

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Bahan yang Digunakan

4.1.1 Air

Air yang digunakan berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), Kota Malang. Yang didapatkan dengan mudah di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi. Dalam penelitian ini, tidak dilakukan pengujian khusus. Karena air PDAM dianggap telah memenuhi syarat.

4.1.2 Semen

Semen yang digunakan merupakan semen jenis PPC. Yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik, Tbk. Tidak dilakukan pengujian khusus karena semen yang digunakan sudah memenuhi SNI.

4.1.3 Agregat

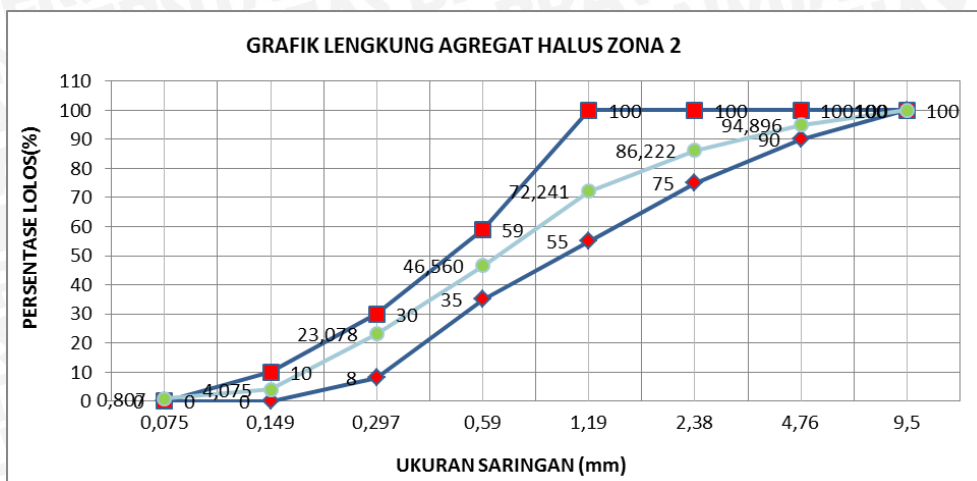
1. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan yaitu pasir hitam dari Lumajang. Yang sangat mudah didapatkan di Kota Malang. Pasir hitam ini telah memasuki syarat agregat halus yang baik dan dapat digunakan sebagai agregat halus dalam pembuatan beton yaitu lolos saringan ukuran 4,75 mm.

a. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan gradasi ini dilakukan agar dapat diketahui ukuran butir agregat halus dari hasil penyaringan. Agregat halus berupa pasir diambil sebanyak 5000 gram atau sekitar 5 kilogram secara acak. Benda uji yang telah ditimbang di masukkan ke dalam saringan untuk dilakukan proses penyaringan, saringan yang dipakai adalah satu set saringan yang berukuran 4,75 mm hingga 0,075 mm. Kemudian diletakkan pada mesin pengguncang untuk di guncangkan selama 15 menit. Setelah proses pengguncangan berakhir, agregat halus yang tertahan pada masing masing saringan ditimbang dan dicatat.

Hasil dari pemeriksaan gradasi agregat halus berupa pasir hitam dari Lumajang untuk hasil grafik pemeriksaan gradasi agregat halus dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut:



Gambar 4.1 Grafik analisa ayakan pemeriksaan gradasi agregat halus

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

b. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis SSD, berat jenis semu dan berapa persentase penyerapannya. Metode yang digunakan yaitu Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.

Pemeriksaan dilakukan dengan cara mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Kemudian dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama 24 jam. Buang air perendam lalu tebarkan agregat diatas talam dan dikeringkan dengan dibalik-balik sampai permukaan jenuh. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD). Periksa SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung setiap 1/3 bagian dan padatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak. Setelah kondisi SSD tercapai, masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Rendam piknometer dalam air, dan ukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar 25°C . Tambahkan air sampai mencapai tanda batas. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai dengan ketelitian 1 gram. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dinginkan benda uji dalam desikator. Setelah dingin, lalu ditimbang. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C .

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut:

Tabel 4.1 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

Jenis Pemeriksaan	Hasil
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	2,632
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	2,648
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	2,676
Penyerapan (%) (Absorption)	0,624

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

c. Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air dan berat isi ini bertujuan untuk mengetahui berapa hasil rata-rata dari kadar air dan berat isi baik dari rodded maupun shoveled pada agregat halus yang akan digunakan.

Pelaksanaan pemeriksaan kadar air dimulai dengan menimbang dan mencatat berat talam. Kemudian masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C sampai berat tetap. Hitung benda uji (bahan + talam) ke dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji. Hitung berat benda uji kering. Setelah semua data terkumpul hitung kadar air agregat.

Pelaksanaan pemeriksaan berat isi dimulai dengan pengambilan agregat halus yang akan dipakai direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap. Timbang kotak takar kosong. Timbang kotak takar berisi air penuh. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimasukkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih 2" diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveling. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji. Data berat isi rodded dan shoveled didapatkan dengan cara merata rata hasil rodded dan shoveled.

Hasil dari pemeriksaan kadar air dan berat isi dapat dilihat pada **Tabel 4.2** berikut:

Tabel 4.2 Pemeriksaan kadar air dan berat isi agregat halus

Jenis Percobaan		Hasil
Kadar air rata - rata	(%)	0,019
Berat isi agregat halus rata - rata	(gr/cc)	1,446

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

2. Agregat Kasar

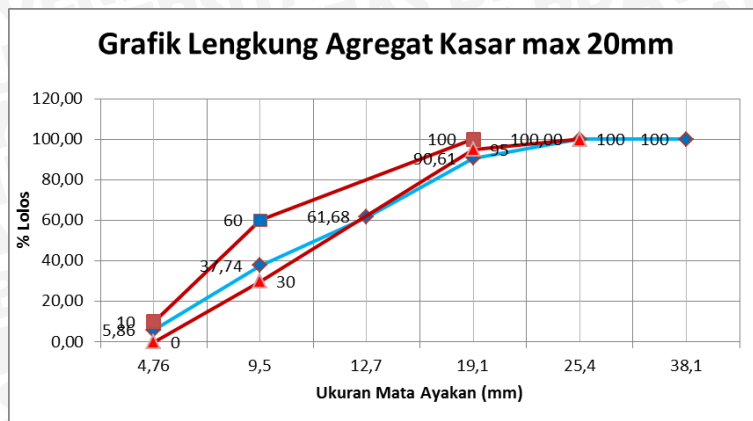
Dalam pembuatan benda uji ini, agregat kasar yang dipakai ada dua jenis yaitu kerikil yang berasal dari batu pecah dan batu alam lainnya. Batu alam yang digunakan berasal dari Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung. Pada daerah ini, sangat banyak ditemui kerajinan batu alam. Batu alam dari daerah inilah yang dipakai sebagai pengganti agregat kasar yang biasanya berupa pecahan batu pecah. Batu yang digunakan berasal dari limbah para pengerajin batu yang banyak sekali dibuang. Batu alam yang digunakan adalah batu *onyx*. Batu *onyx* ini berbentuk seperti kristal bening yang berwarna putih kecoklatan.

a. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Pemeriksaan gradasi ini dilakukan agar dapat diketahui ukuran butir agregat kasar dari hasil penyaringan. Baik kerikil dari batu pecah maupun dari batu *onyx* tahapan pemeriksaan gradasi agregat kasar yang dilakukan sama saja. Dimulai dari kerikil ditimbang untuk bahan uji 10000 gram atau sekitar 10 kilogram dan kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° C. Keluarkan bahan dari oven dan dinginkan. Bahan diayak dengan susunan ayakan: 25,4 mm ; 19,10 mm ; 12,70 mm ; 9,52 mm dan 4,75 mm dengan tangan maupun dengan mesin pengguncang saringan. Agregat kasar yang tertinggal diatas masing-masing ayakan ditimbang.

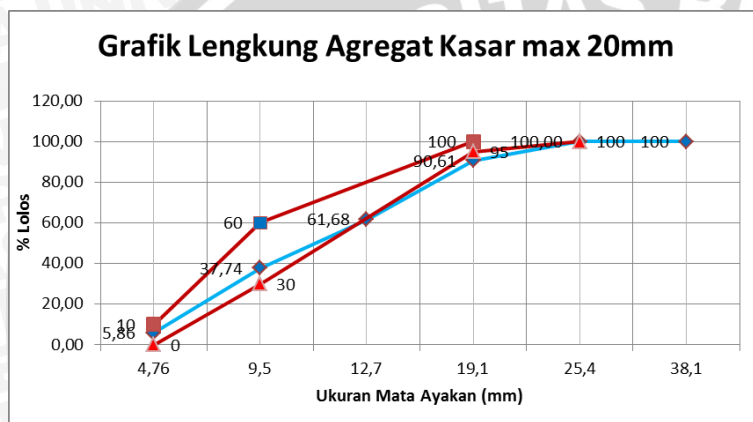
Hasil dari pemeriksaan gradasi agregat kasar batu pecah untuk hasil grafik gradasi batu pecah dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Sedangkan pemeriksaan gradasi agregat kasar batu *onyx* untuk hasil grafik gradasi batu *onyx* dapat dilihat pada

Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.2 Grafik analisa ayakan batu pecah

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan



Gambar 4.3 Grafik analisa ayakan batu *onyx*

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

b. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis SSD, berat jenis semu dan berapa persentase penyerapannya. Metode yang digunakan yaitu Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.

Pemeriksaan dilakukan dengan mencuci benda uji untuk menghilangkan debu. Keringkan benda uji dalam oven (110 ± 5)° C sampai berat tetap. Keluarkan dari oven lalu ditimbang. Dinginkan pada suhu kamar selama (1-3) jam, lalu ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram. Rendam benda uji pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap. Timbang benda uji kering permukaan jenuh. Letakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan untuk mengeluarkan udara dan tentukan beratnya di dalam air, ukur suhu air sesuai suhu standar (25°C).

Hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan batu pecah dapat dilihat pada **Tabel 4.3** dan hasil dari pemeriksaan berat jenis dan penyerapan batu *onyx* dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut :

Tabel 4.3 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan batu pecah

Jenis Percobaan	Hasil
Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Grafity)	2,561
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Spesific Grafity Saturated Surface Dry)	2,591
Berat Jenis Semu Apparent Spesific Gravity)	2,640
Penyerapan (%) (Absorption)	1,169

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Tabel 4.4 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan batu *onyx*

Jenis Percobaan	Hasil
Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Grafity)	2,609
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Spesific Grafity Saturated Surface Dry)	2,632
Berat Jenis Semu Apparent Spesific Gravity)	2,669
Penyerapan (%) (Absorption)	0,864

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

c. **Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Kasar**

Pemeriksaan kadar air dan berat isi ini bertujuan untuk mengetahui berapa hasil rata-rata dari kadar air dan berat isi baik dari rodded maupun shoveled pada agregat halus yang akan digunakan.

Pemeriksaan kadar air batu *onyx* dan batu pecah dimulai dengan menimbang dan catat berat talem. Masukkan bahan ke dalam talem dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° C sampai berat tetap. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji. Menghitung berat benda uji kering. Menghitung kadar air agregat.

Pemeriksaan berat isi agregat kasar dimulai dengan mengambil agregat kasar SSD yang kemudian direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap. Timbang kotak takar kosong. Timbang kotak takar berisi air penuh. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak

takar yang berisi benda uji. Kosongkan kotak takar dan isi lagi dengan benda uji yang dimasukkan dengan singkup dan tinggi tidak lebih 2” diatas kotak takar. Cara ini disebut Shoveling. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.

Hasil dari pemeriksaan kadar air dan berat isi batu pecah dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dan hasil dari pemeriksaan kadar air dan berat isi batu *onyx* dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut :

Tabel 4.5 Pemeriksaan kadar air dan berat isi batu pecah

Jenis Percobaan		Hasil
Kadar air rata - rata	(%)	0,044
Berat isi agregat kasar rata - rata	(gr/cc)	1,367

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Tabel 4.6 Pemeriksaan kadar air dan berat isi batu *onyx*

Jenis Percobaan		Hasil
Kadar air rata - rata	(%)	0,009
Berat isi agregat kasar rata - rata	(gr/cc)	1,538

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

4.2 Mix Desain

Mix desain atau yang disebut dengan perancangan campuran merupakan sebuah perhitungan dengan tujuan untuk mendapatkan perbandingan antara semen : air : agregat halus : agregat kasar. Berikut contoh perhitungan mix desain untuk beton *onyx* dengan FAS 0,4 :

1. Cara mendapatkan hasil dari perbandingan campuran beton dimulai dari menentukan kuat tekan beton karakteristik 16,2846 Mpa.
2. Deviasi standar diabaikan karena data lapangan tidak tersedia sebelumnya, atau data lapangan kurang dari 15 buah, maka kuat tekan rata rata yang di targetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari $f_{cr} = f'_{cr} + 12$ Mpa.
3. Nilai tambah kuat tekan sebesar 12 Mpa karena tidak terdapat data lapangan sebelumnya.
4. Kuat Tekan Target $f_{cr} = f'_{cr} + 12 = 28,2846$ Mpa.
5. Jenis semen ditetapkan Tipe 1.
6. Jenis agregat diketahui:
 - Agregat Halus (pasir) alami.
 - Agregat Kasar berupa limbah batu *onyx*.

7. Faktor Air Semen telah di tentukan yaitu sebesar 0,4.
 8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60.
 9. *Slump* ditetapkan setinggi: 60-180 mm.
 10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm (dilihat dari ukuran butiran maksimum pada analisa gradasi agregat).
 11. Kadar air bebas didapat sebesar 225 kg/m³.
 12. Kadar semen = Kadar air bebas / faktor air semen maksimum
= 225 / 0,4 = 562,5 kg/m³.
 13. Jumlah semen maksimum tidak ditentukan.
 14. Jumlah semen minimum: ditetapkan 275 kg/m³.
 15. Faktor Air Semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan karena syarat minimum jumlah semen sudah terpenuhi.
 16. Susunan butir agregat halus: dari hasil analisa ayakan didapat bahwa pasir berada dalam zona 2.
 17. Prosentase agregat halus sebesar 39,5%.
 18. Berat isi relatif agregat ini adalah berat jenis gabungan, artinya gabungan agregat halus dan kasar. Ditentukan dengan rumus berikut:
Menghitung berat isi relatif agregat (SSD)

$$BJ = \left(\frac{P}{100} BJ \text{ agrt. Halus}\right) + \left(\frac{100-P}{100} BJ \text{ agrt. Kasar}\right)$$

$$= (0,395 \times 2,676) + (0,605 \times 2,669)$$

$$= 2,64$$
 19. Berat isi beton yaitu sebesar 2350.
 20. Kadar agregat gabungan adalah: berat isi beton dikurangi jumlah kadar air bebas dan kadar semen = 2350 - 225 - 562,5 = 1562,5 kg/m³.
 21. Kadar agregat halus = persen agregat halus x agregat gabungan
= 39,5% x 1562,5 = 617,188 kg/m³.
 22. Kadar agregat kasar = kadar agregat gabungan - agregat halus
= 1562,5 - 617,188 = 945,313 kg/m³.
- Kebutuhan teoritis semen = 563 kg/m³
 - Kebutuhan teoritis air = 225 kg/m³
 - Kebutuhan teoritis pasir = 617 kg/m³
 - Kebutuhan teoritis onyx = 945 kg/m³

Rasio proporsi teoritis (dalam berat) =

Semen : Air : Pasir : Batu Onyx
1 : 0,4 : 1,097 : 1,681

- Kebutuhan aktual air = $B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100$
 = $225 - (0,0187 - 0,624) \times 617,118/100 - (0,00901 - 0,864) \times 945,313/100$
 = 221 kg/m^3
- Kebutuhan aktual pasir = $C + (C_k - C_a) \times C/100$
 = $617,118 + (0,0187 - 0,624) \times 617,118/100$
 = 613 kg/m^3
- Kebutuhan aktual onyx = $D + (D_k - D_a) \times D/100$
 = $945,313 + (0,00901 - 0,864) \times 945,313/100$
 = 953 kg/m^3

Keterangan:

B = jumlah air (kg/m^3)

C = jumlah agregat halus (kg/m^3)

D = jumlah agregat kasar (kg/m^3)

C_a = absorpsi air pada agregat halus (%)

C_k = kandungan air dalam agregat halus (%)

D_a = absorpsi air pada agregat kasar (%)

D_k = kandungan air dalam agregat kasar (%)

Rasio proporsi aktual (dalam berat) =

Semen : Air : Pasir : Batu Onyx
1 : 0,392 : 1,091 : 1,695

4.3 Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar ini dilakukan dengan *slump test*. Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu kerucut *Abrams*. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui kekentalan dan *workability*.

Cara pengujian beton segar ini dimulai dengan mencampur semua bahan yaitu air, semen, pasir dan kerikil. Kemudian dimasukkan ke dalam kerucut *Abrams* dengan tiga lapis, dimana tiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah lapis terakhir ditumbuk, adonan dimasukkan kembali hingga penuh dan diratakan dengan penggaris. Kerucut *Abrams* diangkat secara vertikal setelah adonan menurun, selisih antara tinggi kerucut dan penurunan dari adonan diukur. Hasil pengukuran itulah yang dicatat sebagai nilai *slump test*.

Pada pengujian ini nilai slump ditentukan antara 160-180 mm. Hasil dari pengujian slump dan kebutuhan air, semen serta agregat dapat dilihat pada **Tabel 4.7** berikut :

Tabel 4.7 Hasil pengujian slump

No.	Faktor	Limbah Batu Onyx	Slump	Batu Pecah	Slump
	Air : Semen	Agregat Halus : Agregat Kasar	Test (cm)	Agregat Halus : Agregat Kasar	Test (cm)
1	0,4 : 1	1,097 : 1,681	18	1,076 : 1,648	17,7
2	0,5 : 1	1,563 : 2,159	17,5	1,535 : 2,12	16,5
3	0,6 : 1	2,053 : 2,613	16,4	2,018 : 2,569	16,2

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

4.4 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan setelah pengecoran hingga menjadi beton silinder, guna menjaga tersedianya air pada proses hidrasi. Benda uji yang sudah dicetak didiamkan selama 24 jam. Kemudian dikeluarkan dari cetakan dan ditutup dengan karung goni yang telah dibasahi, didiamkan selama umur yang diinginkan yaitu 7, 14,21 dan 28 hari. Proses penutupan benda uji dengan karung goni yang basah bertujuan untuk mengurangi tingkat penguapan air yang terjadi saat beton segar mengeras. Setelah tiba pada umur yang ditentukan, karung goni dibuka dan beton siap untuk diuji.

4.5 Pengujian Beton

4.5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan saat beton telah berumur 7, 14,21 dan 28 hari. Benda uji berupa silinder diuji tekan dengan alat bernama *Compression Test Machine*. Pengujian dilakukan sesuai dengan standart pengujian kuat tekan. Yaitu benda uji yang telah mengeras sesuai dengan umurnya ditekan hingga benda uji hancur dan angka pada indikator pembacaan telah berhenti.

Hasil pengujian kuat tekan pada beton dengan agregat kasar batu *onyx* dan agregat kasar batu pecah dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 4.8 Hasil pengujian kuat tekan FAS 0,4

No. Benda Uji	7 Hari (MPa)		14 Hari (MPa)		21 Hari (MPa)		28 Hari (MPa)	
	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah
1	31,325	23,716	28,326	28,104	29,381	33,769	34,047	38,046
2	32,714	25,216	31,770	36,046	29,326	37,046	32,992	44,766
3	32,325	25,993	30,770	36,602	29,881	37,713	32,325	39,768
4	29,826	26,327	29,992	33,214	23,550	32,547	32,547	41,545
5	29,770	20,884	29,770	29,770	32,492	39,490	34,158	42,434
6	20,606	23,383	32,492	35,546	27,437	32,158	33,991	39,601
7	21,828	20,995	18,773	31,270	33,325	34,936	33,103	36,768
Rata-rata	28,342	23,788	28,842	32,936	29,342	35,380	33,309	40,418

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Tabel 4.9 Hasil pengujian kuat tekan FAS 0,5

No. Benda Uji	7 Hari (MPa)		14 Hari (MPa)		21 Hari (MPa)		28 Hari (MPa)	
	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah
1	22,161	25,271	26,993	21,994	24,327	23,772	25,605	28,882
2	22,383	23,938	25,049	27,160	24,161	27,715	23,883	26,715
3	19,662	25,049	20,661	21,828	24,049	29,159	26,438	27,437
4	22,494	20,939	26,660	24,494	24,549	28,548	23,161	27,660
5	17,607	23,772	12,497	25,716	24,216	29,326	24,161	26,493
6	23,161	25,327	24,216	19,606	24,605	28,382	23,105	25,327
7	22,883	21,383	26,660	27,604	23,327	25,216	23,772	30,770
Rata-rata	21,479	23,669	23,248	24,057	24,176	27,445	24,303	27,612

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

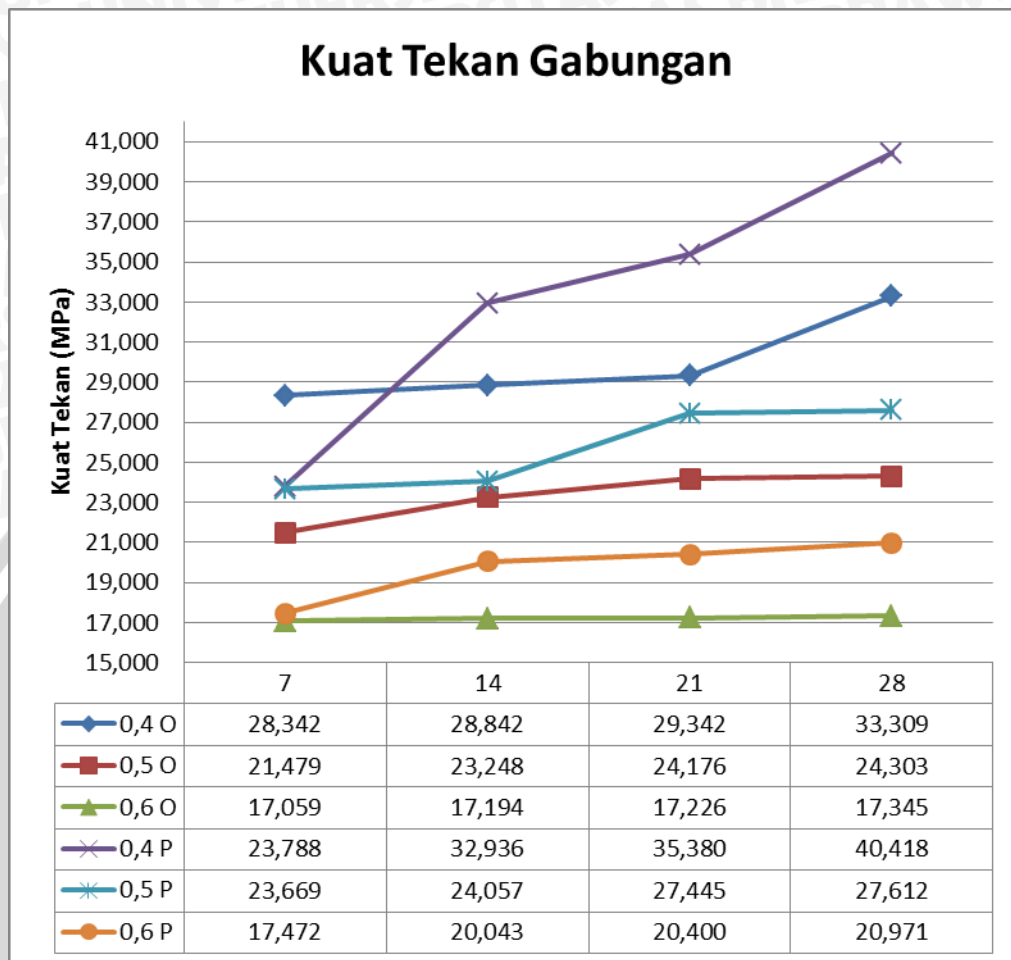
Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat tekan FAS 0,6

No. Benda Uji	7 Hari (MPa)		14 Hari (MPa)		21 Hari (MPa)		28 Hari (MPa)	
	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah	Batu Onix	Batu Pecah
1	17,218	17,884	14,441	17,440	20,328	21,050	16,996	18,106
2	16,385	17,607	18,273	21,495	12,164	20,328	16,885	20,661
3	18,218	13,497	18,218	24,049	16,551	16,496	16,996	24,883
4	17,829	16,385	20,606	20,217	18,606	20,995	17,607	23,772
5	18,162	16,329	14,108	20,717	17,218	21,439	18,106	21,717
6	16,218	21,106	17,662	13,608	18,218	20,606	17,829	19,551
7	15,385	19,495	17,051	22,772	17,496	21,883	16,996	18,106
Rata-rata	17,059	17,472	17,194	20,043	17,226	20,400	17,345	20,971

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Dapat dilihat pada tabel-tabel diatas untuk beton dengan FAS 0,4 pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari baik beton dengan batu *onyx* maupun batu pecah untuk hasil kuat tekan 7 benda uji semuanya memenuhi kuat tekan yang disyaratkan yaitu sebesar 16,285 Mpa. Beton dengan FAS 0,5 ada satu benda uji yang tidak memenuhi kuat tekan yang disyaratkan, yaitu pada beton batu *onyx* diumur 14 hari dengan nilai 12,497 Mpa. Sedangkan beton dengan FAS 0,6 hanya pada hari ke 28 untuk ketujuh benda uji memenuhi kuat tekan yang disyaratkan. Sedangkan untuk umur 7 hari pada beton dengan batu *onyx* benda uji yang tidak memenuhi syarat kuat tekan yaitu 16,218 MPa dan 15,385 Mpa. Untuk umur 7 hari pada beton dengan batu pecah benda uji yang tidak memenuhi syarat kuat tekan yaitu 13,497 Mpa. Untuk umur 14 hari pada beton dengan batu *onyx* benda uji yang tidak memenuhi syarat kuat tekan yaitu 14,441 MPa dan 14,108 Mpa. Untuk umur 14 hari pada beton dengan batu pecah benda uji yang tidak memenuhi syarat kuat tekan yaitu 13,608 Mpa. Untuk umur 21 hari pada beton dengan batu *onyx* benda uji yang tidak memenuhi syarat kuat tekan yaitu 12,164 MPa. Untuk umur 21 hari pada beton dengan batu pecah benda uji yang tidak memenuhi syarat kuat tekan yaitu 16,496 Mpa.

Untuk mempermudah melihat perbedaan diantara beton dari batu *onyx* dan juga beton dari batu pecah, dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4.4 Grafik gabungan kuat tekan

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Dapat dilihat pada **Gambar 4.4** beton dengan agregat batu *onyx* lebih rendah dibandingkan beton dengan agregat batu pecah, baik pada faktor air semen 0,4 hingga 0,6. Perbedaan yang sangat terlihat yaitu pada FAS 0,4.

4.5.2 Uji Hipotesa

Pengujian hipotesa ini bertujuan untuk mengetahui apakah hipotesa awal kita dapat diterima atau tidak. Dengan dapat diterimanya hipotesa kita, maka penelitian dianggap benar atau dapat dilakukan.

a. Uji Hipotesa FAS

Pada penelitian kali ini, pengujian hipotesa dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh dari variasi faktor air semen terhadap kuat tekan benda uji.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah :

H_{0A} = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa faktor air semen tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

H_{1A} = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

Kriteria dari pengujian ini adalah :

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_{0A} diterima dan H_{1A} ditolak

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima

Pengujian hipotesis menggunakan distribusi Fisher, data yang digunakan adalah:

Tingkat signifikansi (α) : 5 %

Jumlah Variasi (c) : 3 variasi

Jumlah Sampel (n) : 7 sampel

Nilai F_{tabel} dicari berdasarkan :

$$V1 = c-1 = 2$$

$$V2 = c(n-1) = 18$$

Maka didapatkan nilai $F_{tabel} : F_{(2,18)} = 3,55$

Tabel 4.11 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi FAS pada umur 7 hari.

Variasi	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$							
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7									
FAS 0,4	31,325	32,714	32,325	29,826	29,77	20,606	21,828	198,394	28,342		6,049	36,586	8,898	19,114	15,864	2,202	2,039	59,846	42,432	150,396									
FAS 0,5	22,161	22,383	19,662	22,494	17,607	23,161	22,883	150,351	21,479	22,293	-0,815	0,664	64,645	0,466	0,818	3,300	1,031	14,990	2,830	1,972	25,407	182,945							
FAS 0,6	17,218	16,385	18,218	17,829	18,162	16,218	15,385	119,415	17,059		-5,234	27,395	0,025	0,455	1,343	0,592	1,216	0,708	2,803	7,142									

Tabel 4.12 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi FAS pada umur 7 hari.

Variasi	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$							
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7									
FAS 0,4	23,716	25,216	25,993	26,327	20,884	23,383	20,995	166,514	23,788		2,145	4,601	0,005	2,040	4,863	6,448	8,432	0,164	7,799	29,751									
FAS 0,5	25,271	23,938	25,049	20,939	23,772	25,327	21,383	165,679	23,668	21,643	2,026	4,104	26,101	2,568	0,073	1,906	7,450	0,011	2,751	5,223	19,981	85,508							
FAS 0,6	17,884	17,607	13,497	16,385	16,329	21,106	19,495	122,303	17,472		-4,171	17,396	0,170	0,018	15,799	1,181	1,306	13,207	4,093	35,775									

Dari **Tabel 4.11** dan **Tabel 4.12** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

$$\text{Batu } onyx : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{452,517}{3-1} = 226,258$$

$$\text{Batu pecah : } s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{182,704}{3-1} = 91,3521$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut:

$$\text{Batu } onyx : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (\hat{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{182,945}{18} = 10,164$$

$$\text{Batu pecah : } s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (\hat{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{85,508}{18} = 4,75$$

Didapatkan Fhitung dengan rumus:

$$\text{Batu onyx} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{226,258}{10,164} = 22,262$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{91,352}{4,75} = 19,23$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$22,262 > 3,55$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$19,23 > 3,55$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima dan untuk beton dengan batu pecah sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima.

Dengan penjelasan faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji pada kedua jenis beton dengan agregat yang berbeda.

Tabel 4.13 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi FAS pada umur 14 hari.

Variasi	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$						
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7								
FAS 0,4	28,326	31,770	30,770	29,992	29,770	32,492	18,773	201,893	28,842		5,747	33,030		0,266	8,574	3,718	1,323	0,861	13,324	101,382	129,448							
FAS 0,5	26,993	25,049	20,661	26,660	12,497	24,216	26,660	162,736	23,248	23,095	0,153	0,024	67,870	14,025	3,244	6,693	11,642	115,584	0,937	11,642	163,766	324,410						
FAS 0,6	14,441	18,273	18,218	20,606	14,108	17,662	17,051	120,359	17,194		-5,901	34,816		7,580	1,164	1,048	11,641	9,524	0,219	0,020	31,196							

Tabel 4.14 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi FAS pada umur 14 hari.

Variasi	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$						
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7								
FAS 0,4	28,104	36,046	36,602	33,214	29,770	35,546	31,270	230,552	32,936		7,257	52,669		23,348	9,672	13,440	0,077	10,024	6,812	2,776	66,148							
FAS 0,5	21,994	27,160	21,828	24,494	25,716	19,606	27,604	168,402	24,057	25,679	-1,621	2,628	87,063	4,258	9,626	4,970	0,191	2,751	19,815	12,578	54,189	194,610						
FAS 0,6	17,440	21,495	24,049	20,217	20,717	13,608	22,772	140,298	20,043		-5,636	31,766		6,773	2,110	16,051	0,030	0,455	41,404	7,450	74,273							

Dari **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

$$\text{Batu } onyx : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{475,089}{3-1} = 237,545$$

$$\text{Batu pecah : } s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{609,440}{3-1} = 304,720$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut:

$$\text{Batu } onyx : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{324,410}{18} = 18,023$$

$$\text{Batu pecah : } s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{194,610}{18} = 10,812$$

Didapatkan Fhitung dengan rumus:

$$\text{Batu onyx} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{237,545}{18,023} = 13,180$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{304,720}{10,812} = 28,184$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$13,180 > 3,55$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$28,184 > 3,55$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima dan untuk beton dengan batu pecah sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima.

Dengan penjelasan faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji pada kedua jenis beton dengan agregat yang berbeda.

Tabel 4.15 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi FAS pada umur 21 hari.

Variasi	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$						
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7								
FAS 0,4	29,381	29,326	29,881	23,550	32,492	27,437	33,325	205,392	29,342		5,760	33,183	0,002	0,00025	0,291	33,544	9,924	3,628	15,867	63,255								
FAS 0,5	24,327	24,161	24,049	24,549	24,216	24,605	23,327	169,234	24,176	23,581	0,595	0,354	73,928	0,023	0,00023	0,016	0,139	0,002	0,184	0,721	1,085	103,003						
FAS 0,6	20,328	12,164	16,551	18,606	17,218	18,218	17,496	120,581	17,226		-6,355	40,391	9,623	25,622	0,455	1,905	0,000	0,984	0,073	38,663								

Tabel 4.16 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi FAS pada umur 21 hari.

Variasi	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$						
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7								
FAS 0,4	33,769	37,046	37,713	32,547	39,490	32,158	34,936	247,659	35,380		7,638	58,343	2,595	2,776	5,444	8,025	16,893	10,380	0,197	46,310								
FAS 0,5	23,772	27,715	29,159	28,548	29,326	28,382	25,216	192,118	27,445	27,742	-0,296	0,088	112,336	13,494	0,073	2,936	1,216	3,537	0,877	4,970	27,103	92,757						
FAS 0,6	21,050	20,328	16,496	20,995	21,439	20,606	21,883	142,797	20,400		-7,342	53,906	0,423	0,005	15,238	0,355	1,080	0,043	2,201	19,344								

Dari **Tabel 4.15** dan **Tabel 4.16** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

$$\text{Batu onyx} : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{517,496}{3-1} = 258,748$$

$$\text{Batu pecah} : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{786,353}{3-1} = 393,176$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut:

$$\text{Batu onyx} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{103,003}{18} = 5,722$$

$$\text{Batu pecah} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{92,757}{18} = 5,153$$

Didapatkan Fhitung dengan rumus :

$$\text{Batu onyx} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{258,748}{5,722} = 45,217$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{393,176}{5,153} = 76,298$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$45,217 > 3,55$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$76,298 > 3,55$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima dan untuk beton dengan batu pecah sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima.

Dengan penjelasan faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji pada kedua jenis beton dengan agregat yang berbeda.

Tabel 4.17 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi FAS pada umur 28 hari.

Variasi	Sampel							ΣAi	Āj	Ā	Āj-Ā	(Āj-Ā) ²	Σ(Āj-Ā) ²	(Ai-Āj) ²							Σ(Ai-Āj) ²	ΣΣ(Aij-Āj) ²		
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7				
FAS 0,4	34,047	32,992	32,325	32,547	34,158	33,991	33,103	233,163	33,309		8,323	69,275		0,545	0,100	0,968	0,581	0,721	0,465	0,042			3,422	
FAS 0,5	25,605	23,883	26,438	23,161	24,161	23,105	23,772	170,125	24,304	24,986	-0,682	0,466	128,123	1,694	0,177	4,556	1,305	0,020	1,437	0,283			9,471	14,353
FAS 0,6	16,996	16,885	16,996	17,607	18,106	17,829	16,996	121,415	17,345		-7,641	58,383		0,122	0,212	0,122	0,069	0,579	0,234	0,122			1,459	

Tabel 4.18 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi FAS pada umur 28 hari.

Variasi	Sampel							ΣAi	Āj	Ā	Āj-Ā	(Āj-Ā) ²	Σ(Āj-Ā) ²	(Ai-Āj) ²							Σ(Ai-Āj) ²	ΣΣ(Aij-Āj) ²		
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7				
FAS 0,4	38,046	44,766	39,768	41,545	42,434	39,601	36,768	282,928	40,418		10,751	115,589		5,628	18,903	0,423	1,269	4,063	0,668	13,325			44,278	
FAS 0,5	28,882	26,715	27,437	27,660	26,493	25,327	30,770	193,284	27,612	29,667	-2,055	4,223	195,436	1,613	0,805	0,031	0,002	1,252	5,221	9,973			18,897	105,410
FAS 0,6	18,106	20,661	24,883	23,772	21,717	19,551	18,106	146,796	20,971		-8,696	75,624		8,207	0,096	15,305	7,846	0,557	2,016	8,207			42,235	

Dari **Tabel 4.17** dan **Tabel 4.18** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

Batu *onyx* : $sx^2 = \frac{n \sum (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{896,860}{3-1} = 448,430$

Batu pecah : $sx^2 = \frac{n \sum (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{1368,052}{3-1} = 684,026$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut:

Batu *onyx* : $sw^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{14,353}{18} = 0,797$

Batu pecah : $sw^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{105,410}{18} = 5,856$

Didapatkan Fhitung dengan rumus :

$$\text{Batu onyx} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{448,430}{0,797} = 562,384$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{sx^2}{sw^2} = \frac{684,026}{5,856} = 116,806$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$562,384 > 3,55$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$116,806 > 3,55$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima dan untuk beton dengan batu pecah sebagai agregat kasarnya H_{0A} ditolak dan H_{1A} diterima.

Dengan penjelasan faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji pada kedua jenis beton dengan agregat yang berbeda.

Dari perhitungan diatas **Tabel 4.11** hingga **Tabel 4.18** didapatkan kesimpulan dari semua hasil perhitungan yang diringkas dalam **Tabel 4.19** berikut:

Tabel 4.19 Rangkuman hasil Fhitung uji hipotesa FAS

No.	Umur (Hari)	Variasi	Faktor Air Semen	Standart deviasi	Between method	Within method	F hitung	F tabel	Keterangan
1	7	Batu Onyx	0,4	51,037	226,258	10,164	22,262	3,55	H _{0A} ditolak dan H _{1A} diterima
			0,5	20,978					
			0,6	11,121					
		Batu Sungai	0,4	22,7					
			0,5	18,602					
			0,6	24,892					
2	14	Batu Onyx	0,4	47,348	237,545	18,023	13,180	3,55	H _{0A} ditolak dan H _{1A} diterima
			0,5	53,256					
			0,6	23,245					
		Batu Sungai	0,4	33,847					
			0,5	30,633					
			0,6	35,867					
3	21	Batu Onyx	0,4	33,098	258,748	5,722	45,217	3,55	H _{0A} ditolak dan H _{1A} diterima
			0,5	4,333					
			0,6	25,878					
		Batu Sungai	0,4	28,318					
			0,5	21,667					
			0,6	18,304					
4	28	Batu Onyx	0,4	7,699	448,43	0,797	562,384	3,55	H _{0A} ditolak dan H _{1A} diterima
			0,5	12,806					
			0,6	5,029					
		Batu Sungai	0,4	27,692					
			0,5	18,089					
			0,6	22,08					

Dapat disimpulkan bahwa dari semua percobaan tidak ada H_{1A} yang ditolak. Maka terdapat pengaruh dari variasi faktor air semen pada kuat tekan beton baik pada FAS 0,4 ; 0,5 maupun 0,6.

b. Uji Hipotesa Umur

Pengujian hipotesa dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh dari variasi faktor air semen terhadap kuat tekan benda uji.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah :

H_{0B} = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa faktor air semen tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

H_{1B} = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa faktor air semen mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

Kriteria dari pengujian ini adalah :

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_{0B} diterima dan H_{1B} ditolak

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_{0B} ditolak dan H_{1B} diterima

Pengujian hipotesis menggunakan distribusi Fisher, data yang digunakan adalah:

Tingkat signifikasi (α) : 5 %

Jumlah Variasi (c) : 4 variasi

Jumlah Sampel (n) : 7 sampel

Nilai F_{tabel} dicari berdasarkan :

$$V1 = c - 1 = 3$$

$$V2 = c (n - 1) = 24$$

Maka didapatkan nilai $F_{tabel} : F_{(3,24)} = 3,01$

Tabel 4.20 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi umur pada FAS 0,4.

Variasi (Hari)	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma (\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma (A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma \Sigma (A_{ij} - \bar{A}_j)^2$
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7		
7	31,325	32,714	32,325	29,826	29,77	20,606	21,828	198,394	28,342		-1,617	2,614	8,898	19,114	15,864	2,202	2,039	59,846	42,432	150,396		
14	28,326	31,77	30,77	29,992	29,77	32,492	18,773	201,893	28,842	29,959	-1,117	1,247	0,266	8,574	3,718	1,323	0,861	13,324	101,382	129,448	456,697	
21	29,381	29,326	29,881	23,55	32,492	27,437	33,325	205,392	29,342		-0,617	0,381	0,002	0,0002	0,291	33,544	9,924	3,628	15,867	63,255		
28	34,047	32,992	32,325	32,547	34,158	33,991	33,103	233,163	33,309		3,350	11,225	22,140	13,325	8,900	10,274	23,197	21,616	14,147	113,598		

Tabel 4.21 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi umur pada FAS 0,4.

Variasi (Hari)	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma (\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma (A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma \Sigma (A_{ij} - \bar{A}_j)^2$
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7		
7	23,716	25,216	25,993	26,327	20,884	23,383	20,995	166,514	23,788		-6,171	38,080	21,400	9,772	5,518	4,060	55,622	24,592	53,978	174,942		
14	28,104	36,046	36,602	33,214	29,77	35,546	31,27	230,552	32,936	33,130	2,977	8,865	0,544	51,900	60,220	19,116	0,861	44,946	5,896	183,482	1563,060	
21	33,769	37,046	37,713	32,547	39,49	32,158	34,936	247,659	35,380		5,421	29,390	19,601	59,356	70,078	10,274	102,988	7,931	31,296	301,524		
28	38,046	44,766	39,768	41,545	42,434	39,601	36,768	282,928	40,418		10,460	109,404	75,765	237,909	108,707	148,920	171,408	105,253	55,150	903,111		

Dari **Tabel 4.20** dan **Tabel 4.21** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

$$\text{Batu onyx} : s_x^2 = \frac{n \Sigma (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{108,264}{4-1} = 36,088$$

$$\text{Batu pecah} : s_x^2 = \frac{n \Sigma (\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{1300,171}{4-1} = 433,390$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut :

$$\text{Batu onyx} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{456,697}{24} = 19,029$$

$$\text{Batu pecah} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{1563,06}{24} = 65,127$$

Didapatkan Fhitung dengan rumus :

$$\text{Batu onyx} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{36,088}{19,029} = 1,896$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{433,39}{65,127} = 6,654$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} < F_{tabel}$$

$$1,896 < 3,01$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$6,654 > 3,01$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_0 diterima dan H_1 ditolak dan untuk beton dengan batu sungai sebagai agregat kasarnya H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Dengan penjelasan bahwa pada beton dengan agregat kasar berupa batu *onyx*, variasi hari tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton. Sedangkan pada beton dengan agregat kasar berupa batu pecah, variasi hari mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton.

Tabel 4.22 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi umur pada FAS 0,5.

Variasi (Hari)	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$	
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7			
7	22,161	22,383	19,662	22,494	17,607	23,161	22,883	150,35	21,479		-1,823	3,323		0,466	0,818	3,300	1,031	14,990	2,830	1,972	25,407		
14	26,993	25,049	20,661	26,66	12,497	24,216	26,66	162,74	23,248	23,302	-0,054	0,003	5,095	14,025	3,244	6,693	11,642	115,584	0,937	11,642	163,766	199,842	
21	24,327	24,161	24,049	24,549	24,216	24,605	23,327	169,23	24,176		0,875	0,765		0,023	0,0002	0,016	0,139	0,002	0,184	0,721	1,085		
28	25,605	23,883	26,438	23,161	24,161	23,105	23,772	170,13	24,304		1,002	1,004		2,041	0,086	5,115	1,031	0,0002	1,148	0,163	9,585		

Tabel 4.23 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi umur pada FAS 0,5.

Variasi (Hari)	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$	
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7			
7	25,271	23,938	25,049	20,939	23,772	25,327	21,383	165,68	23,668		0,367	0,135		14,381	6,048	12,747	0,291	5,259	14,809	0,009	53,545		
14	21,994	27,16	21,828	24,494	25,716	19,606	27,604	168,4	24,057	25,696	0,756	0,571	36,456	1,573	15,304	2,016	1,553	6,091	13,264	18,975	58,775	315,760	
21	23,772	27,715	29,159	28,548	29,326	28,382	25,216	192,12	27,445		4,144	17,171		0,163	12,522	24,827	19,112	26,520	17,688	1,081	101,914		
28	28,882	26,715	27,437	27,66	26,493	25,327	30,77	193,28	27,612		4,310	18,579		22,144	6,445	10,632	12,136	5,367	1,324	43,477	101,526		

Dari **Tabel 4.22** dan **Tabel 4.23** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

$$\text{Batu onyx} : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{35,664}{4-1} = 11,888$$

$$\text{Batu pecah} : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{255,191}{4-1} = 85,064$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut :

$$\text{Batu onyx} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{199,842}{24} = 8,327$$

$$\text{Batu pecah} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{315,76}{24} = 13,157$$

Didapatkan Fhitung dengan rumus :

$$\text{Batu onyx} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{11,888}{8,327} = 1,428$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{85,064}{13,157} = 6,465$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} < F_{tabel}$$

$$1,428 < 3,01$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$6,465 > 3,01$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_0 diterima dan H_1 ditolak dan untuk beton dengan batu sungai sebagai agregat kasarnya H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Dengan penjelasan bahwa pada beton dengan agregat kasar berupa batu *onyx*, variasi hari tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton. Sedangkan pada beton dengan agregat kasar berupa batu pecah, variasi hari mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton.

Tabel 4.24 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu *onyx* terhadap variasi umur pada FAS 0,6.

Variasi (Hari)	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$	
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7			
7	17,218	16,385	18,218	17,829	18,162	16,218	15,385	119,415	17,059		-0,147	0,022		0,025	0,455	1,343	0,592	1,216	0,708	2,803	7,142		
14	14,441	18,273	18,218	20,606	14,108	17,662	17,051	120,359	17,194	17,206	-0,012	0,0001	0,041	7,580	1,164	1,048	11,641	9,524	0,219	0,020	31,196		78,560
21	20,328	12,164	16,551	18,606	17,218	18,218	17,496	120,581	17,226		0,020	0,0004		9,623	25,622	0,455	1,905	0,0001	0,984	0,073	38,663		
28	16,996	16,885	16,996	17,607	18,106	17,829	16,996	121,415	17,345		0,139	0,019		0,053	0,116	0,053	0,145	0,775	0,364	0,053	1,558		

Tabel 4.25 Perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan beton dengan batu pecah terhadap variasi umur pada FAS 0,6.

Variasi (Hari)	Sampel							ΣA_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$\Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	$(A_i - \bar{A}_j)^2$							$\Sigma(A_i - \bar{A}_j)^2$	$\Sigma\Sigma(A_{ij} - \bar{A}_j)^2$	
	1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5	6	7			
7	17,884	17,607	13,497	16,385	16,329	21,106	19,495	122,303	17,472		0,266	0,071		0,680	0,300	12,690	0,455	0,533	16,376	5,933	36,967		
14	17,44	21,495	24,049	20,217	20,717	13,608	22,772	140,298	20,043	19,721	2,837	8,046	32,488	0,060	18,497	46,989	9,138	12,411	12,860	31,112	131,068		398,296
21	21,05	20,328	16,496	20,995	21,439	20,606	21,883	142,797	20,400		3,194	10,198		14,624	9,6233	0,533	14,206	17,751	11,425	21,689	89,851		
28	18,106	20,661	24,883	23,772	21,717	19,551	18,106	146,796	20,971		3,765	14,174		0,775	11,800	58,632	42,852	20,170	5,406	0,775	140,410		

Dari **Tabel 4.24** dan **Tabel 4.25** didapatkan hasil dari between method sebagai berikut:

$$\text{Batu onyx} : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{0,29}{4-1} = 0,097$$

$$\text{Batu pecah} : s_x^2 = \frac{n \Sigma(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{c-1} = \frac{227,419}{4-1} = 75,806$$

Setelah didapatkan nilai dari between method, selanjutnya mencari nilai dari within method sebagai berikut :

$$\text{Batu onyx} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{78,56}{24} = 3,273$$

$$\text{Batu pecah} : s_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{398,296}{24} = 16,596$$

Didapatkan Fhitung dengan rumus :

$$\text{Batu onyx} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{0,097}{3,273} = 0,029$$

$$\text{Batu pecah} : \frac{s_x^2}{s_w^2} = \frac{75,806}{16,596} = 4,568$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa :

$$\text{Batu onyx} : F_{hitung} < F_{tabel}$$

$$0,029 < 3,01$$

$$\text{Batu pecah} : F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$4,568 > 3,01$$

Maka untuk beton dengan batu *onyx* sebagai agregat kasarnya H_0 diterima dan H_1 ditolak dan untuk beton dengan batu sungai sebagai agregat kasarnya H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Dengan penjelasan bahwa pada beton dengan agregat kasar berupa batu *onyx*, variasi hari tidak mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton. Sedangkan pada beton dengan agregat kasar berupa batu pecah, variasi hari mempunyai pengaruh terhadap kuat tekan beton.

Dari perhitungan diatas **Tabel 4.20** hingga **Tabel 4.25** didapatkan kesimpulan dari semua hasil perhitungan yang diringkas dalam **Tabel 4.26** berikut:

Tabel 4.26 Rangkuman hasil Fhitung uji hipotesa umur

No.	Faktor Air Semen	Variasi	Umur (Hari)	Between method	Within method	F hitung	F tabel	Keterangan	
1	0,4	Batu Onyx	7						
			14						
			21	36,088	19,029	1,896	3,01	H _{0B} diterima dan H _{1B} ditolak	
		Batu Pecah	28						
			7						
			14	433,390	65,127	6,654	3,01	H _{0B} ditolak dan H _{1B} diterima	
2	0,5	Batu Onyx	21	11,888	8,327	1,428	3,01	H _{0B} diterima dan H _{1B} ditolak	
			28						
			7						
		Batu Pecah	14	85,064	13,157	6,465	3,01	H _{0B} ditolak dan H _{1B} diterima	
			21						
			28						
3	0,6	Batu Onyx	7						
			14	0,097	3,273	0,029	3,01	H _{0B} diterima dan H _{1B} ditolak	
			21						
		Batu Pecah	28						
			7						
			14	75,806	16,596	4,568	3,01	H _{0B} ditolak dan H _{1B} diterima	
			21						
			28						

Dapat disimpulkan bahwa dari semua percobaan pada beton dengan agregat kasar berupa limbah batu *onyx* tidak ada H_{0B} yang ditolak, maka tidak ada pengaruh dari variasi umur pada kuat tekan beton baik pada FAS 0,4 ; 0,5 maupun 0,6. Sedangkan dari semua percobaan pada beton dengan agregat kasar berupa batu pecah tidak ada H_{0B} yang diterima, maka terdapat pengaruh dari variasi umur pada kuat tekan beton baik pada FAS 0,4 ; 0,5 maupun 0,6.

c. Uji Hipotesa Agregat Kasar

Pengujian hipotesa dengan uji T ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah hipotesa awal kita dapat diterima atau tidak. Pengujian dilakukan pada masing-masing variasi faktor air semen dan umur benda uji.

Hipotesis dalam pengujian ini adalah :

H_0 = Hipotesis awal yang mengatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

H_1 = Hipotesis awal yang mengatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Kriteria dari pengujian ini adalah:

Jika hasil dari T_{hitung} tidak berada pada daerah tolakan yang dibatasi oleh hasil dari T_{tabel} maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Sebaliknya, jika hasil dari T_{hitung} berada pada daerah tolakan yang dibatasi oleh hasil dari T_{tabel} maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Data yang digunakan adalah:

Tingkat signifikansi (α) : 5 %

Jumlah Sampel (n) : 7 sampel

Nilai df : $n - 1 = n_A + n_B - 2 = 12$

Maka didapatkan nilai T_{tabel} : $T(0,025,12) = 2,179$

Tabel 4.27 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,4 pada umur 7 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)						
1	31,325	23,716	7,609	57,897	4,554	4,255	2,832	2,179
2	32,714	25,216	7,498	56,220				
3	32,325	25,993	6,332	40,094				
4	29,826	26,327	3,499	12,243				
5	29,77	20,884	8,886	78,961				
6	20,606	23,383	-2,777	7,712				
7	21,828	20,995	0,833	0,694				
Jumlah			31,88	253,821				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (253,821 - \frac{31,88^2}{7})} = 4,255$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{4,554}{4,255/\sqrt{7}} = 2,832$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.28 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,5 pada umur 7 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)						
1	22,161	25,271	-3,11	9,672	-2,190	3,025	-1,915	2,179
2	22,383	23,938	-1,555	2,418				
3	19,662	25,049	-5,387	29,020				
4	22,494	20,939	1,555	2,418				
5	17,607	23,772	-6,165	38,007				
6	23,161	25,327	-2,166	4,692				
7	22,883	21,383	1,5	2,250				
Jumlah			-15,328	88,477				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (88,477 - \frac{-15,328^2}{7})} = 3,025$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-2,19}{3,025/\sqrt{7}} = -1,915$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} tidak berada pada daerah tolakan maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.29 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,6 pada umur 7 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)						
1	17,218	17,884	-0,666	0,444				
2	16,385	17,607	-1,222	1,493				
3	18,218	13,497	4,721	22,288				
4	17,829	16,385	1,444	2,085	-0,413	3,398	-0,321	2,179
5	18,162	16,329	1,833	3,360				
6	16,218	21,106	-4,888	23,893				
7	15,385	19,495	-4,11	16,892				
Jumlah			-2,888	70,454				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (70,454 - \frac{-2,888^2}{7})} = 3,398$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-0,413}{3,398/\sqrt{7}} = -0,321$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} tidak berada pada daerah tolakan maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu onyx dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.30 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,4 pada umur 14 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)						
1	28,326	28,104	0,222	0,049				
2	32,714	36,046	-3,332	11,102				
3	30,77	36,602	-5,832	34,012				
4	29,992	33,214	-3,222	10,381	-3,959	4,307	-2,432	2,179
5	29,77	29,77	0	0,000				
6	32,492	35,546	-3,054	9,327				
7	18,773	31,27	-12,497	156,175				
Jumlah			-27,715	221,047				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (221,047 - \frac{-27,715^2}{7})} = 4,307$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-3,959}{4,307/\sqrt{7}} = -2,432$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.31 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,5 pada umur 14 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Benda Uji	Batu Onyx (X_1)						
1		26,993	21,994	4,999	24,990			
2		25,049	27,16	-2,111	4,456			
3		20,661	21,828	-1,167	1,362			
4		26,66	24,494	2,166	4,692			
5		12,497	25,716	-13,219	174,742	-0,809	6,162	-0,348
6		24,216	19,606	4,61	21,252			
7		26,66	27,604	-0,944	0,891			
Jumlah				-5,666	232,385			

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (232,385 - \frac{-5,666^2}{7})} = 6,162$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-0,809}{6,162/\sqrt{7}} = -0,348$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} tidak berada pada daerah tolakan maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.32 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,6 pada umur 14 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Benda Uji	Batu Onyx (X_1)						
1		14,441	17,44	-2,999	8,994			
2		18,273	21,495	-3,222	10,381			
3		18,218	24,049	-5,831	34,001			
4		20,606	20,217	0,389	0,151			
5		14,108	20,717	-6,609	43,679	-2,848	3,864	-1,950
6		17,662	13,608	4,054	16,435			
7		17,051	22,772	-5,721	32,730			
Jumlah				-19,939	146,371			

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (146,371 - \frac{-19,939^2}{7})} = 3,864$$

$$T_{\text{hitung}} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-2,848}{3,864/\sqrt{7}} = -1,950$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} tidak berada pada daerah tolakan maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.33 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,4 pada umur 21 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$	y_1^2	$\bar{d} =$	Standar	T_{hitung}	T_{tabel}
Benda Uji	Batu Onyx (X_1)	Batu Pecah (X_2)	($X_1 - X_2$)		($\Sigma y_1/n$)	Deviasi		(+/-)
1	29,381	33,769	-4,388	19,255				
2	29,326	37,046	-7,72	59,598				
3	29,881	37,713	-7,832	61,340				
4	23,55	32,547	-8,997	80,946	-6,038	2,575	-6,204	2,179
5	32,492	39,49	-6,998	48,972				
6	27,437	32,158	-4,721	22,288				
7	33,325	34,936	-1,611	2,595				
Jumlah			-42,267	294,994				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\Sigma y_1^2 - \frac{(\Sigma y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (294,994 - \frac{-42,267^2}{7})} = 2,575$$

$$T_{\text{hitung}} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-6,038}{2,575/\sqrt{7}} = -6,204$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.34 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,5 pada umur 21 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$	y_1^2	$\bar{d} =$	Standar	T_{hitung}	T_{tabel}
Benda Uji	Batu Onyx (X_1)	Batu Pecah (X_2)	($X_1 - X_2$)		($\Sigma y_1/n$)	Deviasi		(+/-)
1	24,327	23,772	0,555	0,308				
2	24,161	27,715	-3,554	12,631				
3	24,049	29,159	-5,11	26,112				
4	24,549	28,548	-3,999	15,992	-3,269	2,007	-4,309	2,179
5	24,216	29,326	-5,11	26,112				
6	24,605	28,382	-3,777	14,266				
7	23,327	25,216	-1,889	3,568				
Jumlah			-22,884	98,989				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\Sigma y_1^2 - \frac{(\Sigma y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (98,989 - \frac{-22,884^2}{7})} = 2,007$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-3,269}{2,007/\sqrt{7}} = -4,309$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.35 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,6 pada umur 21 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$	$\bar{d} =$	Standar	T_{hitung}	T_{tabel}
Benda Uji	Batu Onyx (X_1)	Batu Pecah (X_2)	($X_1 - X_2$)	($\Sigma y_1/n$)	Deviasi		(+/-)
1	20,328	21,05	-0,722	0,521			
2	12,164	20,328	-8,164	66,651			
3	16,551	16,496	0,055	0,003			
4	18,606	20,995	-2,389	5,707	-3,174	2,743	-3,061
5	17,218	21,439	-4,221	17,817			2,179
6	18,218	20,606	-2,388	5,703			
7	17,496	21,883	-4,387	19,246			
	Jumlah		-22,216	115,648			

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\Sigma y_1^2 - \frac{(\Sigma y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (115,648 - \frac{-22,216^2}{7})} = 2,743$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-3,174}{2,743/\sqrt{7}} = -3,061$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.36 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,4 pada umur 28 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)						
1	34,047	38,046	-3,999	15,992				
2	32,992	44,766	-11,774	138,627				
3	32,325	39,768	-7,443	55,398				
4	32,547	41,545	-8,998	80,964	-7,109	2,904	-6,478	2,179
5	34,158	42,434	-8,276	68,492				
6	33,991	39,601	-5,61	31,472				
7	33,103	36,768	-3,665	13,432				
Jumlah			-49,765	404,378				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (404,378 - \frac{-49,765^2}{7})} = 2,904$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-7,109}{2,904/\sqrt{7}} = -6,478$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.37 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,5 pada umur 28 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)						
1	25,605	28,882	-3,277	10,739				
2	23,883	26,715	-2,832	8,020				
3	26,438	27,437	-0,999	0,998				
4	23,161	27,66	-4,499	20,241	-3,308	1,946	-4,498	2,179
5	24,161	26,493	-2,332	5,438				
6	23,105	25,327	-2,222	4,937				
7	23,772	30,77	-6,998	48,972				
Jumlah			-23,159	99,345				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (99,345 - \frac{-1,946^2}{7})} = 2,179$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-3,308}{2,179/\sqrt{7}} = -4,498$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.38 Perhitungan uji T hipotesa kuat tekan beton dengan FAS 0,6 pada umur 28 hari.

No.	Agregat yang dipakai		$y_1 =$	y_1^2	$\bar{d} =$	Standar	T_{hitung}	T_{tabel}
Benda Uji	Batu Onyx (X_1)	Batu Pecah (X_2)	($X_1 - X_2$)		($\Sigma y_1 / n$)	Deviasi		(+/-)
1	16,996	18,106	-1,11	1,232				
2	16,885	20,661	-3,776	14,258				
3	16,996	24,883	-7,887	62,205				
4	17,607	23,772	-6,165	38,007				
5	18,106	21,717	-3,611	13,039	-3,626	2,611	-3,674	2,179
6	17,829	19,551	-1,722	2,965				
7	16,996	18,106	-1,11	1,232				
Jumlah			-25,381	132,939				

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\Sigma y_1^2 - \frac{(\Sigma y_1)^2}{n})} = \sqrt{\frac{1}{7-1} (132,939 - \frac{-25,381^2}{7})} = 2,611$$

$$T_{hitung} = \frac{\bar{d}}{sd/\sqrt{n}} = \frac{-3,626}{2,611/\sqrt{7}} = -3,674$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kesimpulan bahwa:

T_{hitung} berada pada daerah tolakan maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji.

Tabel 4.39 Rangkuman hasil T_{hitung} uji hipotesa agregat kasar.

No.	Umur (Hari)	Faktor Air Semen	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)	Keterangan
1	7	0,4	2,832		H_0 ditolak dan H_1 diterima
		0,5	-1,915	2,179	H_0 diterima dan H_1 ditolak
		0,6	-0,321		H_0 diterima dan H_1 ditolak
2	14	0,4	-2,432		H_0 ditolak dan H_1 diterima
		0,5	-0,348	2,179	H_0 diterima dan H_1 ditolak
		0,6	-1,950		H_0 diterima dan H_1 ditolak
3	21	0,4	-6,204		H_0 ditolak dan H_1 diterima
		0,5	-4,309	2,179	H_0 ditolak dan H_1 diterima
		0,6	-3,061		H_0 ditolak dan H_1 diterima
4	28	0,4	-6,478		H_0 ditolak dan H_1 diterima
		0,5	-4,498	2,179	H_0 ditolak dan H_1 diterima
		0,6	-3,674		H_0 ditolak dan H_1 diterima

Dapat disimpulkan bahwa hampir keseluruhan terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah terhadap kuat tekan benda uji. Dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan hanya pada beton dengan umur 7 hari dan 14 hari pada FAS 0,5 serta FAS 0,6.

