

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU ONYX SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DHITA RIZKI R P

NIM. 115060107111042

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU ONYX SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DHITA RIZKI R P

NIM. 115060107111042

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 28 Januari 2016

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Edhi Wahjuni Setyowati., MT

NIP. 19570616 198601 2 001

Dosen Pembimbing II

Retno Anggraini, ST, MT

NIP. 19750129 200312 2 001

Mengetahui

Ketua Program Studi

Dr. Eng Indradi W., ST, M. Eng (Prac)

NIP. 19810220 200604 1 002

LEMBAR IDENTITAS PENGUJI**JUDUL SKRIPSI :**

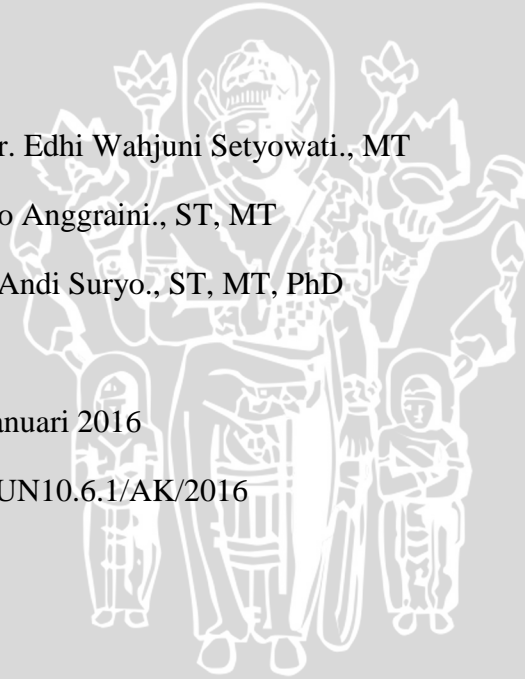
Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton.

Nama Mahasiswa : Dhita Rizki R P
NIM : 115060107111042
Program Studi : Teknik Sipil
Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Edhi Wahjuni Setyowati., MT
Dosen Penguji II : Retno Anggraini., ST, MT
Dosen Penguji III : Eko Andi Suryo., ST, MT, PhD

Tanggal Ujian : 20 Januari 2016
SK Penguji : 025/UN10.6.1/AK/2016



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Passal 70).

Malang, 28 Januari 2016

Mahasiswa,

Dhita Rizki R.P.

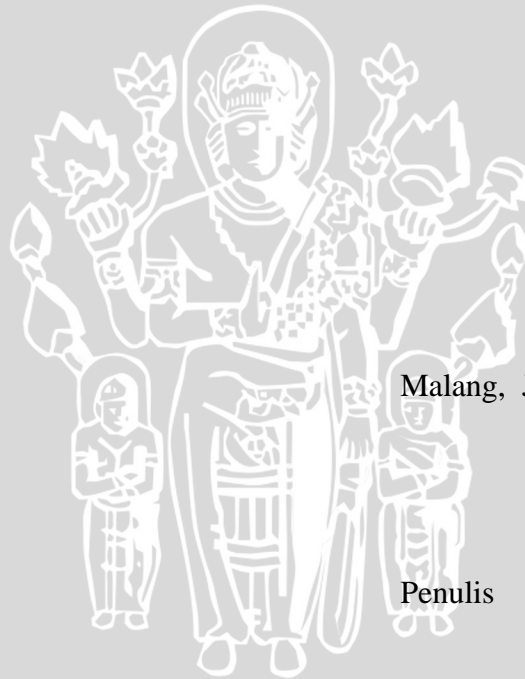
115060107111042



RIWAYAT HIDUP

Dhita Rizki Rahmawati Priyanga, lahir di Jember, 21 September 1993. Anak dari pasangan Bapak Tri Tuharna Adi Priyanga dan Ibu Anny Subandi Astuti. Tahun 1999 – 2005 menempuh pendidikan di SDN Kaliasin 3, Surabaya. Tahun 2005 – 2008 menempuh pendidikan di SMP Negeri 2, Surabaya. Tahun 2008 – 2011 menempuh pendidikan di SMA Negeri 9, Surabaya. Tahun 2011 – 2015 melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Malang, Januari 2016

Penulis

RINGKASAN

Dhita Rizki R.P, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2016, Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton, Dosen Pembimbing : Edhi Wahyuni dan Retno Anggraini.

Limbah merupakan hasil buangan dari sebuah industri besar maupun rumah tangga yang tidak dipakai lagi. Pada era modern ini banyak sekali pemanfaatan limbah yang tidak bernilai jual tinggi ini. Limbah yang tidak dipakai dapat diolah kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari pada diterlantarkan atau dibuang dan kemudian dibakar. Proses pembakaran malah memunculkan masalah baru yaitu polusi udara dimana-mana.

Pada penelitian ini, limbah dari sebuah industri kerajinan batu yang berada di Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung dipilih karena ketersediaan limbah yang berlimpah di sepanjang jalan kecamatan Campur Darat. Limbah yang dipilih yaitu batu onyx, batu onyx ini memiliki bentuk fisik yang mirip dengan batu topas. Bentuk fisik dari batu onyx ini yaitu berwarna putih bening, tembus cahaya, memiliki permukaan yang tajam dan memiliki pori-pori yang sangat rapat. Karena salah satu ciri dari batu onyx ini yaitu memiliki pori yang rapat, maka diambil variasi FAS (faktor air semen) dan variasi umur ditambahkan untuk mendapatkan hasil kuat tekan yang merata sesuai dengan SNI-03-1974-1990. Faktor air semen yang digunakan yaitu 0,4 ; 0,5 dan 0,6. Umur yang digunakan yaitu 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Beton dibuat dua jenis, yaitu beton yang menggunakan batu onyx sebagai pengganti agregat kasar dan beton dengan batu pecah sebagai agregat kasarnya.

Dari hasil penelitian ini kuat tekan antara beton dengan agregat kasar batu onyx dan batu pecah memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Dengan nilai kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu *onyx* pada umur 7 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 28.342 MPa, 21.479 MPa, 17.059 MPa. Kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu *onyx* pada umur 14 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 28.842 MPa, 23.248 MPa, 17.194 MPa. Kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu *onyx* pada umur 21 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 29.342 MPa, 24.176 MPa, 17.226 MPa. Dan kuat tekan rata-rata

untuk beton dengan agregat kasar batu *onyx* pada umur 28 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 33.309 MPa, 24.303 MPa dan 17.345 MPa. Dengan nilai kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu pecah pada umur 7 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 23.788 MPa, 23.669 MPa, 17.472 MPa. Kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu pecah pada umur 14 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 32.936 MPa, 24.057 MPa, 20.043 MPa. Kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu pecah pada umur 21 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 35.380 MPa, 27.445 MPa, 20.4 MPa. Dan kuat tekan rata-rata untuk beton dengan agregat kasar batu pecah pada umur 28 hari untuk FAS 0,4 ; 0,5 ; 0,6 secara berurutan sebesar 40.418 MPa, 27.612 MPa dan 20.971 MPa.

Kata kunci : limbah batu *onyx*, faktor air semen, umur beton, kuat tekan



SUMMARY

Dhita Rizki R.P, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, January 2016, *Influence of Onyx Stone Waste as Replacement Coarse Aggregates on Mix Concrete to Concrete Compressive Strength*, Academic Supervisor: Edhi Wahyuni and Retno Anggraini.

Waste is a waste product of a large industry and households that are not used anymore. In this modern era, there is lot of no high value waste utilization. The useless waste can be recycled to obtain better results than being abandoned or discarded and then burned. New problem arising from the combustion process is air pollution everywhere.

In this research, the waste from a stone craft industry in the Gamping Village, Campur Darat Districts, Tulungagung chosen because of the availability of abundant waste along the way Campur Darat Districts. Waste that is chosen is onyx, onyx stone has a similar physical form to topaz. The physical form of this onyx stone is white translucent, opaque, has a sharp surface and have pores that are very tight. Because one of that very tight pores characteristics, then taken FAS (water-cement ratio) variation and age variation is added to obtain a uniform compressive strength results in accordance with SNI 03-1974-1990. Water cement ratio used 0.4; 0.5 and 0.6. Age used 7 days, 14 days, 21 days and 28 days. Concrete will be made of two types, concrete with onyx stone as its coarse aggregate and normal concrete with crushed stone as its coarse aggregate.

From this research, the compressive strength between concrete with onyx stone waste and normal concrete with crushed stone has a difference that is not too far. The average value of compressive strength of concrete with onyx stone as coarse aggregate at the age of 7 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 28.342 MPa, 21.479 MPa, 17.059 MPa. The average compressive strength of concrete with onyx stone as coarse aggregate at the age of 14 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 28.842 MPa, 23.248 MPa, 17.194 MPa. The average compressive strength of concrete with onyx stone as coarse aggregate at the age of 21 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 29.342 MPa, 24.176 MPa, 17.226 MPa. And an average compressive strength of concrete with onyx stone as coarse aggregate at 28 days for FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 33.309 MPa, 24.303 MPa and 17 345 MPa. With the average value of compressive strength of concrete with crushed stone as coarse aggregate at the age of 7 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 23.788 MPa, 23.669 MPa, 17 472 MPa. The average compressive strength of concrete with crushed stone as coarse aggregate at the age of 14 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 32.936 MPa, 24.057 MPa, 20 043 MPa. The average compressive strength of concrete with crushed stone as coarse at the age of 21 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 35.380 MPa, 27.445 MPa, 20.4 MPa. And the compressive strength average value of concrete with crushed stone as coarse aggregate at the age of 28 days to FAS 0,4; 0,5; 0,6 respectively amounted to 40.418 MPa, 27 612 and 20 971 MPa.

Keywords: onyx stone waste, water-cement ratio, age of concrete, compressive strength



PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat serta karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul : PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON.

Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun, mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.



Malang, 07 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman	
RINGKASAN	i
PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton.....	5
2.2 Bahan Penyusun Beton.....	6
2.2.1 Semen Portland Pozollan (SPP).....	6
2.2.2 Agregat.....	7
2.2.3 Air.....	9
2.3 Batuan.....	10
2.3.1 Klasifikasi Batuan.....	10
2.3.2 Batu Onyx.....	13
2.3.3 Sifat Batu Onyx.....	14
2.3.4 Kandungan Unsur Batu Onyx.....	15
2.3.5 Kalsium.....	15
2.3.6 Penggunaan Kalsium.....	16
2.4 Metode Curing/Perawatan.....	17
2.5 Kuat Tekan.....	18
2.5.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton.....	19

2.5.2 Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton.....	19
2.6 FAS (Faktor Air Semen).....	20
2.6.1 Hubungan Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan.....	21
2.7 Penelitian Terdahulu.....	22
2.8 Hipotesis Penelitian.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Alat dan Bahan.....	24
3.2 Analisa Bahan yang Digunakan.....	24
3.2.1 Agregat Kasar.....	24
3.2.2 Agregat Halus.....	28
3.2.3 Air.....	31
3.2.4 Semen.....	31
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.4 Diagram Pengerjaan.....	32
3.5 Variabel Penelitian.....	33
3.6 Pembuatan Benda Uji.....	34
3.7 Pengujian Kuat Tekan.....	34
3.8 Analisa Data.....	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Analisa Bahan yang Digunakan.....	38
4.1.1 Air.....	38
4.1.2 Semen.....	38
4.1.3 Agregat.....	38
4.2 Mix Desain.....	44
4.3 Pengujian Beton Segar.....	46
4.4 Perawatan Beton.....	47
4.5 Pengujian Beton.....	47
4.5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	47
4.5.2 Uji Hipotesa.....	50
BAB V PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



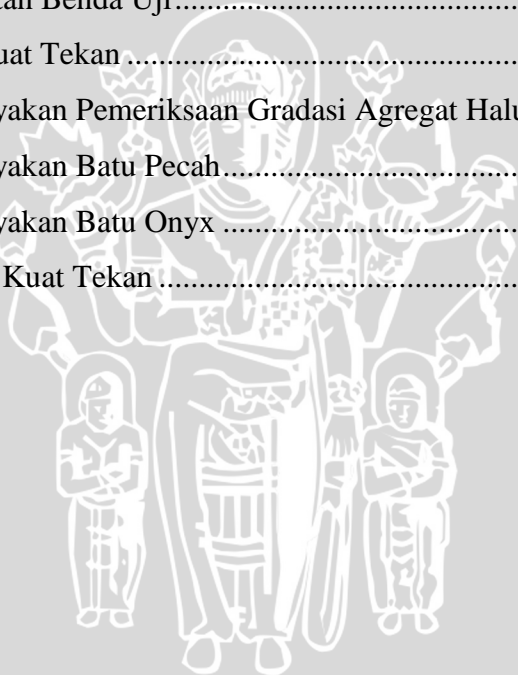
DAFTAR TABEL

No.	Judul	
Halaman		
Tabel 2.1	Unsur yang Terkandung pada Batu Onyx	15
Tabel 2.2	Faktor Seputar Kalsium.....	16
Tabel 3.1	Hasil Uji Pendahuluan.....	28
Tabel 3.2	Rancangan Pembuatan Benda Uji	34
Tabel 4.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	40
Tabel 4.2	Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi	41
Tabel 4.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah	43
Tabel 4.4	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Onyx.....	43
Tabel 4.5	Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Batu Pecah.....	44
Tabel 4.6	Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Batu Onyx	44
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Slump	47
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan FAS 0,4	48
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan FAS 0,5	48
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan FAS 0,6	48
Tabel 4.11	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi FAS pada Umur 7 Hari	51
Tabel 4.12	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi FAS pada Umur 7 Hari	51
Tabel 4.13	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi FAS pada Umur 14 Hari	53
Tabel 4.14	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi FAS pada Umur 14 Hari	53
Tabel 4.15	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi FAS pada Umur 21 Hari	55
Tabel 4.16	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi FAS pada Umur 21 Hari	55
Tabel 4.17	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi FAS pada Umur 28 Hari	57
Tabel 4.18	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi FAS pada Umur 28 Hari	57
Tabel 4.19	Rangkuman Hasil F_{hitung} Uji Hipotesa FAS.....	59
Tabel 4.20	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi Umur pada FAS 0,4	61

Tabel 4.21	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi Umur pada FAS 0,4.....	61
Tabel 4.22	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi Umur pada FAS 0,5.....	63
Tabel 4.23	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi Umur pada FAS 0,5.....	63
Tabel 4.24	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Onyx terhadap Variasi Umur pada FAS 0,6.....	65
Tabel 4.25	Perhitungan Pengujian Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan Batu Pecah terhadap Variasi Umur pada FAS 0,6.....	65
Tabel 4.26	Rangkuman Hasil F_{hitung} Uji Hipotesa Umur.....	67
Tabel 4.27	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,4 pada Umur 7 Hari	69
Tabel 4.28	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5 pada Umur 7 Hari	69
Tabel 4.29	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,6 pada Umur 7 Hari	70
Tabel 4.30	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,4 pada Umur 14 Hari	70
Tabel 4.31	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5 pada Umur 14 Hari	71
Tabel 4.32	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,6 pada Umur 14 Hari	71
Tabel 4.33	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,4 pada Umur 21 Hari	72
Tabel 4.34	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5 pada Umur 21 Hari	72
Tabel 4.35	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,6 pada Umur 21 Hari	73
Tabel 4.36	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,4 pada Umur 28 Hari	74
Tabel 4.37	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5 pada Umur 28 Hari	74
Tabel 4.38	Perhitungan Uji T Hipotesa Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,6 pada Umur 28 Hari	75
Tabel 4.39	Rangkuman Hasil T_{hitung} Uji Hipotesa Agregat Kasar.....	75

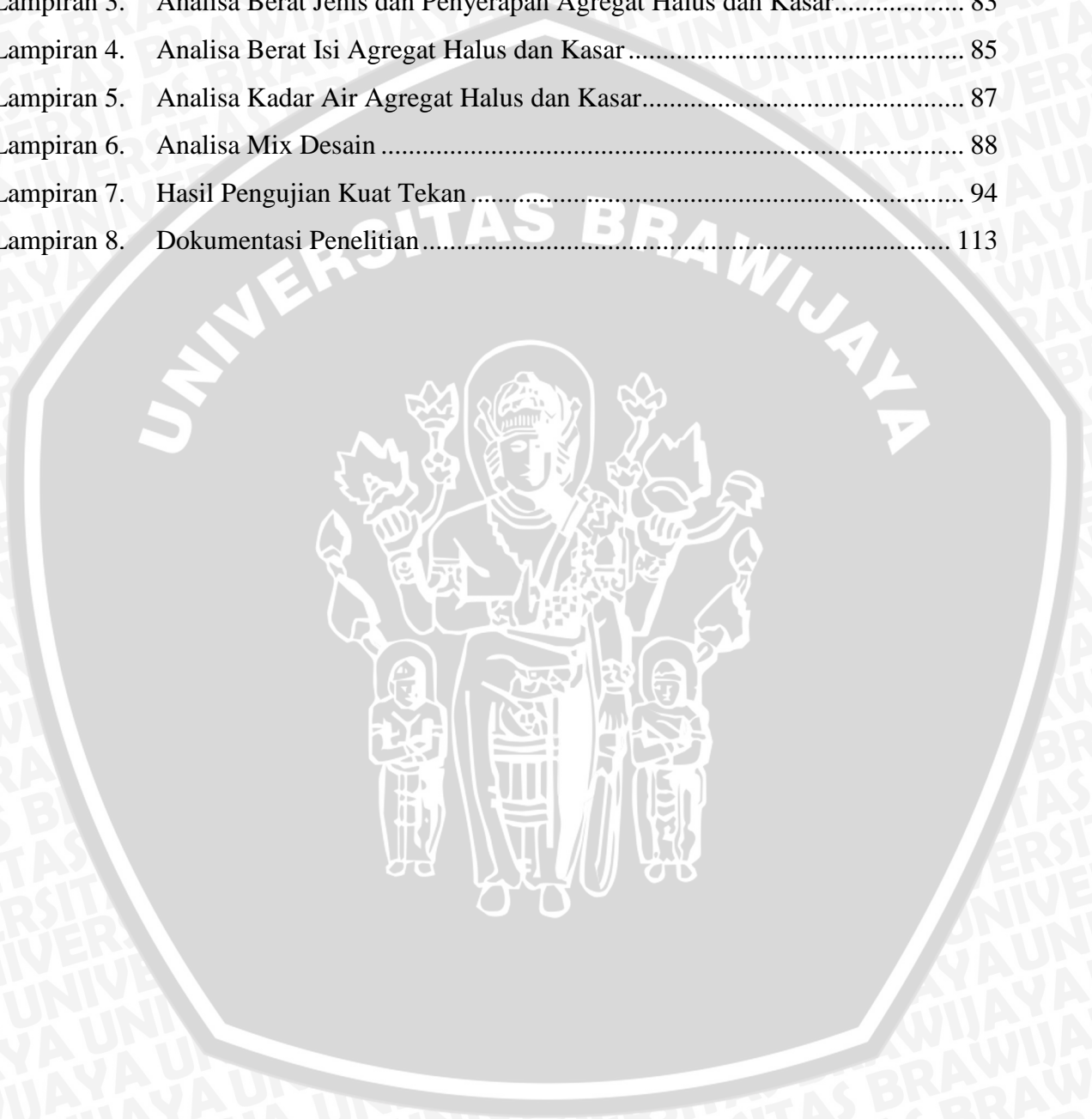
DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Batu Marmer	12
Gambar 2.2	Batu Tulis	12
Gambar 2.3	Batu Topas.....	12
Gambar 2.4	Batu Onyx	13
Gambar 2.5	Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Tekan Beton.....	19
Gambar 2.6	Grafik Perkiraan Perkembangan Kekuatan Beton	20
Gambar 2.7	Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur	20
Gambar 2.8	Hubungan antara Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen	22
Gambar 3.1	Diagram Penelitian.....	32
Gambar 3.2	Diagram Pembuatan Benda Uji.....	33
Gambar 3.3	Alat Penelitian Kuat Tekan	35
Gambar 4.1	Grafik Analisa Ayakan Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus.....	39
Gambar 4.2	Grafik Analisa Ayakan Batu Pecah.....	42
Gambar 4.3	Grafik Analisa Ayakan Batu Onyx	42
Gambar 4.4	Grafik Gabungan Kuat Tekan	49



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Analisa Gradasi Agregat Halus	80
Lampiran 2.	Analisa Gradasi Agregat Kasar	81
Lampiran 3.	Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus dan Kasar.....	83
Lampiran 4.	Analisa Berat Isi Agregat Halus dan Kasar	85
Lampiran 5.	Analisa Kadar Air Agregat Halus dan Kasar.....	87
Lampiran 6.	Analisa Mix Desain	88
Lampiran 7.	Hasil Pengujian Kuat Tekan	94
Lampiran 8.	Dokumentasi Penelitian	113



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka perkembangan dalam bidang pembangunan semakin maju. Di negara maju maupun di negara berkembang seperti Indonesia banyak sekali pembangunan seperti tempat tinggal, café, sekolah, rumah sakit, gedung bertingkat dan infrastruktur lainnya. Material yang digunakan untuk infrastruktur tersebut sebagian besar menggunakan beton dengan pemanfaatan yang beragam. Ada yang menggunakan beton sebagai pengisi dan juga meningkatkan estetika.

Saat ini kita hidup di era globalisasi dimana kita dituntut untuk mengikuti perkembangan jaman yang lebih modern. Pada era ini banyak sekali bangunan yang membuat inovasi dengan memanfaatkan material beton dengan memanfaatkan kekayaan alam yang ada membuatnya menjadi beton agar terlihat lebih terealisasi dengan baik. Pembuatan beton ini didukung dengan perkembangan teknologi. Dengan cara yang beragam beton yang tadinya hanya menggunakan kerikil sebagai bahan pengisi bisa diubah menjadi beton dengan menggunakan batuan lain sebagai pengganti kerikil.

Salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan beton dengan nilai ekonomis adalah mengganti salah satu komposisi campuran beton yaitu kerikil dengan limbah batu *onyx*. Limbah batu *onyx* ini dipilih karena ketersediaannya yang melimpah dan bisa didapatkan di Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung. Sepanjang jalan di Desa Gamping ini banyak sekali industri kerajinan batu, batu yang digunakan berupa batu *onyx* dan marmer. Dari kerajinan batu ini terdapat sisa-sisa batu yang tidak dimanfaatkan secara optimal oleh warga setempat sehingga menjadi limbah yang menumpuk dengan percuma. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan memanfaatkan limbah batu *onyx* agar tidak terbuang percuma.

Beton yang menggunakan batu *onyx* belum diketahui campuran optimumnya. Karena batu *onyx* merupakan batu baru yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar. Jadi, peninjauan FAS (Faktor Air Semen) yang beragam dilakukan untuk mendapatkan campuran optimum pada beton. Peninjauan FAS ini dipilih karena pada

bentuk fisik batu *onyx* ini sangat terlihat bahwa pori-pori pada permukaan batu *onyx* tidak terlihat jelas. Diharapkan sifat *impermeable* yang terdapat pada batu *onyx* berpengaruh terhadap FAS. *Impermeable* merupakan sifat suatu bahan yang tidak dapat ditembus oleh partikel lain.

Dari penelitian ini, akan diketahui bagaimana pengaruh batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar dengan perbandingan FAS yang beragam (yaitu : 0.4, 0.5 dan 0.6) pada campuran beton selama proses pengerasan hingga 7, 14, 21 dan 28 hari. Sifat fisis dan mekanis beton dilihat setelah pengujian kuat tekan.

1.2 Identifikasi Masalah

Beton seringkali digunakan untuk berbagai macam pembangunan. Penggunaan beton ini dipilih karena beton mempunyai banyak sekali manfaat. Manfaat beton yaitu dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, mudah didapat, tahan terhadap temperatur tinggi dan biaya pemeliharaan yang kecil. Kemudahan dalam mendapatkan beton dapat berdampak dalam keseimbangan lingkungan. Pengambilan kerikil dari sungai secara terus menerus dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Pembuatan beton dengan mengganti agregat kasar dengan limbah batu *onyx* diterapkan guna untuk mengurangi pemakaian kerikil agar keseimbangan lingkungan terjaga. Ketersediaan limbah batu *onyx* ini bisa didapat di Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung. Limbah batu *onyx* ini sangat melimpah, dan pemanfaatan dalam bidang struktur sangat bermanfaat dari pada hanya ditumpuk di sepanjang jalan kecamatan Campur Darat.

Batu *onyx* ini memiliki pori yang sangat kecil, dengan dilakukan peninjauan terhadap FAS (Faktor Air Semen) yang beragam (yaitu : 0.4, 0.5 dan 0.6) apakah akan memberikan pengaruh terhadap kuat tekan pada beton?

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi FAS pada kuat tekan beton dengan campuran limbah batu *onyx*.
2. Apakah limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai pengganti agregat yang baik.
3. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton dengan campuran limbah batu *onyx* dibandingkan dengan beton normal.

1.4 Batasan Masalah

1. Batu *onyx* yang diambil berupa bongkahan kecil sisa industri kerajinan batu di Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung yang nantinya dipecahkan menjadi lebih kecil agar bisa menjadi pengganti agregat kasar pada beton.
2. Kuat Tekan yang ditinjau K200 = 16,285 MPa.
3. Menggunakan semen PPC.
4. Menggunakan Air PDAM kota Malang.
5. Menggunakan pasir hitam.
6. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah umur beton 7, 14, 21 dan 28 hari.
7. Benda uji menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
8. Beton diuji berdasarkan kuat tekan beton pada kondisi campuran FAS (Faktor Air Semen) yang beragam (yaitu : 0.4, 0.5 dan 0.6).
9. Tidak dilakukan analisa ekonomi atas penggantian agregat kasar dengan limbah batu *onyx*.

1.5 Maksud dan Tujuan Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh FAS yang beragam (yaitu : 0.4, 0.5 dan 0.6) pada beton dengan batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton dengan menggunakan campuran sesuai dengan SNI 03-2834-2000.
2. Untuk membuktikan bahwa limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai pengganti agregat yang baik.
3. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton dengan campuran limbah batu *onyx* di bandingkan dengan beton normal.

1.6 Manfaat Penelitian

Dari Penelitian ini diharapkan mendapatkan manfaat antara lain :

1. Masyarakat dapat mengetahui limbah batu *onyx* juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada campuran beton, sehingga tidak terbuang percuma.
2. Peneliti, praktisi maupun masyarakat dapat mengetahui pengaruh FAS terhadap kuat tekan beton dengan batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar.

3. Dapat mendukung penerapan *green building concept* dengan memanfaatkan limbah batu *onyx* sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku bahan-bahan penyusun beton, kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Nawy (1985:8) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dengan demikian, kita harus mempelajari masing-masing komponen sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Perencana (*engineer*) dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi. (Mulyono, 2005)

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah : a). kualitas semen, b). proporsi semen terhadap campuran, c). kekuatan dan kebersihan agregat, d). interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat, e). pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, f). penempatan yang benar, g). perawatan beton, dan h). kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos. (Nawy, 1985:24)

Menurut sebuah blog di <http://ilmu-konstruksi.blogspot.co.id/2012/11/pengertian-beton-jenis-beton-kelebihan.html#>, beton yaitu suatu campuran yang berisi pasir, krikil/ batu pecah/ agregat lain yang dicampurkan menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang membentuk suatu masa yang sangat mirip seperti batu.

Menurut Darmadi pada blognya di <https://darmadi18.wordpress.com/2015/03/26/nilai-karakteristik-beton-k-dan-spesified-compressive-concrete-strength-fc/>, beton adalah campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen dan air serta kadang-kadang ditambahkan zat-zat *additive* (*admixture*) sebagai bahan tambahan. Beton merupakan bahan struktur bangunan yang sangat populer dalam abad ini karena

penggunannya yang sangat luas dalam bidang konstruksi bangunan sipil. Dipilihnya beton dalam struktur didorong oleh beberapa faktor di antaranya:

1. Dapat dibentuk sesuai dengan selera kita.
2. Bahan dasarnya banyak tersedia di permukaan bumi.
3. Awet dan tahan terhadap cuaca serta api/relatif.

2.2 Bahan Penyusun Beton

2.2.1 Semen portland pozollan (SPP)

Semen merupakan bahan perekat yang paling baik digunakan untuk suatu komposisi adukan, karena mempunyai sifat-sifat hidrasi yang baik (akan cepat mengeras bila bereaksi dengan air dan udara), dengan butiran-butiran yang halus sehingga benar-benar merupakan bahan yang siap dipakai. Karena sifatnya tadi, maka semen banyak digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan air (adukan kedap air) baik air tawar maupun air laut. (Daryanto,2001)

Semen Portland pozollan adalah campuran semen portland dan bahan-bahan yang bersifat pozollan seperti terak tanur tinggi dan hasil residu PLTU. Semen jenis ini biasanya digunakan untuk beton yang diekspos terhadap sulfat. (Mulyono,2005)

Semen Portland Pozollan (SPP) atau dikenal juga sebagai Portland Pozollan Cement (PPC) merupakan semen hidrolisis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan bahan pozollan (Trass atau Fly Ash) halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan bahan pozollan bersama-sama atau mencampur secara merata semen Portland dan bahan pozollan atau gabungan antara menggiling dan mencampur.

Semen Portland adalah semen yang terbuat dari campuran kalsium, silika, alumina, dan oksida besi. Kalsium dapat didapat dari bahan-bahan berbasis kapur, seperti batu kapur, marmer, batu karang dan cangkang keong. Sedangkan silika, alumina dan zat besi dapat ditemukan pada lempung dan batuan serpih. Selain itu silika juga dapat dijumpai pada pasir, alumina pada bauksit, sedangkan oksida besi didapat dari iron ore (biji besi). Proporsi dari zat percampuran tersebut menentukan sifat-sifat dari elemen yang dihasilkan. (Wibowo dan Edhi, 2003)

Pozollan adalah jenis bahan yang mengandung silisium atau aluminium, yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butirannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen. (Mulyono,2005)

Untuk menghindari kerusakan pada semen, maka penempatan semen harus dilakukan sedemikian rupa sehingga terlindung dari lembab. Pengambilan semen dari timbunan juga harus diatur sehingga selalu diambil dari timbunan yang paling terdahulu. (Daryanto,2001)

Kekuatan beton ditentukan oleh jumlah semen yang digunakan, dengan demikian beton dengan kuat tekan lebih tinggi memerlukan jumlah pemakaian semen lebih tinggi. Akan tetapi penggunaan kandungan semen dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan pengaruh kurang baik terhadap kekuatan akhir, dimana terjadi penurunan kekuatan akibat penyusutan beton. Jumlah semen dengan luas melebihi luas permukaan butiran yang akan diikatnya dapat menurunkan kekuatan beton. (Amri,2005)

2.2.2 Agregat

Agregat adalah bahan utama yang diperlukan dalam campuran beton, karena 65-75% volume total beton terdiri dari volume agregat. (Amri,2005) Maka pemilihan agregat yang baik menjadi suatu kewajiban dalam pembuatan beton.

Agregat merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (blast-furnace slag), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. (SNI 2847,2013)

Berdasarkan distribusi kumpulan ukuran butirnya, agregat dapat dibedakan menjadi agregat halus dan agregat kasar. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan walaupun fungsinya hanya sebagai bahan pengisi ini tidak berarti peranannya dalam menentukan kekuatan beton lebih kecil dari semen. (Amri,2005)

Kualitas agregat sangat ditentukan oleh kualitas batuan asal, serta kandungan mineralnya. Batuan asal yang mempunyai sifat kekekalan tinggi, tidak selamanya menghasilkan agregat bermutu tinggi, apabila batuan tersebut telah mengalami pencemaran maupun perusakan akibat cuaca, tekanan dan temperatur tinggi. (Amri,2005)

1. Agregat Kasar

Menurut sebuah blog di <http://rumah12.blogspot.co.id/2012/12/agregat-dan-persyaratan-agregat.html>, mengatakan bahwa menurut standar SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A), agregat kasar untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Butir-butirnya keras dan tidak berpori, indeks kekerasan ≤ 5 % (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bejana Rudeloff atau Los Angeles.
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %.
3. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang raktif terhadap alkali .
5. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20 %.
6. Modulus halus butir antara 6 – 7,10 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
7. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari : $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

2. Agregat Halus

Pasir yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari pecah ataupun dari galian tambang (*quarry*). Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan yang paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan. (Mulyono,2005)

Pasir kasar alami biasanya dapat memenuhi syarat gradasi zona I dari *British Standard* (B.S), tetapi mineral halus yang berukuran lebih kecil dari 0.3 mm tidak cukup banyak. Pasir yang masuk zona II dan III dapat juga ditemukan dalam pasir alami, tetapi biasanya banyak mengandung *silt* dan tanah liat. Agregat halus (pasir alam) yang berasal dari sumber ini biasanya berbutir halus dan berbentuk bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antara butirannya agak kurang. Agregat ini cocok untuk campuran plesteran karena butirannya halus. (Mulyono,2005)

Menurut SNI 03-1750-1990, susunan butir pasir harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Sisa di atas ayakan 4,0 mm harus maksimum 2 % berat;
2. Sisa di atas ayakan 1,0 mm harus maksimum 10 % berat;
3. Sisa di atas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80 hingga 95 % berat.

Menurut sebuah blog di <http://rumah12.blogspot.co.id/2012/12/agregat-dan-persyaratan-agregat.html>, mengatakan bahwa menurut standar SK SNI S-04-1989-F

(Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A), agregat halus untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Butir-butirnya tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika di uji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12 %, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18 %.
3. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
4. Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3 % NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar / pembanding.
5. Modulus halus butir antara 1,50 – 3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
6. Agregat halus dari laut / pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2.2.3 Air

Air merupakan bahan pembantu dalam pembuatan adukan untuk pasangan, namun demikian air yang diambil secara sembarang akan berpengaruh terhadap kekuatan adukan tersebut. Supaya adukan memiliki kekuatan yang optimal, maka air yang digunakan harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual juga tidak mengandung unsur-unsur organik yang dapat merusak adukan. (Daryanto,2001)

Pada pekerjaan beton, air mempunyai beberapa fungsi yaitu: sebagai pembersih agregat dari kotoran yang melekat; merupakan media pencampur; mengecor dan memadatkan serta memelihara beton. Selain itu yang tidak kurang pentingnya yaitu air berfungsi sebagai bahan baku yang mengakibatkan proses kimia sehingga semen bereaksi dan kemudian mengeras. (Amri.2005)

SNI-03-2847-2002 dalam pasal 5.4 ayat 1 s/d 3 mensyaratkan sebagai berikut:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam dan bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

2. Air percampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam alumunium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan. [Lihat ps1 6.4. (1) SNI-03-2847-2002]
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

Hasil pengujian pada umur 7 hari dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dari air yang dapat di minum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air percampur, yang dibuat dan di uji dengan “Metoda uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis” (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm) [ASTM C 109]

2.3 Batuan

2.3.1 Klasifikasi batuan

Batuan alam yang terdapat di permukaan bumi dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Amri,2005) :

1. Batuan beku (batuan vulkanis)

Batuan beku merupakan hasil aktivitas kegiatan gunung berapi dimana batuan ini banyak ditemukan di Indonesia sebagai dampak dari wilayah negara Indonesia kaya akan gunung berapi, diperkirakan hampir 70% gunung berapi di dunia terletak di Indonesia, sehingga Indonesia memiliki deposit batuan beku yang cukup potensial. (Amri,2005)

Batuan beku terbentuk dari proses pembekuan magma yang terdapat di dalam lapisan bumi yang dalam atau hasil dari hasil pembekuan magma yang keluar akibat letusan gunung berapi. (Mulyono,2005)

2. Batuan sedimen ataupun batuan sekunder

Batuan sedimen atau biasa disebut sebagai batuan endapan terbentuk karena mengendapnya bahan-bahan yang terurai, sehingga membentuk suatu lapisan endapan bahan padat yang secara fisik diendapkan oleh angin, air atau es.

Batuan sedimen dapat juga terbentuk dari bahan-bahan terlarut yang secara kimia terendapkan di lautan, danau atau pecah. (Mulyono,2005)

Batuan sedimen atau batuan endapan berasal dari perubahan bentuk batuan beku, dimana perubahan bentuk ini terjadi akibat pengaruh yang disebabkan oleh air, udara dan tekanan serta temperatur yang berubah-ubah dari waktu ke waktu. Air dan udara memindahkan batuan beku ke lokasi lain dan membentuk endapan sehingga membentuk lapisan hingga lapisan. Berdasarkan keadaan pembentuknya, batuan sedimen dapat dibagi menjadi batuan sedimen mekanis, batuan sedimen kimia dan batuan sedimen organik. Batuan sedimen memiliki variasi kekuatan, kepadatan dan berat dari rendah hingga tinggi. (Amri,2005)

3. Batuan metamorf atau batuan malihan.

Batuan metamorfosa merupakan hasil perubahan bentuk batuan beku ataupun batuan sedimen yang diakibatkan oleh adanya temperatur dan tekanan yang tinggi serta mengakibatkan perubahan susunan kimianya. Akibat sifat peralihan ini, batuan ini disebut sebagai batuan malihan, contoh dari batuan ini antara lain: gneiss, batu pualam (*marble*), kuarsit (*quartz*), *schist* dan bata sabak. (Amri,2005)

Menurut Ansyari pada blognya di <http://learnmine.blogspot.co.id/2013/05/batuan-beku-sedimen-metamorf.html>, batuan metamorf atau yang disebut juga dengan nama batuan malihan adalah sekelompok batuan yang merupakan hasil dari ubahan atau transformasi dari suatu tipe batuan yang sudah ada sebelumnya (protolith) oleh suatu proses yang dinamakan metamorfosis atau perubahan bentuk. Batu gneiss, batu sabak, batu marmer dan batu skist merupakan beberapa contoh dari batuan metamorf.

Batuan metamorf dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

a. Batuan Metamorf Kontak

Batuan yang mengalami metamorfose sebagai akibat dari adanya suhu yang sangat tinggi (sebagai akibat dari aktivitas magma). Adanya suhu yang sangat tinggi menyebabkan terjadinya perubahan bentuk maupun warna batuan. Contohnya batu kapur (*gamping*) menjadi marmer.



Gambar 2.1 Batu marmer

b. Batuan Metamorf Dinamo

Batuan yang mengalami metamorfose sebagai akibat dari adanya tekanan yang tinggi (berasal dari tenaga endogen) dalam waktu yang lama. Contohnya batu lumpur (mud stone) menjadi batu tulis (slate). Batuan ini banyak dijumpai di daerah patahan atau lipatan.



Gambar 2.2 Batu tulis

c. Batuan Metamorf Kontak Pneumatolitis

Batuan yang mengalami metamorfose sebagai akibat dari adanya pengaruh gas-gas yang ada pada magma. Contohnya kuarsa dengan gas fluorium berubah menjadi topas.



Gambar 2.3 Batu topas

Dari hasil pembagian batuan di atas, terlihat batuan metamorf kontak pneumatolistis lebih cenderung menyerupai bentuk fisik dari batu *onyx*.



Gambar 2.4 Batu *onyx*

2.3.2 Batu *Onyx*

Menurut Meilan dalam blognya di <http://mesa26tutor.blogspot.co.id/2014/03/pengrajin-batu-marmer-dan-onyx-di-desa.html>, endapan *onyx* mempunyai komposisi kimia CaCO_3 terdiri dari mineral kalsit yang berlapis dengan ketebalan dan pola yang bervariasi. Umumnya berwarna putih kekuningan dan agak bening sehingga tembus pandang. *Onyx* terjadi pada rongga atau tekanan batu gamping yang berasal dari larutan kalsium karbonat baik yang terjadi pada temperature panas atau dingin. Bila *onyx* ini terkena proses metamorfose maka akan terbentuk *onyx* marmer.

Menurut sebuah blog di http://www.baweanonyx.com/about.php?module=batu_onyx, *onyx* adalah jenis batu kuarsa yang sering disebut juga dengan marmer tembus cahaya. Endapan onix mempunyai komposisi kimia CaCO_3 terdiri dari mineral kalsit yang berlapis dengan ketebalan dan pola yang bervariasi. Umumnya berwarna putih kekuningan dan agak bening sehingga tembus pandang. Oniks terjadi pada rongga atau tekanan batu kuarsa yang berasal dari larutan kalsium karbonat baik yang terjadi pada temperature panas atau dingin, sehingga terjadi pengkristalan. Sedangkan perbedaan antara batu *onyx* dengan batu marmer cukup mudah untuk dikenali. Kalau batu *onyx* itu berasal dari batuan jenis kuarsa yang mengkristal sehingga bisa tembus cahaya. Kalau batu marmer itu berasal dari jenis batuan gamping yang kebanyakan tidak tembus cahaya.

Onyx adalah kristal padat yang terbentuk dari metamorfosis batu kapur, umumnya mengandung calsit (CaCO_3), dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] atau kombinasi kedua mineral tersebut. Limbah *onyx* ini merupakan limbah dari kerajinan batu *onyx* yaitu limbah

dari proses batu *onyx* yang diukir dan dibentuk dengan tangan sehingga pecahannya ada yang berupa kerikil, ada juga yang berupa pasir. (Aditya,2012)

2.3.3 Sifat Batu *Onyx*

Limbah *onyx* ini mempunyai ciri-ciri sebagai berikut (Aditya,2012):

1. Berwarna putih kecoklatan.
2. Mempunyai permukaan yang tajam dan keras, sehingga memberikan ikatan yang kuat pada pasta semen.
3. Limbah *onyx* ini lebih bersih dari lempung dan lumpur, yang dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen.
4. Pasir *onyx* mempunyai karakteristik yang sama dengan pasir sungai, tetapi dalam pasir *onyx* ini berwarna putih kecoklatan dan mempunyai butir-butir halus dengan ukuran butiran antara 0,5 mm dan 5 mm. Dimana butiran ini hampir mendekati karakteristik pasir yang berasal dari kikisan bebatuan yang berasal dari sungai.
5. Kerikil *onyx* mempunyai karakteristik bentuk yang tajam, keras, dengan ukuran ≥ 5 mm sampai dengan 30 mm.
6. Tidak mengandung bahan organis, sehingga proses pengerasan semen tidak terhambat, karena bahan organik dapat menghambat pengerasan semen.

Menurut sebuah blog di http://www.baweanonyx.com/about.php?module=batu_onyx, batuan *onyx* cenderung bercorak mengikuti sendimen batuan yang terjadi.

Batu *onyx* jenisnya bermacam-macam, diantaranya :

1. *Onyx Green Flood* (Kehijauan bercorak sejajar) :

Onyx dengan corak warna kehijauan berurat sejajar yang memiliki kualitas setara impor dengan harga lebih murah dari pasaran. Batu onix jenis ini memiliki corak dan kilau yang sangat indah karena usianya yang sangat tua. Selain karena keindahannya, keberadaan onix yang cukup langka mengakibatkan *onyx* memiliki harga yang umumnya lebih tinggi dari marmer atau granit.

2. *Onyx Green Flower* (kehijauan bercorak bunga) :

Onyx dengan corak warna kehijauan berurat bunga yang memiliki kualitas setara impor dengan harga lebih murah dari pasaran. Batu onix jenis ini memiliki corak dan kilau yang sangat indah karena usianya yang sangat tua. Selain karena keindahannya, keberadaan onix yang cukup langka mengakibatkan *onyx* memiliki harga yang umumnya lebih tinggi dari marmer atau granit.

3. *Onyx* Mega Crystalline (Putih berurat kuning) :

Onyx dengan corak warna putih berurat kuning yang memiliki kualitas setara impor dengan harga lebih murah dari pasaran. Batu onix jenis ini memiliki corak dan kilau yang sangat indah karena usianya yang sangat tua. Selain karena keindahannya, keberadaan onix yang cukup langka mengakibatkan *onyx* memiliki harga yang umumnya lebih tinggi dari marmer atau granit.

2.3.4 Kandungan Unsur Batu *Onyx*

Berikut adalah hasil dari pengujian XRF pada limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton :

Tabel 2.1 Unsur yang terkandung pada batu *onyx*

No.	Unsur	(%)
1	Ca	98.39 +/- 0.29
2	Fe	0.13 +/- 0.009
3	Co	0.11 +/- 0.0008
4	Cu	0.045 +/- 0.001
5	Mo	0.32 +/- 0.03
6	Sm	0.32 +/- 0.03
7	Er	0.10 +/- 0.009
8	Yb	0.76 +/- 0.03

Sumber: Hasil pengujian XRF

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa kandungan kalsium pada batu *onyx* lebih banyak dibandingkan kandungan lainnya yaitu sebesar 98.39 +/- 0.29%

2.3.5 Kalsium

Menurut Aulia pada blognya di <http://www.bglconline.com/2014/08/fakta-fungsi-penggunaan-kalsium/>, kalsium, atau zat kapur, dikenal sebagai logam lewat eksperimen yang dilakukan Jöns Jacob Berzelius dan Pontin pada tahun 1808. Mereka berhasil memperoleh campuran kalsium dengan melakukan elektrolisis kapur menggunakan merkuri. Saat Humphry Davy mempelajari hal ini, ia mengambil langkah lebih jauh sekaligus sukses mengisolasi kalsium menjadi logam murni. Hasil tersebut menarik perhatian karena kalsium sebenarnya telah digunakan sebagai material bangunan sejak zaman pra-sejarah, tepatnya sekitar 7000 – 14000 sebelum masehi. Peradaban Romawi Kuno juga menggunakan kalsium dalam bentuk kalsium oksida. Seiring perkembangan zaman, zat ini juga digunakan untuk mengobati patah sejak 975 masehi.

Menurut Aulia pada blognya di <http://www.bglconline.com/2014/08/fakta-fungsi-penggunaan-kalsium/>, kalsium merupakan salah satu elemen dari golongan alkalin yang terdapat di bumi. Zat ini biasanya muncul dalam bentuk lapisan putih nitrida di udara. Saat bercampur air, kalsium akan mudah bereaksi dan jika dibakar akan menimbulkan api berwarna kuning-merah.

Tabel 2.2 Fakta seputar kalsium

No.	Keterangan	
1	Nomor atom	20
2	Simbol atom	Ca
3	Berat atom	40,078
4	Titik lebur	842 °C
5	Titik didih	1.484 °C
6	Konfigurasi elektron	4s ²
7	Wujud pada suhu ruang	Padat

Sumber: <http://www.bglconline.com/2014/08/fakta-fungsi-penggunaan-kalsium/>

Kalsium merupakan elemen kimia yang paling berlimpah kelima di lapisan kerak bumi. Sekitar 3 persen isi kerak bumi mengandung kalsium dan terdapat sebagai bagian yang penting pada daun, tulang, gigi, dan cangkang. Kalsium selalu ditemukan dalam bentuk senyawa yang berkombinasi dengan mineral lain seperti pada batu kapur, gipsum, dan fluoride.

2.3.6 Penggunaan Kalsium

Menurut Aulia pada blognya di <http://www.bglconline.com/2014/08/fakta-fungsi-penggunaan-kalsium/>, kalsium digunakan pada banyak senyawa alami maupun buatan yang biasa sering digunakan ada berbagai jenis industri. Beberapa senyawa penting yang terdapat mengandung kalsium seperti klorida, sianamida, hipoklorit, nitrat, dan sulfida. Kalsium merupakan elemen penting pada beberapa jenis semen. Saat dicampur dengan pasir, kalsium akan mengeraskan mortar dan plaster dengan menyerap karbon dioksida dari udara.

Dalam penerapannya, bentuk senyawa kalsium yang banyak digunakan adalah kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium arsenat ($\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$), kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), kalsium karbida (CaC_2), kalsium glukonat ($\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2$), kalsium klorida (CaCl_2), kalsium sitrat ($\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$), kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dan berbagai senyawa lainnya. Kalsium karbonat (CaCO_3) digunakan untuk semen dan mortar, industri baja, dan industri kaca.

Menurut Vidy pada blognya di <http://vidyvanadies.blogspot.co.id/2012/03/alkali-tanah.html>, manfaat dan kegunaan kalsium (Ca) antara lain :

- Senyawa CaSO_4 digunakan untuk membuat Gips yang berfungsi untuk membalut tulang yang patah.
- Senyawa CaCO_3 biasa digunakan untuk bahan bangunan seperti komponen semen dan cat tembok. Selain itu digunakan untuk membuat kapur tulis dan gelas.
- Kalsium Oksida (CaO) dapat mengikat air pada Etanol karena bersifat dehidrator, dapat juga mengeringkan gas dan mengikat Karbondioksida pada cerobong asap.
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan sebagai pengatur pH air limbah dan juga sebagai sumber basa yang harganya relatif murah
- Kalsium Karbida (CaC_2) disaebut juga batu karbit merupakan bahan untuk pembuatan gas asetilena (C_2H_2) yang digunakan untuk pengelasan.
- Kalsium banyak terdapat pada susu dan ikan teri yang berfungsi sebagai pembentuk tulang dan gigi.

2.4 Metode Curing / Perawatan

Perawatan beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal 7 (tujuh) hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 (tiga) hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan perawatan yang dipercepat. (PB, 1989:29)

Perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (SNI 03-4810-1998) :

1. Penutupan setelah penyelesaian, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembaban sampai saat benda uji dilepas dari cetakan;
2. Perawatan untuk pemeriksaan proporsi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar untuk penerimaan atau pengendalian mutu;
 - 1). Perawatan awal sesudah pencetakan :
 - a) Benda uji harus disimpan dalam suhu antara 16 sampai 27°C dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindungi dari sinar matahari langsung atau alat yang memancarkan panas;

- b) Benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar;
- c) Jika benda uji tidak akan diangkat selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu 24 jam \pm 8 jam dan diberi perawatan standar sampai tiba waktu pengangkutan.

2). Perawatan standar sebagai berikut :

- a) Benda uji silinder :
 - (a) Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$;
 - (b) Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20°C sampai 30°C ;
 - (c) Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air;
 - (d) Penyimpangan dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air kapur jenuh atau dengan ditutupi kain basah;
- b) Benda uji balok harus dirawat sama seperti benda uji silinder kecuali sekurang-kurangnya 20 jam sebelum pengujian, balok harus disimpan dalam air kapur jenuh pada suhu $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$.

3. Perawatan untuk menentukan saat pelepasan cetakan atau saat struktur boleh menerima beban :

- 1). Silinder disimpan pada atau sedekat mungkin dengan struktur yang dan suhu serta kelembabannya harus sama;
- 2). Balok uji dan struktur yang diwakilinya harus memperoleh perawatan yang sama:
 - a). Balok uji dilepas dari cetakan setelah 48 jam \pm 4 jam;
 - b). Balok uji harus disimpan dalam air kapur pada suhu $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam \pm 4 jam sebelum pengujian.

2.5 Kuat Tekan

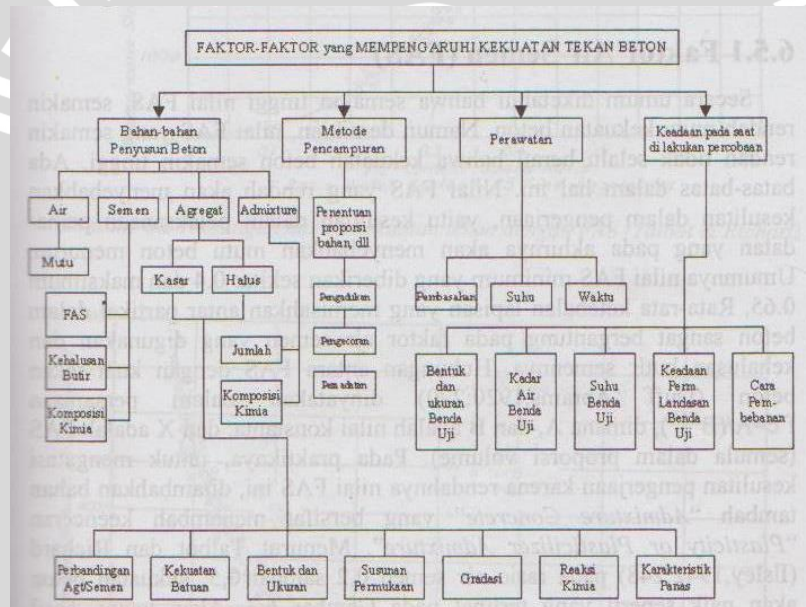
Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. (Mulyono,2005)

Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus memenuhi $0.85 f'c$ untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi $f'c + 0.82 s$ untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. (Mulyono,2005)

Kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan karakteristik beton. Kuat tekan karakteristik didapatkan dari beban maksimum yang dapat diterima oleh beton, hingga beton mengalami kehancuran.

2.5.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Tekan Beton

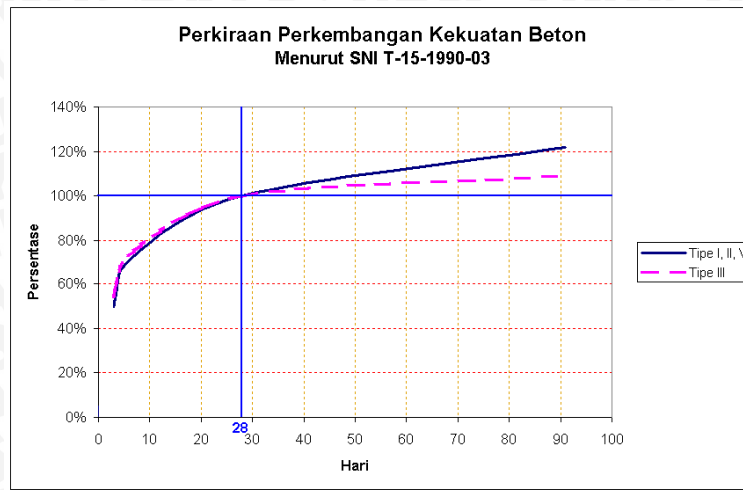
Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.5 Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton tersebut, yaitu (1). proporsi bahan-bahan penyusunnya, (2). metode perancangan, (3). perawatan dan (4). keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat. (Mulyono,2005)



Gambar. 2.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton

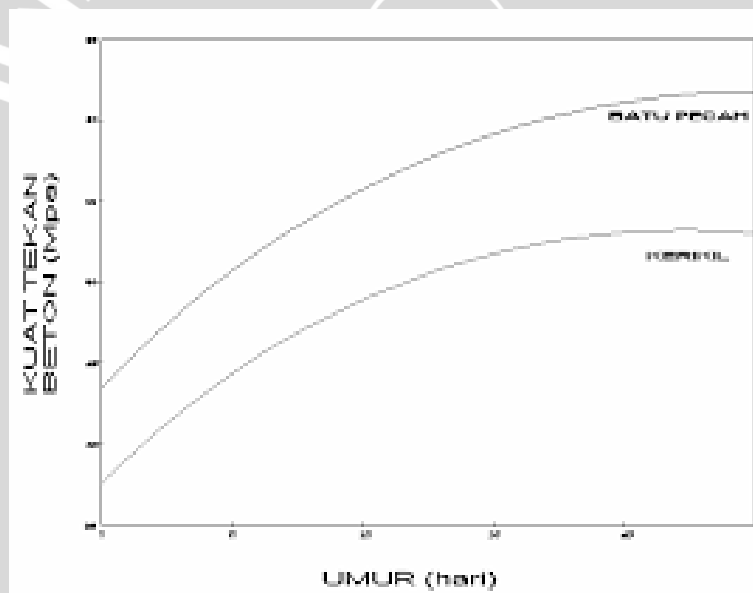
2.5.2 Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton

Menurut Hernandar pada blognya di <https://aguzher.wordpress.com/2008/01/18/evaluasi-kekuatan-beton/>, grafik di bawah ini menunjukkan perkiraan perkembangan kekuatan beton dari 3 sampai 91 hari menurut SNI-T-15-1990-03 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal yang dinyatakan sebagai persentase terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari.



Gambar 2.6 Grafik perkiraan perkembangan kekuatan beton

Berikut adalah gambar hubungan antara kuat tekan dengan umur beton :



Gambar 2.7 Grafik hubungan kuat tekan dengan umur

2.6 FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air-semen adalah nilai yang diperoleh dari hasil perbandingan kadar air dan kadar semen yang diperlukan. Semakin rendah perbandingan air-semen, berarti semakin kental campuran beton yang dihasilkan. (Amri,2005)

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan pada (Mulyono,2005):

1. Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari hasil penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila

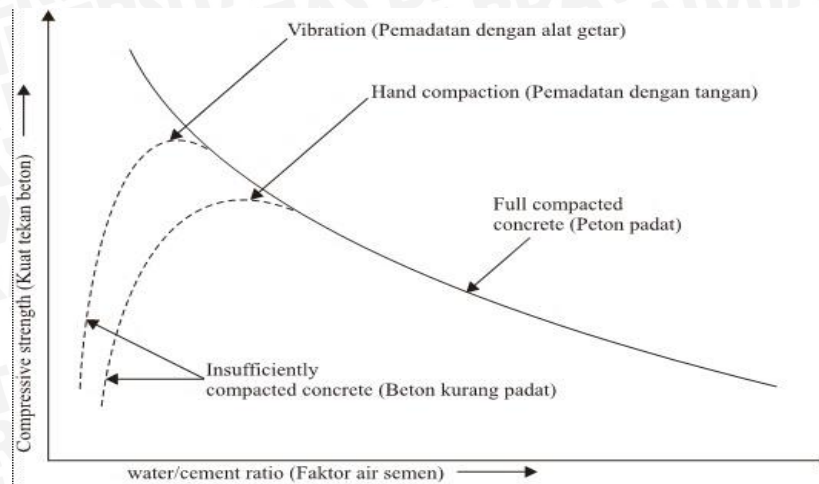
tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman, dapat digunakan Tabel 8.18 dan Grafik 8.4.1 atau 8.4.2. (SNI,1990:6-8).

2. Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi ketentuan SK.SNI untuk beton tahan sulfat dan beton kedap air (PB,1989:21-23) seperti yang tercantum dalam Tabel 8.19, 8.20.1 dan 8.20.2 (SNI,1990:9-11).

2.6.1 Hubungan Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan mengalami kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0.4 dan maksimum 0.65. (Mulyono,2005)

Menurut Kusuma dalam blognya di <https://dwikusumadpu.wordpress.com/tag/faktor-air-semen/>, air berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan beton antara lapis permukaan (akibat bleeding) dengan beton lapisan di bawahnya. Kurangnya lekatan antar dua lapisan tersebut merupakan area yang lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap sifat workability adukan beton, besar kecilnya nilai susut beton, kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu, dan peranan air sangat mendukung perawatan adukan beton diperlukan untuk menjamin pengerasan yang baik.



Gambar 2.8 Hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen

2.7 Penelitian Terdahulu

- Muhammad Iqbal Habibi, (2014) meneliti tentang pemanfaatan limbah batu kapur sebagai pengganti agregat kasar pada beton. Hasil penelitian yang didapat adalah tes pada setiap beton campuran beton dilakukan setelah 3,7,14,21,28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton 25,7Mpa sementara beton menggunakan fragmen kapur dari 21,9 MPa dan pengujian hasil beton berat volume adalah 2,655kg / m³, volume berat dari beton menggunakan fragmen kapur 2,661kg / m³.
- Deddy Misdarpon, dkk (2007). Meneliti tentang pemanfaatan batu berangkal kapur limbah industri sebagai agregat untuk beton non-pasir pada penelitiannya di dapatkan Kuat tekan beton non-pasir dari batu berangkal kapur limbah pada perbandingan volume semen : agregat 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 berturut-turut sebesar 10.44 MPa; 9.53 MPa; 8.62 MPa; 7.72 MPa; 6.81 MPa; 5.90 Mpa.
- Budiarto, dkk (2004). Meneliti tentang pembuatan komposit partikulat onix diperkuat poliester untuk bahan interior. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat patah komposit menunjukkan bahwa kuat tekan/patah komposit meningkat dengan bertambahnya ukuran mesh dan komposisi partikulat.
- Aditya Aditya, (2012). Meneliti tentang pengaruh penggunaan limbah pasir onix sebagai substitusi pasir terhadap kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus paving block. Hasil pengujian kuat tekan paving block karakteristik optimal terjadi pada komposisi campuran 1PC : 6PsO dengan nilai 378,36 kg/cm², yaitu mengalami peningkatan sebesar 64,05% dari kuat tekan paving block karakteristik komposisi 1PC : 6Ps (0% pasir *onyx*). Untuk ketahanan aus optimal terjadi pada komposisi campuran 1PC : 6PsO dengan nilai ketahanan aus sebesar 0,399

mm/menit, mengalami penurunan sebesar 4,6% dan untuk hasil pengujian penyerapan air optimal terjadi pada komposisi campuran 1PC : 3Ps : 3PsO dengan nilai penyerapan air 6,63%, mengalami penurunan 2,01% dibandingkan dengan komposisi campuran 1PC : 6Ps (0% pasir *onyx*).

2.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian dibutuhkan agar penelitian mempunyai tujuan. Pada penelitian ini hipotesa yang akan dibuktikan yaitu :

1. Faktor air semen yang mempunyai kuat tekan paling tinggi yaitu FAS yang mempunyai nilai slump paling rendah diantara FAS yang lainnya.
2. Beton dengan agregat kasar berupa batu *onyx* dapat dijadikan sebagai beton struktural.
3. Kuat tekan yang dihasilkan oleh beton dengan limbah batu *onyx* mempunyai nilai yang mendekati dengan nilai beton normal.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set ayakan agregat kasar dan satu set ayakan agregat halus.
2. Mesin pengguncang.
3. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% berat benda uji.
4. Talam, kuas dan sendok bahan.
5. Satu set alat uji berat jenis dan penyerapan.
6. Satu set alat uji berat isi.
7. Alat uji slump (kerucut Abrahams) dan tongkat berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm.
8. Cetakan dari logam tebal berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
9. Molen (*Mini Mix*).
10. *Vibrator*
11. Alat uji tekan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Agregat kasar berupa batu *onyx* yang diambil berupa bongkahan kecil sisa industri kerajinan batu di Desa Gamping, kecamatan Campur Darat, kabupaten Tulungagung yang nantinya dipecah menjadi lebih kecil agar bisa menjadi pengganti agregat kasar pada beton.
2. Agregat kasar berupa batu pecah dari batu sungai yang dipecahkan
3. Agregat halus berupa pasir hitam.
4. Semen PPC.
5. Air PDAM kota Malang.

3.2 Analisa Bahan yang Digunakan

3.2.1 Agregat Kasar

- Analisa gradasi batu *onyx* dan batu pecah.
 - Peralatan Percobaan:
 - a. Timbangan dan neraca ketelitian 0,2% berat benda uji.

- b. Satu set saringan: 25,4 mm (1"); 19,10 mm (3/4"); 12,70 mm (1/2"); 9,52 mm (3/8"); 4,75 mm (4").
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan kapasitas $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- d. Talam dan kuas.

- Pelaksanaan Percobaan:

- a. Kerikil ditimbang untuk benda uji 10000 gr dan kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C .
- b. Keluarkan bahan dari oven dan dinginkan.
- c. 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.
- d. Bahan yang tertinggal diatas masing-masing ayakan ditimbang.

• Analisa kadar air

- Peralatan Percobaan:

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Oven pengatur suhu dengan kapasitas $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- c. Talam logam anti karat.

- Pelaksanaan Percobaan:

- a. Timbang dan catat berat talam (W1).
- b. Masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 110°C sampai berat tetap.

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W2. \quad (3-1)$$

- c. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W4. \quad (3-2)$$

- d. Menghitung berat benda uji kering

$$W5 = W4 - W1. \quad (3-3)$$

- e. Menghitung kadar air agregat.

$$((W3 - W5) / W5) \times 100 \%. \quad (3-4)$$

- Analisa berat jenis dan penyerapan
 - Peralatan Percobaan:
 - a. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No.8) dengan kapasitas ± 5 kg.
 - b. Tempat pemeriksaan air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
 - c. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
 - d. Oven pengatur suhu kapasitas $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.
 - e. Alat pemisah contoh
 - f. Saringan No.4 (4,75 mm).
 - Pelaksanaan Percobaan :
 - a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu.
 - b. Keringkan benda uji dalam oven $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Keluarkan dari oven lalu ditimbang.
 - c. Dinginkan pada suhu kamar selama (1-3) jam, lalu ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk).
 - d. Rendam benda uji pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
 - e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap
 - f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
 - g. Letakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan untuk mengeluarkan udara dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), ukur suhu air sesuai suhu standar (25°C)
 - ❖ Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$\text{Bk}/(\text{Bj}-\text{Ba}) \quad (3-5)$$
 - ❖ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry*)

$$\text{Bj}/(\text{Bj}-\text{Ba}) \quad (3-6)$$
 - ❖ Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$\text{Bk}/(\text{Bk}-\text{Ba}) \quad (3-7)$$
 - ❖ Penyerapan (%) (Absorption)

$$(\text{Bj}-\text{Bk})/\text{Bk} \times 100\% \quad (3-8)$$

- Analisa berat isi
 - Peralatan Percobaan:
 - a. Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
 - b. Tongkat tusuk baja panjang ± 600 mm dan diameter ± 16 mm.
 - c. Kotak takar.
 - Pelaksanaan Percobaan:
 - a. Agregat SSD direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap.
 - b. Timbang kotak takar kosong.
 - c. Timbang kotak takar berisi air penuh.
 - d. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding.
 - e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar.
 - f. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.
 - g. 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.
 - h. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar.
 - i. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.
- Analisa keausan
 - Peralatan Percobaan:
 - a. Mesin Abrasi Los Angeles.
 - b. Saringan dengan ukuran 1,7 mm ; 19 mm dan 9,5 mm.
 - c. Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
 - d. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing-masing antara 400gram sampai 440 gram.
 - e. Oven pengatur suhu dengan kapasitas $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - Pelaksanaan Percobaan:
 - a. Benda uji dan bola di masukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles. Dengan ketentuan bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran.
 - b. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm.

- c. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no 12 (1.7 mm), butiran yang tertahan di atas dicuci bersih. Selanjutnya di keringkan dalam oven sampai berat tetap.
- d. Timbang benda uji.

Beberapa analisa diatas telah dilaksanakan sebagai uji pendahuluan material berupa limbah batu *onyx* dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil uji pendahuluan batu *onyx*

No.	Analisa	Hasil
1	Kadar air	0,00901 %
2	Berat Jenis	2,632
3	Penyerapan	0,864 %
4	Berat isi	1,538 gr/cc
5	Keausan	24 %

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan

Dari hasil uji pendahuluan di atas dapat dilihat bahwa batu *onyx* memiliki pori yang sangat kecil dibuktikan dengan analisa kadar air dan penyerapan yang menunjukkan angka sebesar 0.47% dan 0.73%. Sifat limbah pada agregat dapat terlihat dari angka keausan yang menunjukkan agregat mudah terabrasi, dikarenakan faktor dari kekuatan agregat yang sudah berkurang akibat perlakuan pada tempat industri seperti dipukul, dipotong, digilas dan lain-lain.

3.2.2 Agregat Halus

- Analisa gradasi pasir
 - Peralatan Percobaan :
 - a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% berat benda uji.
 - b. Satu set saringan: no.4 (4,75 mm); no.8 (2,36 mm); no.16 (1,18 mm); no.30 (0,60 mm); no.50 (0,30 mm); no.100 (0,15 mm); no.200 (0,075 mm); PAN.
 - c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu dengan kapasitas (100 ± 5) °C.
 - d. Alat pemisah contoh.
 - e. Mesin pengguncang saringan.
 - f. Talam-talam dan kuas.
 - Pelaksanaan Percobaan :
 - a. Bahan pasir ditimbang seberat 1000 gr lalu dimasukkan oven dalam suhu 110 °C sampai berat tetap.

- b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- c. Bahan kerikil ditimbang seberat 10000 gr, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110 °C sampai berat tetap.
- d. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

- Analisa kadar air

- Peralatan Percobaan :

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Oven pengatur suhu dengan kapasitas $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- c. Talam logam anti karat.

- Pelaksanaan Percobaan :

- a. Timbang dan catat berat talam (W1).
- b. Masukkan bahan ke dalam talam dan ditimbang sebagai berat bahan basah kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 110° C sampai berat tetap.

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W2. \quad (3-9)$$

- c. Keluarkan dari oven lalu timbang benda uji

$$\text{Berat bahan} + \text{talam} = W4. \quad (3-10)$$

- d. Menghitung berat benda uji kering

$$W5 = W4 - W1. \quad (3-11)$$

- e. Menghitung kadar air agregat.

$$((W3 - W5) / W5) \times 100 \%. \quad (3-12)$$

- Analisa berat jenis dan penyerapan

- Peralatan Percobaan :

- a. Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
- b. Piknometer kapasitas 500 ml.
- c. Kerucut terpancung diameter atas (40,3) mm, diameter bawah (90,3) mm dan tinggi (75,3) mm yang dibuat dari logam tebal $> 0,80$ mm.

- d. Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter $(25,3)$ mm.
- e. Saringan No. 4 $(4,75)$ mm.
- f. Oven pengatur suhu kapasitas $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- g. Desikator

- Pelaksanaan Percobaan

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
- b. Dinginkan pada suhu ruang lalu rendam dalam air selama 24 jam.
- c. 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).
- d. Periksa SSD dengan mengisi benda uji ke dalam kerucut terpancung setiap $1/3$ bagian dan padatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali lalu angkat kerucut.
- e. Keadaan SSD tercapai bila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- f. Setelah kondisi SSD tercapai, masukkan 500 gr benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai 90% isi piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
- g. Rendam piknometer dalam air, dan ukur suhu air untuk penyesuaian hitungan pada suhu standar 25°C .
- h. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- i. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai dengan ketelitian 1 gr (Bt).
- j. 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 (Bk).
- k. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

❖ Berat Jenis Curah (*Bulk Spesific Gravity*)

$$Bk/(Bj-Ba) \quad (3-13)$$

❖ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Bulk Spesific Gravity Saturated Surface Dry*)

$$Bj/(Bj-Ba) \quad (3-14)$$

$$\text{❖ Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)} \\ \text{Bk}/(\text{Bk}-\text{Ba}) \quad (3-15)$$

$$\text{❖ Penyerapan (\%)} \text{ (Absorption)} \\ (\text{Bj}-\text{Bk})/\text{Bk} \times 100\% \quad (3-16)$$

- Analisa berat isi
 - Peralatan Percobaan :
 - a. Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gr.
 - b. Tongkat tusuk baja panjang ± 600 mm dan diameter ± 16 mm.
 - c. Kotak takar.
 - Pelaksanaan Percobaan :
 - a. Agregat SSD direndam selama 24 jam lalu permukaan disapu dengan lap.
 - b. Timbang kotak takar kosong.
 - c. Timbang kotak takar berisi air penuh.
 - d. Isi kotak takar dengan benda uji dalam 2 lapisan sama tebal, tiap lapisan ditusuk-tusuk. Cara ini disebut Rodding.
 - e. Ratakan muka bahannya dengan tangan atau mistar.
 - f. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.
 - g. 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.
 - h. Ratakan muka benda ujinya dengan tangan atau mistar.
 - i. Timbang kotak takar yang berisi benda uji.

3.2.3 Air

Tidak dilakukan pengujian khusus terhadap air, karena air yang digunakan adalah air bersih dari PDAM kota Malang.

3.2.4 Semen

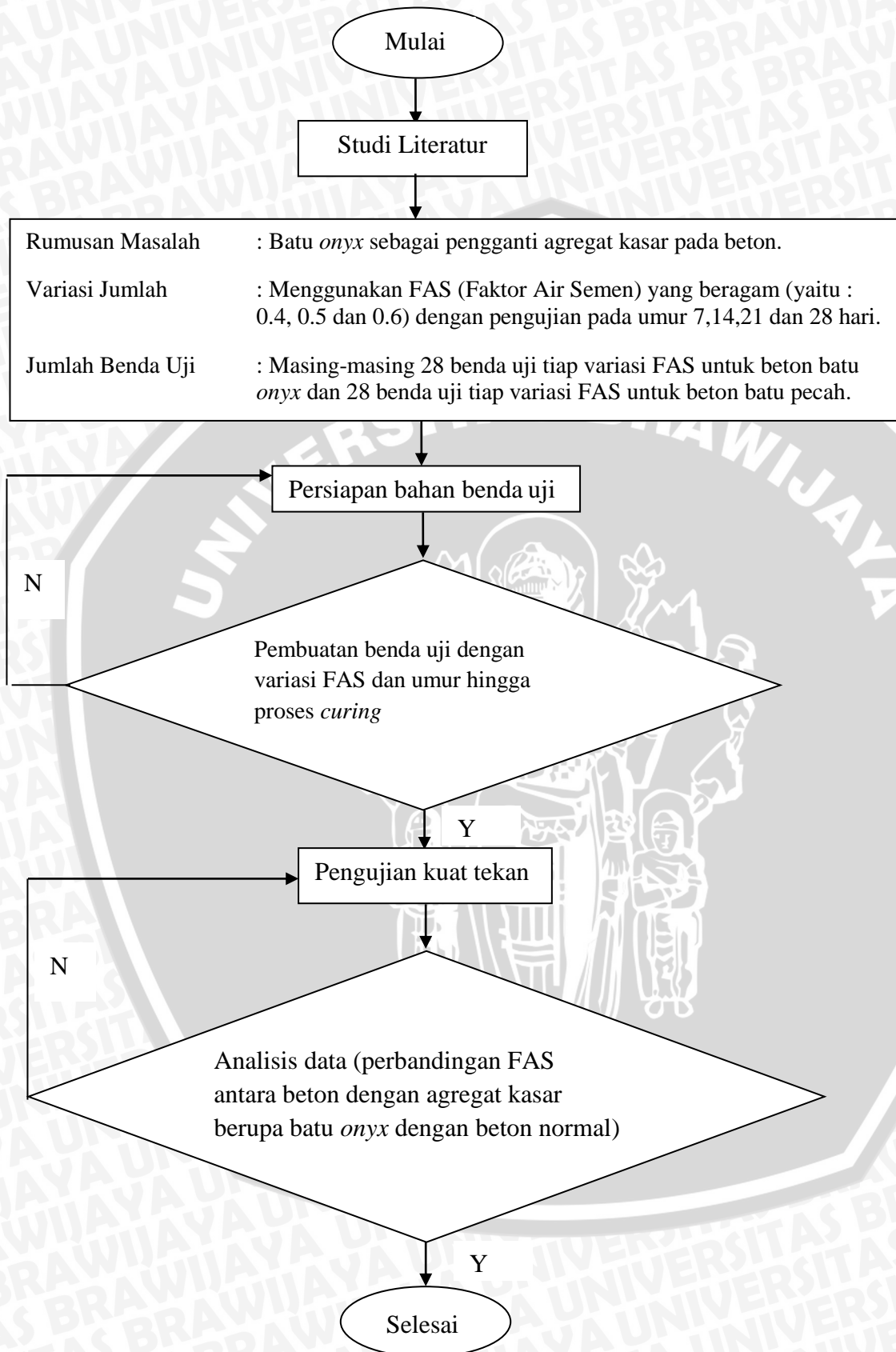
Tidak dilakukan pengujian khusus terhadap semen, karena semen yang digunakan adalah semen PPC.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian : Laboratorium struktur dan bahan konstruksi.

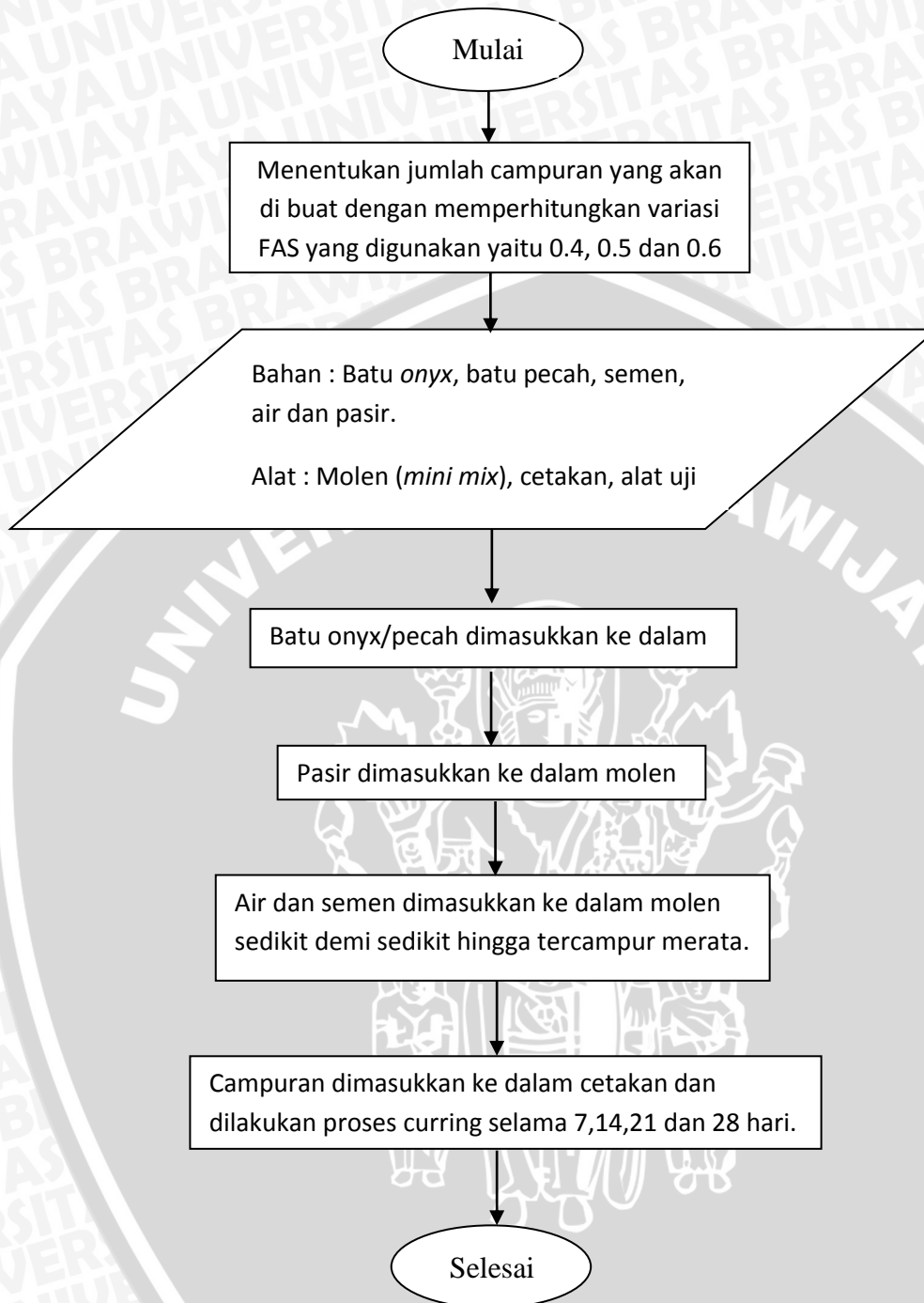
Waktu penelitian : Juli-Oktober 2015

3.4 Diagram Pengerjaan



Gambar 3.1 Diagram penelitian

Diagram alir pembuatan benda uji:



Gambar 3.2 Diagram pembuatan benda uji

3.5 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

a. Variabel bebas :

- FAS (Faktor Air Semen) yang digunakan beragam (yaitu : 0.4, 0.5 dan 0.6)

b. Variabel terikat :

- Penggunaan batu *onyx* sebagai pengganti kerikil sebesar 100 % dari jumlah agregat kasar yang dibutuhkan.
- Pengujian kuat tekan dilaksanakan saat umur beton mencapai 7,14,21 dan 28 hari.

3.6 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu mencampur semua bahan yang telah melalui proses analisis sebelumnya dan dinyatakan layak digunakan sebagai bahan pembuat beton. Pada penelitian ini limbah batu *onyx* digunakan 100% sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton. Sebagai pembanding benda uji dengan agregat kasar 0% limbah batu *onyx* juga dibuat. Pembuatan benda uji ini dilakukan di Laboratorium struktur dan bahan konstruksi.

Tabel 3.2 Rancangan pembuatan benda uji

FAS	Batu Onyx (Buah)	Batu Pecah (Buah)
0,4	28	28
0,5	28	28
0,6	28	28
Jumlah Benda Uji	84	84

Berdasarkan tabel di atas jumlah benda uji dibedakan menjadi :

Batu <i>onyx</i>	: 84 buah	
Batu pecah	: 84 buah	+
Jumlah	: 168 buah	

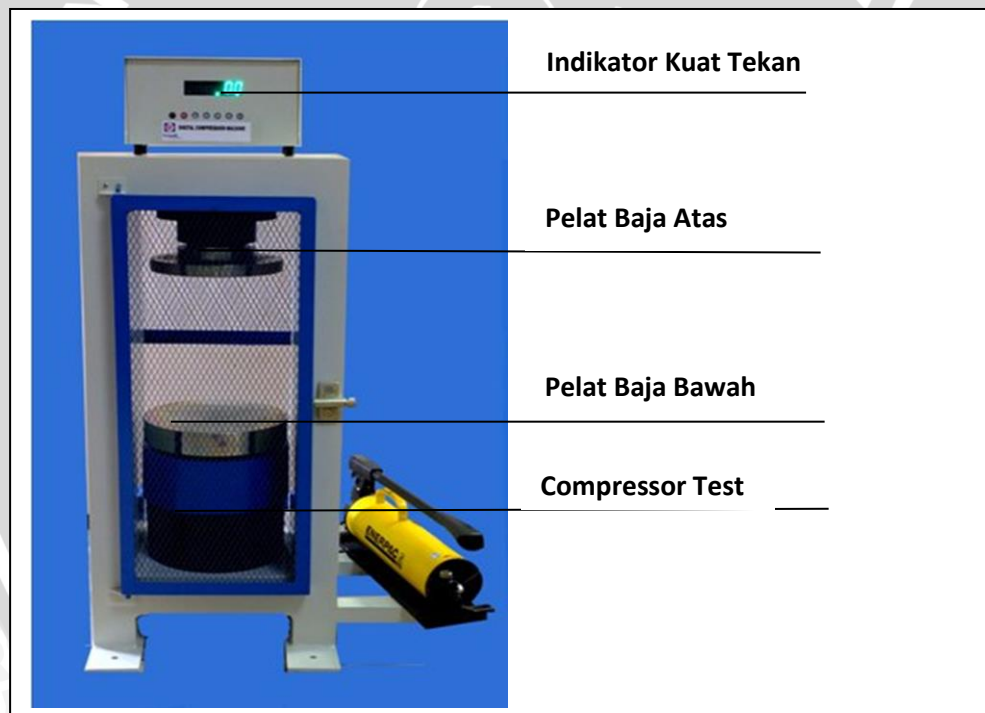
3.7 Pengujian Kuat Tekan

Tahapan cara pengujian kuat tekan menurut (SNI-03-1974-1990:3) sebagai berikut:

1. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris;
2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik;
3. Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji;
4. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

Dalam penelitian ini tahapan cara pengujian kuat tekan mengacu pada (SNI-03-1974-1990:3) dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan benda uji yang telah melalui proses *curing* dengan jangka waktu 28 hari dalam keadaan kering udara. Dengan benda uji masing-masing 3 benda uji.
2. Ukur dan timbang benda uji
3. Letakkan benda uji pada mesin secara sentris
4. Ratakan bidang tekan pada permukaan benda uji
5. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik
6. Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji



Gambar 3.3 Alat pengujian kuat tekan

7. Dari hasil uji tekan dibuat grafik hubungan antara kuat tekan dan umur beton.

3.8 Analisa Data

Setelah semua data yang diperlukan diperoleh, maka selanjutnya melakukan analisa secara statistik guna mengetahui pengaruh dari variasi faktor air semen, umur beton dan penggantian jenis agregat kasar. Adapun proses analisisnya sebagai berikut:

a. Uji Hipotesa

Untuk dapat mengetahui apakah variasi dari faktor air semen dan umur mempengaruhi kuat tekan benda uji. Maka digunakan analisis variansi (ANOVA) dengan analisa satu arah.

Metode analisis variansi dilakukan dua kali, tujuannya untuk mengetahui apakah ada atau tidak ada pengaruh yang terlihat terhadap faktor air semen antara beton dengan limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti batu pecah dan beton yang menggunakan batu pecah, dan untuk mengetahui apakah ada atau tidak ada pengaruh yang terlihat terhadap umur antara beton dengan limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti batu pecah dan beton yang menggunakan batu pecah.

Dari analisis varian maka didapatkan rumus secara statistik sebagai berikut:

$$H_{0A} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

$$H_{1A} : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Dengan,

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.

Dan,

$$H_{0B} : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

$$H_{1B} : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Dengan,

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

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

Dalam uji ANOVA, bukti sampel diambil dari setiap populasi yang sedang dikaji. Data-data yang diperoleh dari sampel tersebut digunakan untuk menghitung statistik sampel. Distribusi sampling yang digunakan untuk mengambil keputusan statistik

yakni menolak atau menerima hipotesis nol (H_0), adalah DISTRIBUSI F (F Distribution).

Indikator yang menentukan diterima atau tidaknya hipotesis diatas yaitu apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, begitu pula sebaliknya $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

b. Uji Hipotesis Selisih Nilai Rata-Rata Pengamatan Berpasangan

Untuk dapat mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan pada nilai kuat tekan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* dengan beton yang menggunakan batu pecah.

Metode yang digunakan yaitu uji T. Uji T (T Test) ini dipilih karena sampel yang ada jumlahnya < 30 benda uji, yang biasa disebut dengan sampel kecil.

Dari uji T maka didapatkan rumus secara statistik sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dengan,

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.

Indikator yang menentukan diterima atau tidaknya hipotesis diatas yaitu 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.

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

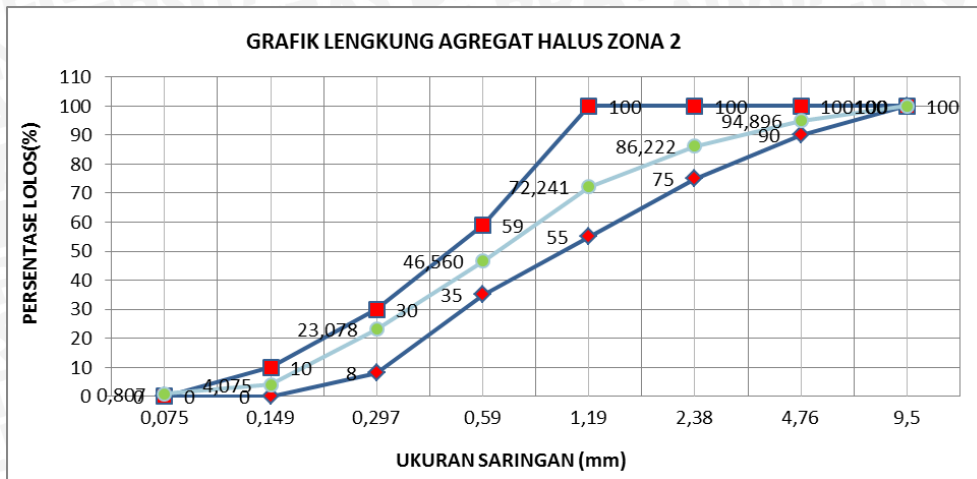
1. Agregat Halus

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

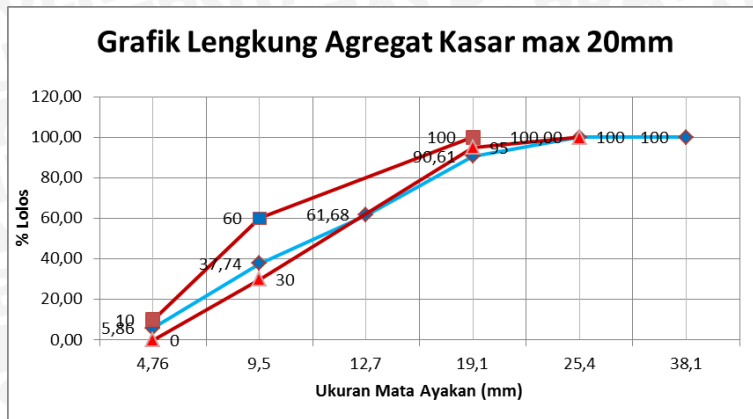
2. Agregat Kasar

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

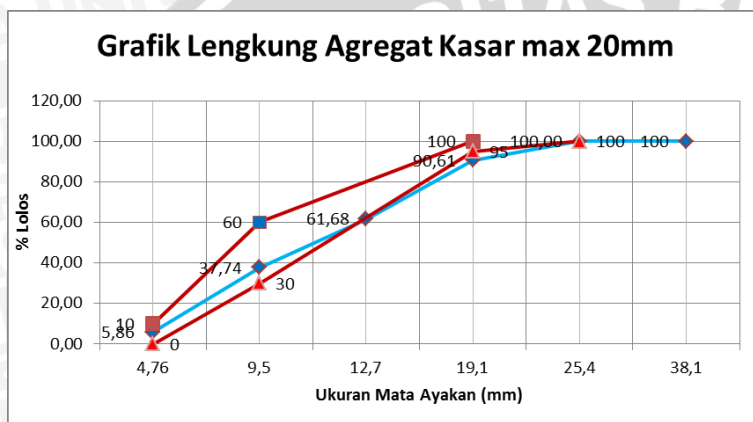
Pemeriksaan gradasi ini dilakukan agar dapat diketahui ukuran butir agregat kasar dari hasil penyaringan. Baik kerikil dari batu pecah maupun dari batu *onyx* tahapan pemeriksaan gradasi agregat kasar yang dilakukan sama saja. Dimulai dari kerikil ditimbang untuk bahan uji 10000 gram atau sekitar 10 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 talam. Masukkan bahan ke dalam talam 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 = $B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100$
 $= 225 - (0,0187 - 0,624) \times 617,118/100 - (0,00901 - 0,864) \times 945,313/100$
 $= 221 \text{ kg/m}^3$
- Kebutuhan aktual pasir = $C + (C_k - C_a) \times C/100$
 $= 617,118 + (0,0187 - 0,624) \times 617,118/100$
 $= 613 \text{ kg/m}^3$
- Kebutuhan aktual onyx = $D + (D_k - D_a) \times D/100$
 $= 945,313 + (0,00901 - 0,864) \times 945,313/100$
 $= 953 \text{ kg/m}^3$

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

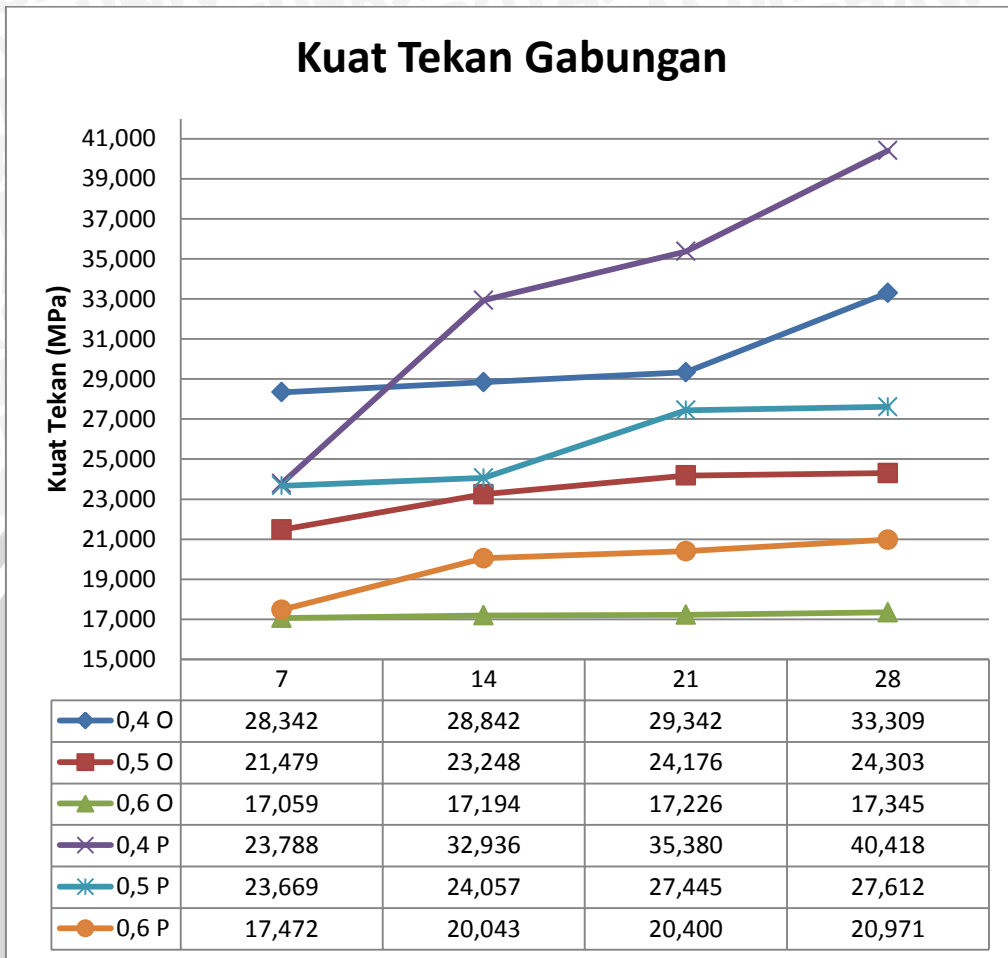
Tabel 4.10 Hasil pengujian kuat tekan FAS 0,6

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 :

$V_1 = c-1 = 2$

$V_2 = c(n-1) = 18$

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 F_{hitung} 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:

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

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

Didapatkan F_{hitung} 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:

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

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

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

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

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

Didapatkan F_{hitung} 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							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	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							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	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:

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

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

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

$$\text{Batu onyx} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{14,353}{18} = 0,797$$

$$\text{Batu pecah} : s_w^2 = \frac{\Sigma_j \Sigma_i (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{105,410}{18} = 5,856$$

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 :

Batu onyx : Fhitung > Ftabel

$$562,384 > 3,55$$

Batu pecah : Fhitung > Ftabel

$$116,806 > 3,55$$

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	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	20,978					
			0,6	11,121					
2	14	Batu Sungai	0,4	22,7	91,3521	4,750	19,230	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	18,602					
			0,6	24,892					
3	21	Batu Onyx	0,4	47,348	237,545	18,023	13,180	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	53,256					
			0,6	23,245					
4	28	Batu Sungai	0,4	33,847	304,72	10,812	28,184	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	30,633					
			0,6	35,867					
1	7	Batu Onyx	0,4	33,098	258,748	5,722	45,217	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	4,333					
			0,6	25,878					
2	14	Batu Sungai	0,4	28,318	393,176	5,153	76,298	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	21,667					
			0,6	18,304					
3	21	Batu Onyx	0,4	7,699	448,43	0,797	562,384	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	12,806					
			0,6	5,029					
4	28	Batu Sungai	0,4	27,692	684,026	5,856	116,806	3,55	H0A ditolak dan H1A diterima
			0,5	18,089					
			0,6	22,08					

Dapat disimpulkan bahwa dari semua percobaan tidak ada H1A 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 signifikansi (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							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		
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		
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	456,697	
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							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		
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		
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	1563,060	
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:

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

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

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

Batu *onyx* : $sw^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{456,697}{24} = 19,029$

Batu pecah : $sw^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{1563,06}{24} = 65,127$

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							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			
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							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			
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:

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

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

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

Batu *onyx* : $s_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\hat{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{199,842}{24} = 8,327$

Batu pecah : $s_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\hat{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{315,76}{24} = 13,157$

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							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			
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							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			
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:

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

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

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

Batu *onyx* : $s_w^2 = \frac{\sum_j \sum_i (\bar{A}_{ij} - \bar{A}_j)^2}{c(n-1)} = \frac{78,56}{24} = 3,273$

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

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	36,088	19,029	1,896	3,01	H _{0B} diterima dan H _{1B} ditolak	
			14						
			21						
		Batu Pecah	7	433,390	65,127	6,654	3,01		H _{0B} ditolak dan H _{1B} diterima
			14						
			21						
2	0,5	Batu Onyx	7	11,888	8,327	1,428	3,01	H _{0B} diterima dan H _{1B} ditolak	
			14						
			21						
		Batu Pecah	7	85,064	13,157	6,465	3,01		H _{0B} ditolak dan H _{1B} diterima
			14						
			21						
3	0,6	Batu Onyx	7	0,097	3,273	0,029	3,01	H _{0B} diterima dan H _{1B} ditolak	
			14						
			21						
		Batu Pecah	7	75,806	16,596	4,568	3,01		H _{0B} ditolak dan H _{1B} diterima
			14						
			21						

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. Benda Uji	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 (X_1)	Batu Pecah (X_2)						
1	31,325	23,716	7,609	57,897				
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	4,554	4,255	2,832	2,179
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. Benda Uji	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 (X_1)	Batu Pecah (X_2)						
1	22,161	25,271	-3,11	9,672				
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	-2,190	3,025	-1,915	2,179
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 (X ₁)	Batu Pecah (X ₂)						
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 (X ₁)	Batu Pecah (X ₂)						
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. Benda Uji	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ ($X_1 - X_2$)	y_1^2	$\bar{d} =$ ($\Sigma y_1/n$)	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X_1)	Batu Pecah (X_2)						
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	2,179
6	24,216	19,606	4,61	21,252				
7	26,66	27,604	-0,944	0,891				
Jumlah			-5,666	232,385				

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

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

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. Benda Uji	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ ($X_1 - X_2$)	y_1^2	$\bar{d} =$ ($\Sigma y_1/n$)	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Batu Onyx (X_1)	Batu Pecah (X_2)						
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	2,179
6	17,662	13,608	4,054	16,435				
7	17,051	22,772	-5,721	32,730				
Jumlah			-19,939	146,371				

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

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

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	$\bar{d} =$ ($\Sigma y_1/n$)	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
Benda Uji	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)	(X1-X2)					
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				

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

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

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	$\bar{d} =$ ($\Sigma y_1/n$)	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
Benda Uji	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)	(X1-X2)					
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				

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

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

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. Benda Uji	Agregat yang dipakai		$y_1 =$ y_1^2		$\bar{d} =$ $(\sum y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	Ttabel (+/-)
	Batu Onyx (X1)	Batu Pecah (X2)	(X1-X2)					
1	20,328	21,05	-0,722	0,521	-3,174	2,743	-3,061	2,179
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				
5	17,218	21,439	-4,221	17,817				
6	18,218	20,606	-2,388	5,703				
7	17,496	21,883	-4,387	19,246				
Jumlah			-22,216	115,648				

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

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

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		$y_1 =$ $(X_1 - X_2)$	y_1^2	$\bar{d} =$ $(\Sigma y_1/n)$	Standar Deviasi	T_{hitung}	T_{tabel} (+/-)
	Benda Uji	Batu Onyx (X_1)						
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	-3,626	2,611	-3,674
5		18,106	21,717	-3,611	13,039			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.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dijabarkan pada bab IV sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Diantara faktor air semen 0,4 ; 0,5 dan 0,6 yang mempunyai nilai rata-rata kuat tekan terbesar dari beton dengan limbah batu *onyx* terdapat pada faktor air semen 0,4 dan yang terkecil terdapat pada faktor air semen 0,6.
2. Limbah batu *onyx* dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar pada bangunan struktural.
3. Perbandingan kuat tekan tidak terlalu jauh antara beton dengan limbah batu *onyx* dan beton normal. Dengan selisih persentase terendah pada FAS 0,4 sebesar 12,431% dan tertinggi sebesar 21,344%. Pada FAS 0,5 selisih persentase terendah sebesar 3,364% dan tertinggi sebesar 13,614%. Sedangkan pada FAS 0,6 selisih persentase terendah sebesar 2,362% dan tertinggi sebesar 20,906%. Nilai kuat tekan dan selisih persentase dapat dilihat pada lampiran 7.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan hasil, maka dapat disarankan :

1. Dicoba variasi limbah batu *onyx* yang lebih beragam untuk perencanaan adukan beton, agar data yang didapat bisa lebih baik lagi.
2. Dicoba variasi yang sekiranya dapat membantu menambah nilai kuat tekannya, misalkan ditambahkan zat aditif, sehingga dapat diketahui pengaruh lainnya yang dapat diberikan oleh limbah batu *onyx* ini sebagai pengganti agregat kasar setelah penambahan zat-zat yang lain.
3. Dicoba untuk membuat variasi campuran beton dengan mengganti agregat halus dari bagian-bagian kecil limbah batu *onyx* yang menyerupai gradasi agregat halus.
4. Dicoba untuk melakukan penelitian dengan cara membakar beton dengan agregat batu *onyx*, karena adanya kandungan kalsium yang besar.