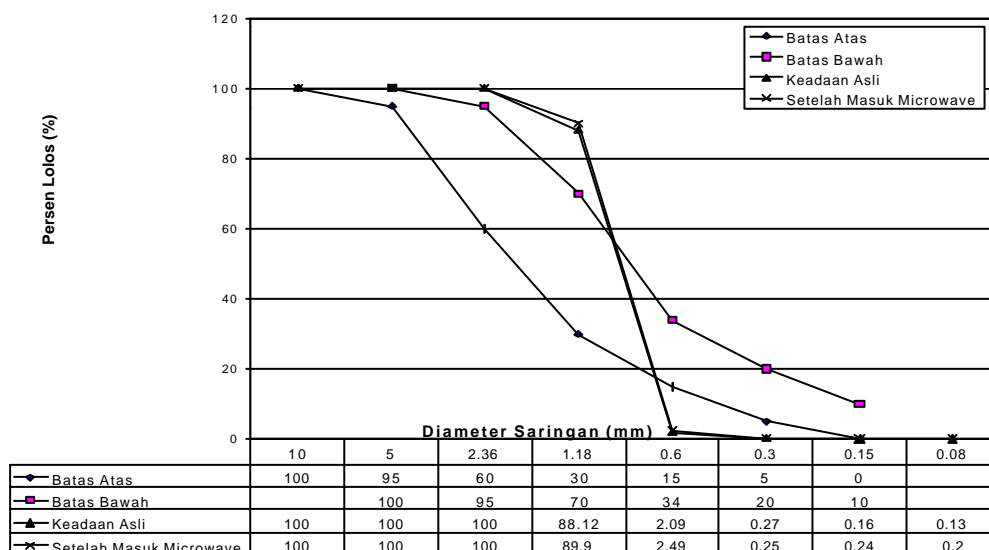
DENGAN AGREGAT B. PUTIH	8 menit	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
	(%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)
SAMPEL 1 w-c 0.3	67.68	86.32	93.79	95.94	97.05	97.74	98.26	98.60	98.60	98.60			
SAMPEL 2 w-c 0.3	75.75	91.81	95.51	96.88	97.74	98.26	98.60	98.94	99.03	99.03			
SAMPEL 1 w-c 0.5	50.93	65.45	80.50	93.66	97.93	99.36	100.10	100.64	100.64	100.64	100.64	100.64	
SAMPEL 2 w-c 0.5	58.66	75.01	90.47	97.93	99.69	100.78	101.19	101.39	101.46	101.46	101.46	101.46	
SAMPEL 1 w-c 0.7	47.53	63.36	76.37	90.49	96.47	98.12	99.10	99.47	99.84	99.96	100.14	100.32	100.38
SAMPEL 2 w-c 0.7	54.99	69.77	83.77	94.89	97.94	99.35	99.90	100.45	100.45	100.69	100.81	100.87	100.87

Tabel 12. Persentase Hasil Pengukuran Kadar Air Beton Segar dengan Memakai Microwave Oven Terhadap Oven Standard (dengan Agregat Batu Apung) [9]

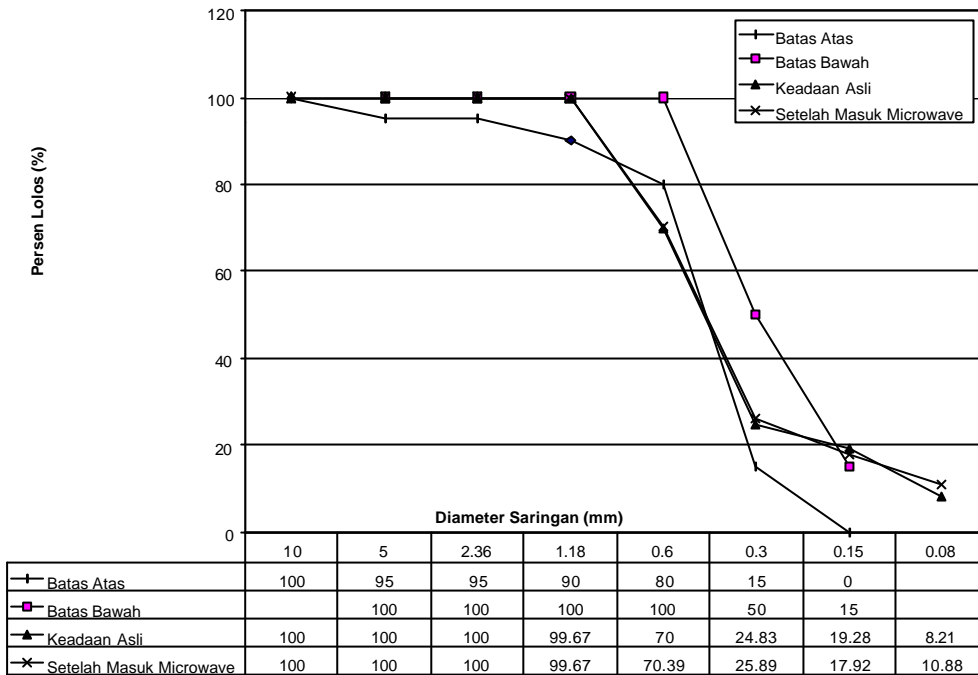
DENGAN AGREGAT B. APUNG	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)	menit (%)
SAMPEL 1 w-c 0.3	16.62	20.23	26.96	32.68	38.64	45.26	50.31	56.02	60.82	65.64	68.97	70.94	72.14	72.66	72.95		
SAMPEL 2 w-c 0.3	16.72	22.60	29.43	36.17	42.60	48.44	54.53	60.10	65.77	69.17	71.48	72.41	72.83	73.12	73.31		
SAMPEL 1 w-c 0.5	14.95	21.69	28.98	35.66	41.44	47.04	54.14	60.37	66.13	72.13	75.60	78.30	79.52	80.05	80.36	80.59	
SAMPEL 2 w-c 0.5	12.50	19.55	26.78	33.70	39.97	47.29	54.18	60.46	67.40	74.11	78.94	81.70	83.08	83.68	83.97	84.23	
SAMPEL 1 w-c 0.7	15.26	22.17	29.65	35.46	41.77	48.54	54.76	61.62	67.45	72.85	76.77	79.78	81.36	82.46	83.29	83.47	83.66
SAMPEL 2 w-c 0.7	14.12	21.07	28.51	34.66	41.75	48.45	56.12	62.73	68.46	73.28	76.64	78.82	80.26	81.06	81.55	81.87	81.98



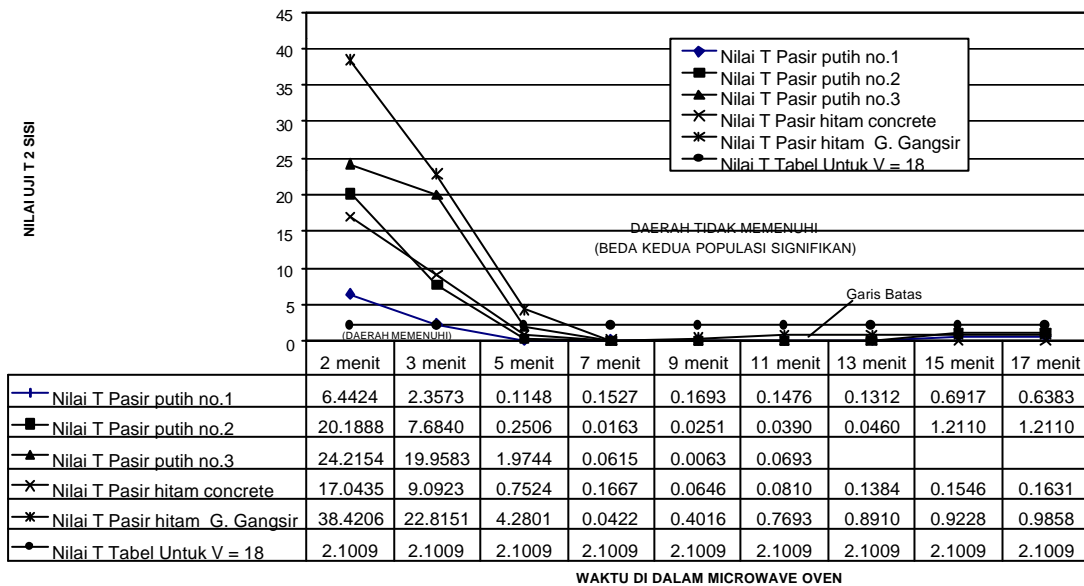
Gambar 1. Pengaruh Kurva Gradasi Agregat Pasir Hitam Gunung Gangsir Setelah Dimasukkan ke Dalam Microwave Oven [9]



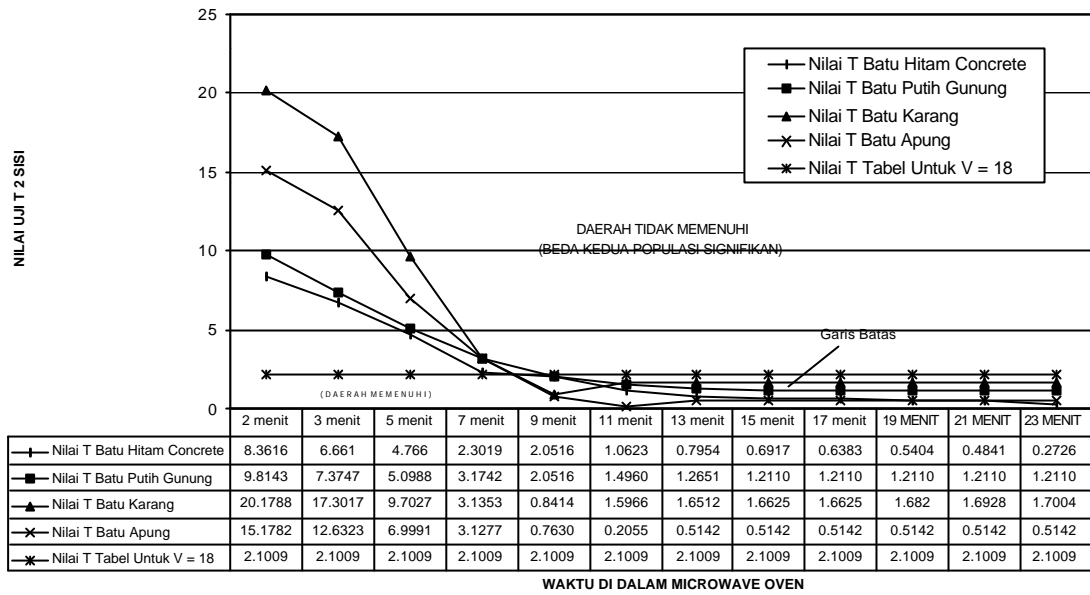
Gambar 2. Pengaruh Kurva Gradasi Agregat Pasir No. 1 (Paling Kasar) Setelah Dimasukkan ke dalam Microwave Oven [9]



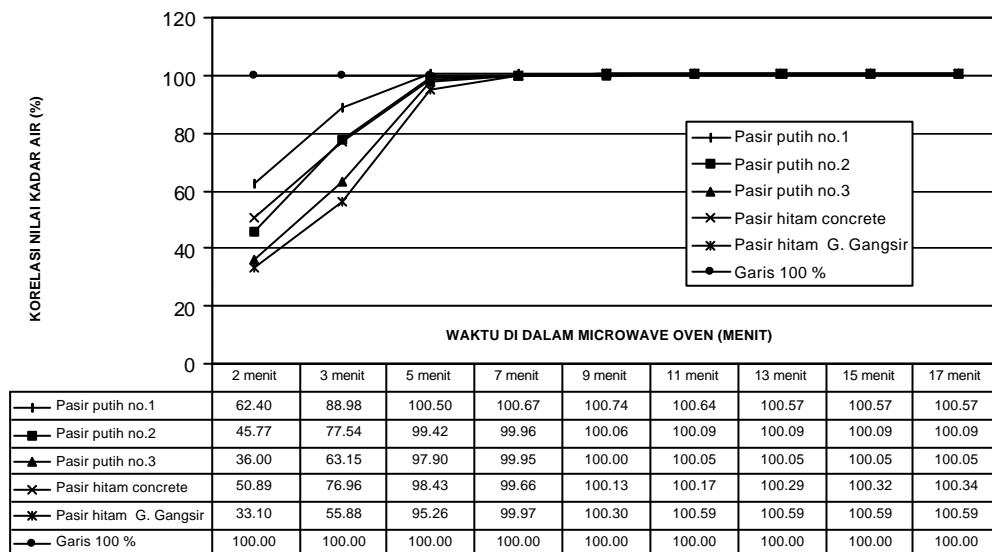
Gambar 3. Pengaruh Kurva Gradasi Agregat Pasir Hitam **Concrete** Setelah Dimasukkan ke dalam **Microwave Oven** [9]



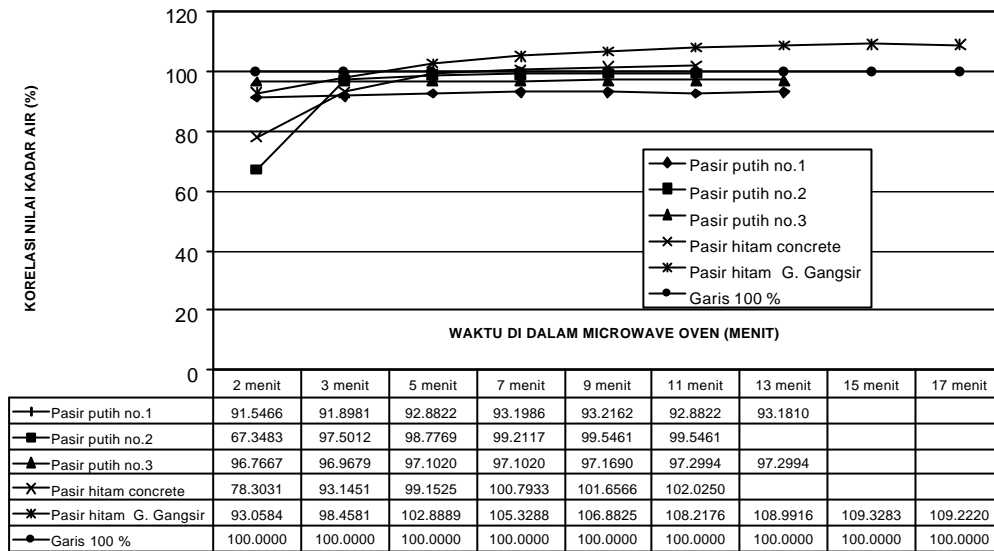
Gambar 4. Uji T (alfa 0.05) Agregat Halus Keadaan **Wet** [9]



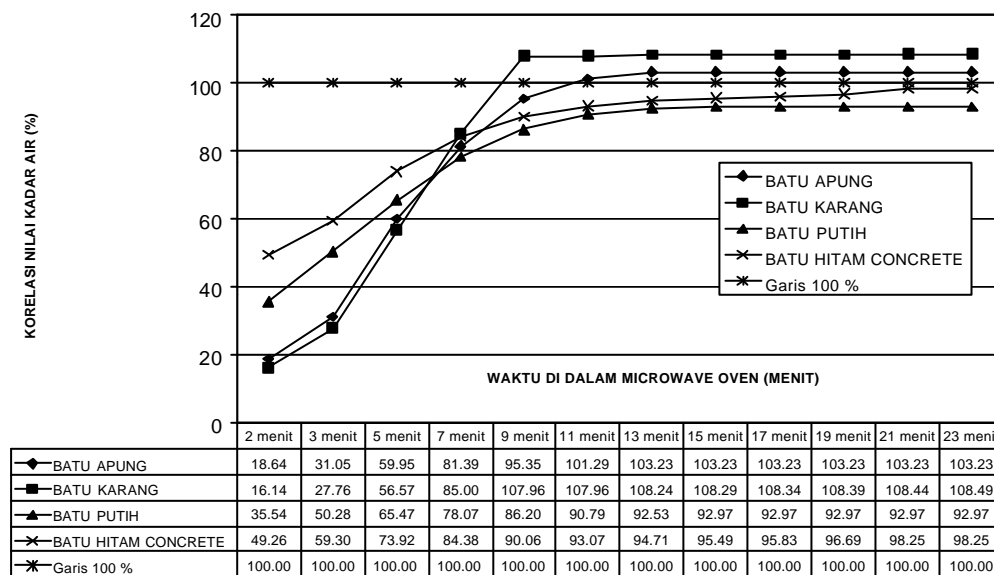
Gambar 5. Uji T (alfa 0.05) Agregat Kasar [9]



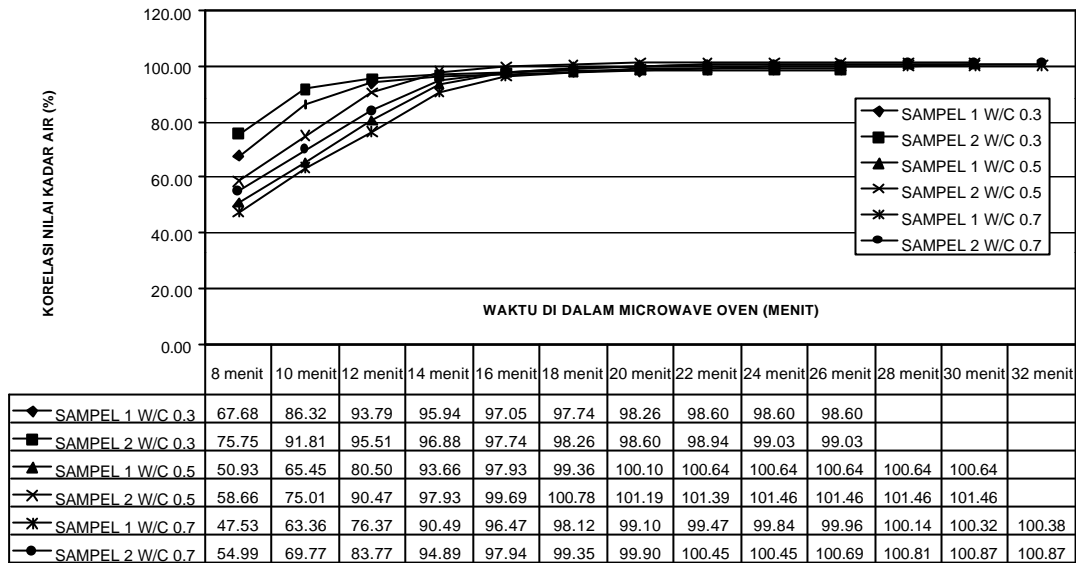
Gambar 6. Perbandingan Kadar Air (W_c) Semua Pasir Keadaan *Wet Microwave Oven* Tiap Waktu Terhadap *Oven Standard*[9]



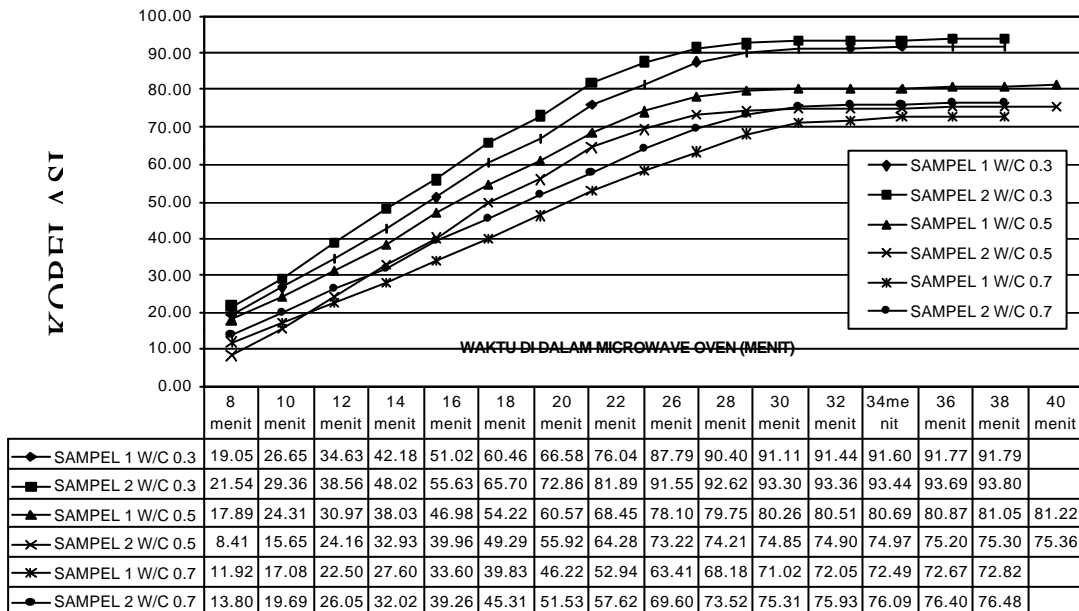
Gambar 7. Perbandingan Kadar Air (W_c) Semua Pasir Keadaan SSD *Microwave Oven* Tiap Waktu Terhadap *Oven Standard*[9]



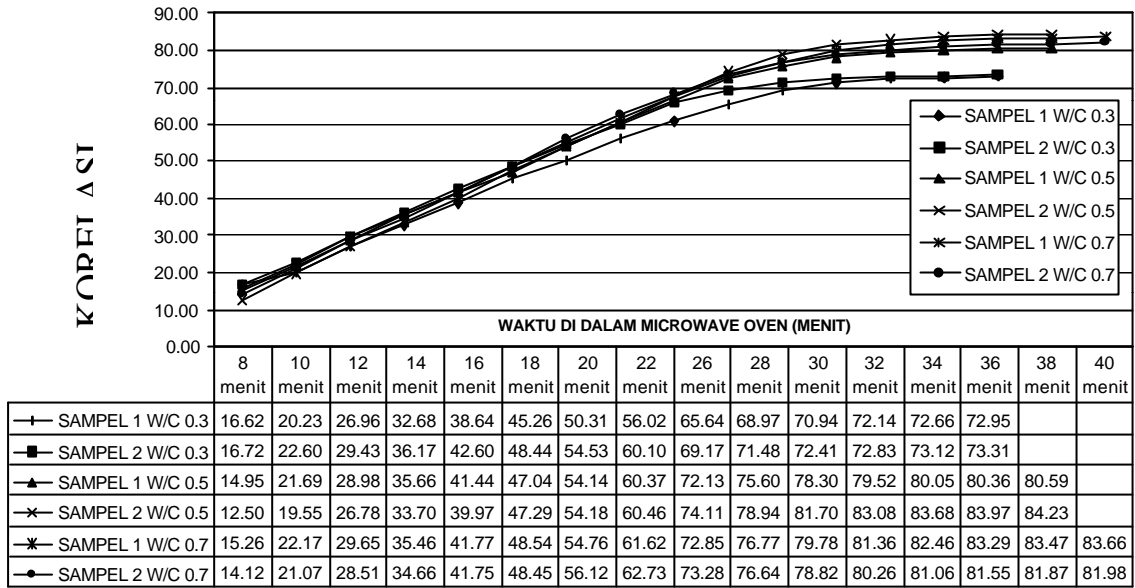
Gambar 8. Perbandingan Kadar Air (W_c) Semua Kerikil Keadaan SSD *Microwave Oven* Tiap Waktu Terhadap *Oven Standard*[9]



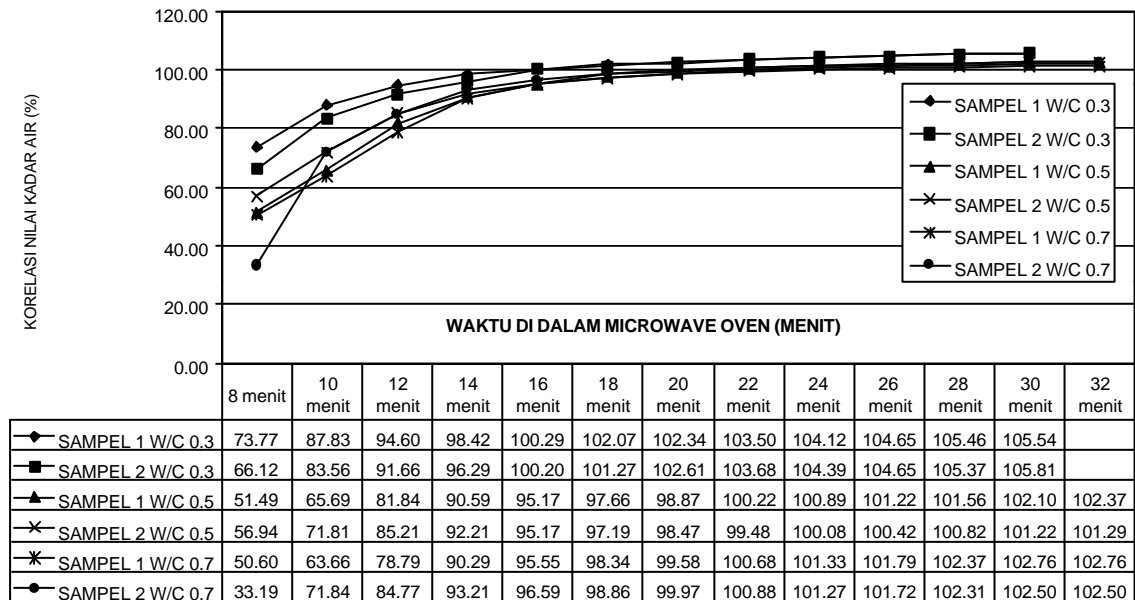
Gambar 9. Tingkat Penyerapan Kandungan Air Total dalam *Fresh Concrete* (Batu Putih) [9]



Gambar 10. Tingkat Penyerapan Kandungan Air Total dalam *Fresh Concrete* (Batu Karang)



Gambar 11. Tingkat Penyerapan Kandungan Air Total dalam *Fresh Concrete* (Batu Apung)



Gambar 12. Tingkat Penyerapan Kandungan Air Total dalam *Fresh Concrete* (Batu Hitam Concrete)