

**PENGARUH PROSES *FINISHING* TERHADAP KUAT LENTUR  
DINDING PANEL BETON *ONYX***

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**MAHMUD  
NIM. 155060101111003**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH PROSES *FINISHING* TERHADAP KUAT LENTUR  
DINDING PANEL BETON *ONYX***

**SKRIPSI**

**TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**MAHMUD**

**NIM. 155060101111003**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 27 Desember 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Dr. Ir. Edhi Wahyuni S, MT.**  
NIP. 19570616 198601 2 001

**Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono, MS**  
NIP. 19560412 198303 1 005

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

**Dr. Eng Indradi W, ST. M.Eng (Prac.)**  
NIP. 19810220 200604 1 002

## HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI:

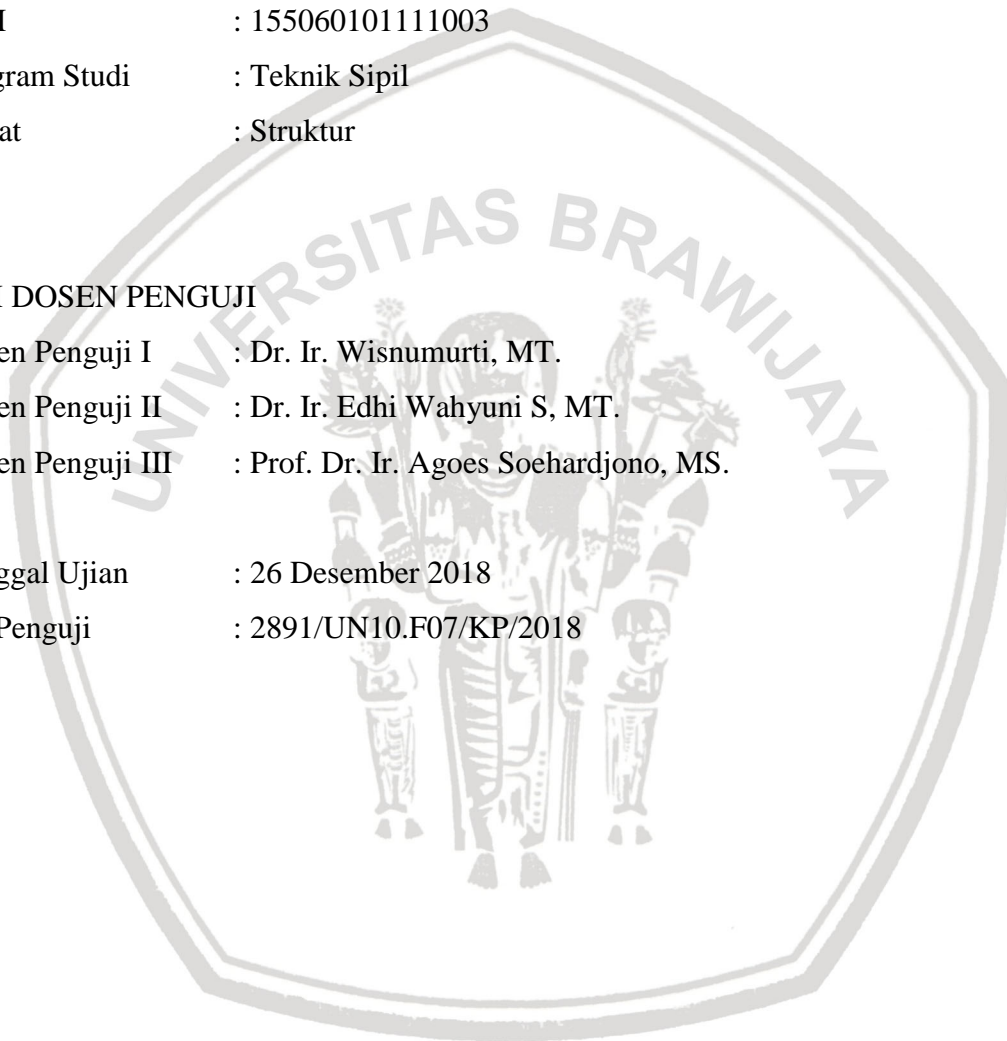
PENGARUH PROSES *FINISHING* TERHADAP KUAT LENTUR DINDING PANEL  
BETON *ONYX*

Nama Mahasiswa : Mahmud  
NIM : 155060101111003  
Program Studi : Teknik Sipil  
Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Ir. Wisnumurti, MT.  
Dosen Penguji II : Dr. Ir. Edhi Wahyuni S, MT.  
Dosen Penguji III : Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono, MS.

Tanggal Ujian : 26 Desember 2018  
SK Penguji : 2891/UN10.F07/KP/2018



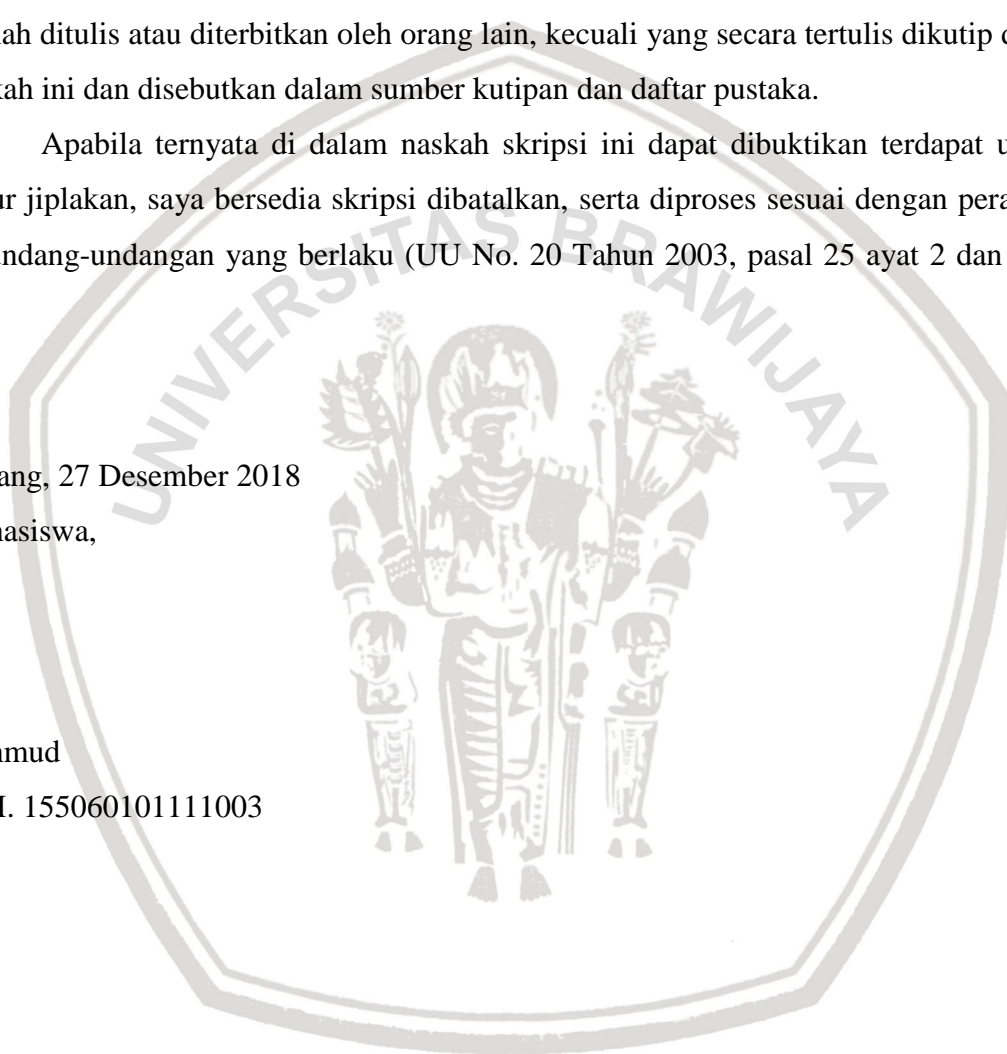
## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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 pasal 70).

Malang, 27 Desember 2018  
Mahasiswa,

Mahmud  
NIM. 155060101111003



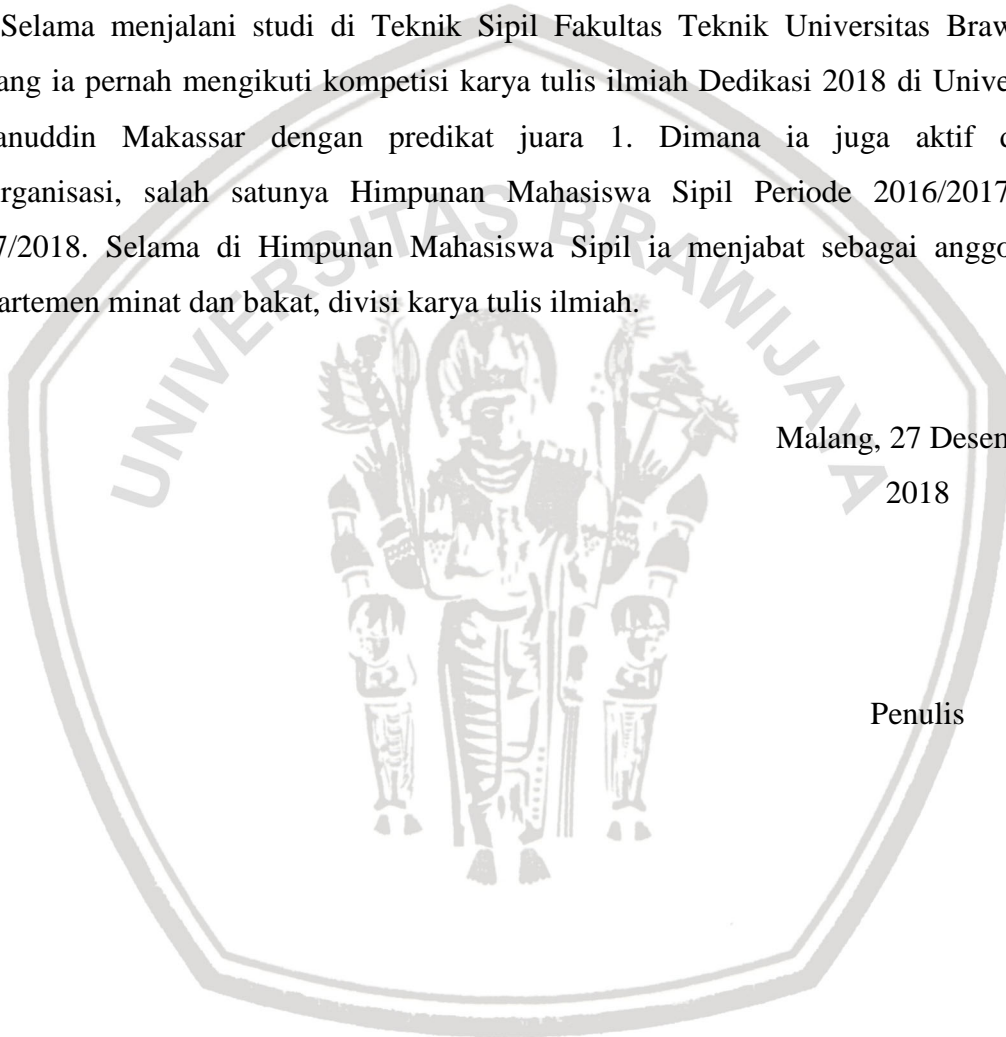
## RIWAYAT HIDUP

Mahmud lahir di Probolinggo, 10 Mei 1997. Anak dari Bapak Sunandri dan Ibu Safa'ati. Lulus SD di SDN Sumbertaman 3 tahun 2009. Setelah itu lulus SMP di SMPN 9 Probolinggo tahun 2012. Selanjutnya lulus SMA di SMAN 1 Probolinggo tahun 2015. Kemudian melanjutkan studi di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan lulus tahun 2018.

Selama menjalani studi di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang ia pernah mengikuti kompetisi karya tulis ilmiah Dedikasi 2018 di Universitas Hasanuddin Makassar dengan predikat juara 1. Dimana ia juga aktif dalam berorganisasi, salah satunya Himpunan Mahasiswa Sipil Periode 2016/2017 dan 2017/2018. Selama di Himpunan Mahasiswa Sipil ia menjabat sebagai anggota di Departemen minat dan bakat, divisi karya tulis ilmiah.

Malang, 27 Desember  
2018

Penulis





*Banyak–banyaklah berdoa karena keajaiban itu benar adanya dan yakinlah bahwa kamu bisa walaupun belum melakukannya.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala anugerah-Nya dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**PENGARUH PROSES *FINISHING* TERHADAP KUAT LENTUR DINDING PANEL BETON *ONYX***” dengan baik dan lancar.

Skripsi ini merupakan persyaratan terakhir akademis yang telah ditetapkan untuk menyelesaikan tahap sarjana di **Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya**.

Tentunya kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini karena bantuan dari banyak pihak. Oleh sebab itu, saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

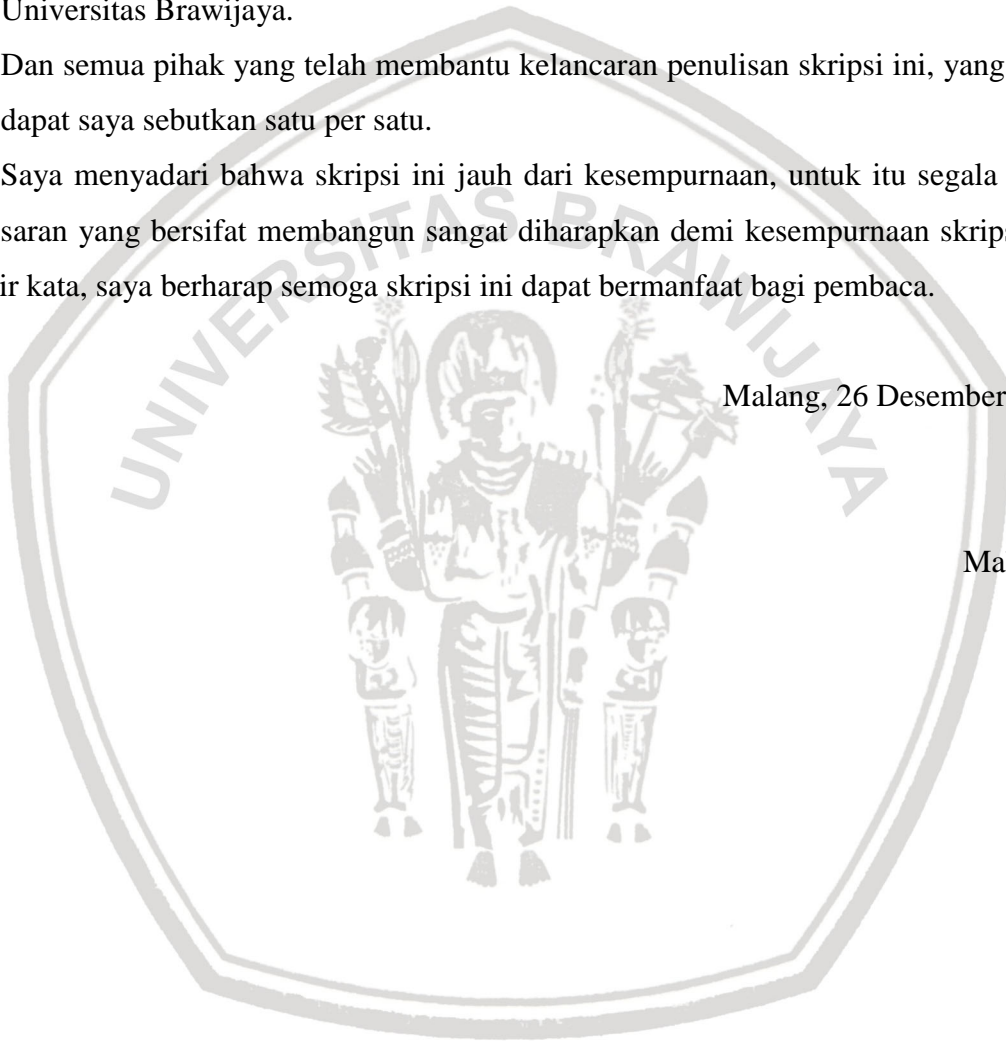
1. **Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
2. **Dr. Eng Indradi Wijatmiko, ST, M.Eng (Prac.)** selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
3. **Dr. Ir. Edhi Wahyuni Setyowati, MT** selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing 1 Skripsi.
4. **Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono, MS** selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi.
5. **Dr. Ir. Wisnumurti, MT** selaku KKJF (Ketua Kelompok Jabatan Fungsional).
6. **Almarhum Ayah dan Almarhumah Ibu** yang membuat saya untuk tidak mudah menyerah dalam hal apapun.
7. **Munip** selaku kakak saya yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan kepada saya selama ini.
8. **Bapak Sugeng dan Ibu Yuliati** yang telah memberikan motivasi, doa, dan dukungannya.
9. **Bapak Nur Hasan dan Ibu Siti Rochmatus** yang telah banyak membantu dan memberikan dukungannya selama ini.
10. **Keluarga Besar Ibu Siti Rupiati** yang telah menjadi keluarga bagi saya selama berada di Malang.
11. **Nurul Sabila Akbar, Nur Rahma Desiana, dan Afrillia Nursholiha** selaku sahabat terbaik yang telah mendukung, mendoakan dan memberikan semangat.

12. **Aulia Firdauzi W** yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan selama pengerjaan skripsi ini.
13. **Pithecanthropus (Fiqih, Kharisma, Vanny, Desy, Agatha)** yang selalu ada disaat susah maupun senang dan selalu memberikan dukungannya selama ini.
14. **TIM ONYX (Fiqih, Dharmawan, Ranima, Badi', Vita)** yang telah berjuang dan bekerjasama dari awal sampai akhir menyusun skripsi ini.
15. **Teman-teman Teknik Sipil 2015** yang telah menjadi keluarga saya di Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
16. Dan semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Saya menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, 26 Desember 2018

Mahmud





## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Pengertian Beton .....	5
2.1.1 Semen .....	6
2.1.2 Agregat .....	7
2.1.3 Limbah .....	10
2.1.4 Batu <i>Onyx</i> .....	12
2.1.5 Air .....	17
2.1.6 Faktor air semen .....	18
2.1.7 <i>Mix design</i> .....	18
2.2 Beton Bertulang .....	19
2.3 Baja Tulangan .....	20
2.4 Dinding Panel Beton .....	22
2.4.1 Perhitungan kuat lentur .....	22
2.5 Penggosokan atau Pemolesan Dinding Panel Beton .....	24
2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya .....	24

2.7 Hipotesis Penelitian.....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.2.1 Alat penelitian .....	26
3.2.2 Bahan penelitian .....	26
3.3 Analisis Bahan .....	30
3.4 Tahap Penelitian.....	30
3.5 Rancangan Penelitian .....	32
3.6 Persiapan Benda Uji .....	35
3.6.1 Pengujian kuat tekan .....	35
3.6.2 Pengujian kuat lentur panel beton <i>onyx</i> .....	37
3.6.3 Penggosokan atau pemolesan dinding panel beton <i>onyx</i> .....	38
3.7 Variabel Penelitian .....	39
3.8 Metode Pengumpulan Data .....	40
3.9 Analisis Data .....	40
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>43</b>
4.1 Pengujian bahan – bahan pembuatan beton .....	43
4.1.1 Semen .....	43
4.1.2 Air .....	43
4.1.3 Agregat Halus .....	43
4.1.4 Agregat Kasar .....	45
4.1.4.1 Agregat batu pecah (kerikil) .....	46
4.1.4.2 Agregat kasar <i>onyx</i> .....	48
4.2 Perencanaan Mix Desain .....	49
4.3 Pengujian Tulangan Baja .....	51
4.4. Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton .....	52
4.5 Analisis Perhitungan Beban Maksimum Panel Beton (P) Teoritis .....	58
4.5.1 Model pembebanan struktur .....	58
4.5.2 Analisis beban P maksimum .....	59
4.6 Pengujian Panel Beton .....	61

4.6.1 Kuat lentur panel beton .....	61
4.7 Uji Hipotesis .....	65
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	71
<b>LAMPIRAN</b> .....	73





## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Persyaratan gradasi agregat halus .....	7
Tabel 2.2	Persyaratan batasan gradasi agregat kasar sesuai SNI 03-2834-2000 ....	10
Tabel 2.3	Sifata mekanik <i>onyx</i> .....	13
Tabel 3.1	Jumlah benda uji silinder beton .....	32
Tabel 3.2	Jumlah benda uji panel beton <i>onyx</i> .....	33
Tabel 3.3	Volume benda uji .....	34
Tabel 3.4	Kebutuhan material benda uji .....	35
Tabel 3.5	Variabel penelitian .....	40
Tabel 4.1	Pemeriksaan kadar air dan berat isi agregat halus .....	45
Tabel 4.2	Berat jenis dan penyerapan agregat halus .....	45
Tabel 4.3	Pemeriksaan kadar air dan berat isi agregat kerikil .....	47
Tabel 4.4	Berat jenis dan penyerapan agregat kerikil .....	47
Tabel 4.5	Pemeriksaan kadar air dan berat isi agregat <i>onyx</i> .....	49
Tabel 4.6	Berat jenis dan penyerapan agregat <i>onyx</i> .....	49
Tabel 4.7	Perhitungan <i>mix design</i> agregat <i>onyx</i> dan agregat kerikil .....	50
Tabel 4.8	Campuran beton normal .....	51
Tabel 4.9	Campuran beton <i>onyx</i> .....	51
Tabel 4.10	Mutu baja $\varnothing 6$ mm .....	52
Tabel 4.11	Kuat tekan silinder beton normal .....	53
Tabel 4.12	Kuat tekan silinder beton <i>onyx</i> .....	54
Tabel 4.13	Perhitungan nilai rata-rata kuat tekan beton normal .....	55
Tabel 4.14	Perhitungan nilai rata-rata kuat tekan beton <i>onyx</i> .....	56
Tabel 4.15	Perbandingan nilai <i>onyx</i> dan normal .....	57
Tabel 4.16	Hasil perhitungan teoritis kapasitas lentur panel beton .....	60
Tabel 4.17	Kuat lentur panel beton agregat limbah batu <i>onyx</i> belum dipoles .....	61
Tabel 4.18	Kuat lentur panel beton agregat limbah batu <i>onyx</i> sudah dipoles.....	62
Tabel 4.19	Persentase kuat lentur panel <i>onyx</i> sebelum dan sesudah dipoles .....	64
Tabel 4.20	Persentase kuat lentur panel <i>onyx</i> belum dan sudah dipoles.....	65
Tabel 4.21	Perhitungan rata-rata kuat lentur panel beton <i>onyx</i> belum dipoles .....	66

Tabel 2.22	Perhitungan rata-rata kuat lentur panel beton <i>onyx</i> sudah dipoles.....	67
Tabel 2.23	Perbandingan nilai <i>onyx</i> belum dipoles dan sudah dipoles.....	67

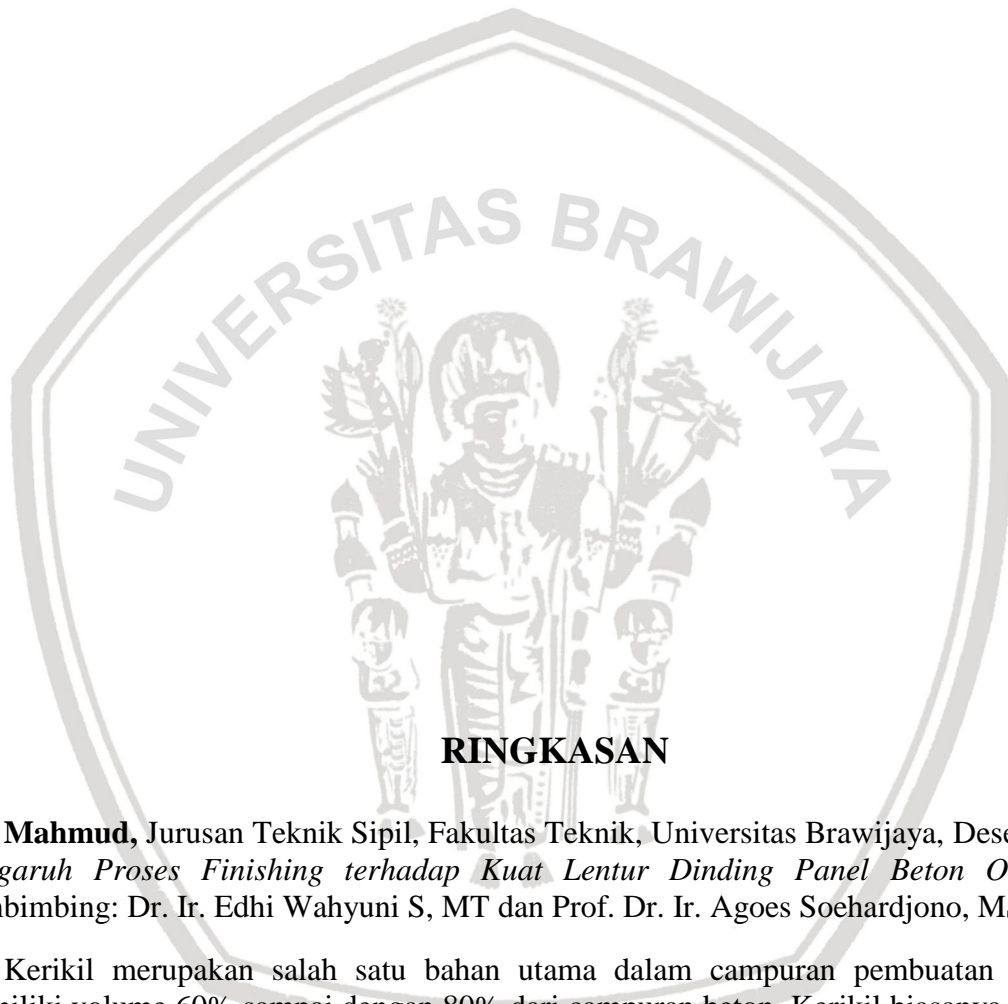


No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Macam – macam bentuk agregat (a) <i>Well rounded</i> , (b) <i>Rounded</i> , (c) <i>Stubrounded</i> , (d) <i>Subangular</i> , (d) <i>Angular</i> .....	9
Gambar 2.2	Limbah produksi kerajinan batu <i>onyx</i> desa gamping .....	14

Gambar 2.3	Batu <i>onyx</i> .....	15
Gambar 2.4	Batu topas .....	16
Gambar 2.5	Hubungan antara tegangan dan regangan tarik baja tulangan .....	21
Gambar 2.6	Alat gosok batu .....	24
Gambar 2.7	Dinding panel beton .....	24
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	31
Gambar 3.2	Silinder beton .....	33
Gambar 3.3	Dimensi dinding panel beton .....	34
Gambar 3.4	Setting pengujian kuat tekan .....	35
Gambar 3.5	Pengujian kuat lentur .....	37
Gambar 3.6	Dinding yang sudah digosok (dipoles) .....	39
Gambar 3.7	Alat poles .....	39
Gambar 4.1	Grafik analisis gradasi agregat halus .....	44
Gambar 4.2	Grafik analisis gradasi batu pecah (kerikil) .....	46
Gambar 4.3	Grafik analisis gradasi agregat kasar <i>onyx</i> .....	48
Gambar 4.4	Distribusi T satu arah uji tekan .....	58
Gambar 4.5	Model pembebanan struktur .....	59
Gambar 4.6	Grafik kuat lentur panel beton agregat limbah batu <i>onyx</i> .....	62
Gambar 4.7	Grafik kuat lentur panel beton agregat limbah batu <i>onyx</i> setelah dipoles .....	63
Gambar 4.8	Grafik perbandingan kuat lentur panel <i>onyx</i> belum dipoles dan sudah dipoles .....	63
Gambar 4.9	Distribusi T satu arah uji kuat lentur .....	68

### DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data pengujian material pembuatan beton normal dan <i>onyx</i> .....	75
Lampiran 2	Data pengujian kuat tekan beton .....	87
Lampiran 3	Data pengujian kuat tarik baja .....	89
Lampiran 4	Dokumentasi penelitian .....	91



## RINGKASAN

**Mahmud**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Pengaruh Proses Finishing terhadap Kuat Lentur Dinding Panel Beton Onyx*, Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Edhi Wahyuni S, MT dan Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono, MS.

Kerikil merupakan salah satu bahan utama dalam campuran pembuatan beton yang memiliki volume 60% sampai dengan 80% dari campuran beton. Kerikil biasanya didapat dari penambangan batu di sungai, akan tetapi akhir-akhir ini sering terjadi eksploitasi sungai secara terus-menerus sehingga mengakibatkan banjir dan tanah longsor. Penduduk Desa Gamping, Kabupaten Tulungagung merupakan desa yang terkenal dengan produksi batu *onyx*nya yang melimpah. Namun, batu *onyx* yang dihasilkan saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan banyak terdapat limbah batu *onyx* yang terbuang sia-sia. Alternatif untuk memanfaatkan limbah batu *onyx* tersebut yaitu dengan menggunakannya sebagai agregat kasar pada beton. Batu *onyx* merupakan batuan yang memiliki nilai estetika tinggi dengan warna putihnya yang



indah dan halus. Maka beton yang dihasilkan nantinya tidak perlu dilakukan pengecatan, namun hanya dipoles agar beton menjadi halus dan warna batu *onyx* terlihat jelas. Salah satu parameter kekuatan pada beton yaitu uji kuat lentur beton. Sehingga apabila limbah batu *onyx* digunakan sebagai agregat kasar dinding panel beton maka perlu diteliti perbedaan kuat lentur dinding panel beton *onyx* sebelum dipoles dan sesudah dipoles.

Pada penelitian ini dibuat benda uji dinding panel beton *onyx* dengan dua perlakuan yaitu dipoles dan tidak dipoles. Penelitian dilakukan dengan pembuatan benda uji silinder dan dinding panel beton *onyx* dengan dimensi 80 x 40 x 6 cm. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan memberikan beban secara bertahap hingga mencapai beban maksimum.

Hasil pengujian kuat tekan rata – rata beton normal lebih besar dari kuat tekan rata – rata beton limbah *onyx* yaitu sebesar 17,75 %. Kuat lentur (momen lentur) rata-rata dinding panel beton *onyx* sebelum dipoles yaitu sebesar 665 kgm dan kuat lentur (momen lentur) rata-rata dinding panel beton *onyx* sesudah dipoles yaitu sebesar 638,75 kgm. Dari hasil analisis statistik dengan signifikansi 5% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kuat lentur (momen lentur) panel beton *onyx* sebelum dipoles dan sesudah dipoles. Dapat disimpulkan bahwa penggosokan dengan tebal 2-3 mm dapat dilakukan untuk menghasilkan beton yang kuat dan memiliki nilai estetika tinggi.

Kata Kunci: dinding panel beton *onyx*, batu *onyx*, dipoles, kuat lentur.



*Halaman ini sengaja dikosongkan.*



## SUMMARY

**Mahmud** , Department Of Civil Engineering, Faculty Of Engineering, University Of Brawijaya December 2018, *The Effect Of Finishing Process On The Flexural Strength Of Onyx Concrete Panel Walls*, Academic Supervisor: Dr. Ir. Edhi Wahyuni S, MT and Prof. Dr. Ir. Agoes Soehardjono, MS.

Gravel is one of the main ingredients in a mixture of concrete making which has a volume of 60% to 80% of the concrete mixture. Gravel is usually obtained from rock mining in rivers, but lately frequent river exploitation often results in floods and landslides. The resident of Gamping Village, Tulungagung Regency is a famous village with abundant onyx stone production. However, the onyx stone has not been used optimally until now and there are many onyx waste which are wasted. The alternative to utilizing the onyx stone waste is to use it as coarse aggregate on concrete. Onyx stone is a rock that has a high aesthetic value with a beautiful white color and smooth. Then the resulting concrete does not need to be painted, but only discrete so that the concrete becomes smooth and the color of the onyx stone is clearly visible. One of the strength parameters in concrete is the concrete flexural strength test. So that if onyx stone waste is used as a coarse aggregate of concrete panel walls, it is necessary to examine the differences in the flexural strength of the onyx concrete panel walls before and after polishing.

In this research, onyx concrete panel wall specimens were made with two treatments, namely polishing and not polishing. The research was conducted by making cylindrical specimens and onyx concrete panel walls with dimensions of 80 x 40 x 6 cm. Flexural strength testing is done by giving the load gradually until it reaches the maximum load.

The average compressive strength test results of normal concrete are greater than the average compressive strength of onyx waste, which is equal to 17.75%. The average flexural

*strength (bending moment) of the onyx concrete panel wall before polishing is 665 kgm and the flexural strength (bending moment) of the onyx concrete panel wall after polishing is 638.75 kgm. From the results of statistical analysis with a significance of 5%, it shows that there is no significant difference between the flexural strength (bending moment) of the onyx concrete panel before and after polishing. It can be concluded that rubbing with 2-3 mm thick can be done to produce strong concrete and has high aesthetic.*

*Keywords: onyx concrete panel walls, onyx stone, polishing, flexural strength.*



*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan infrastruktur dalam bidang teknik sipil saat ini terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh sumberdaya manusianya yang terus melakukan inovasi-inovasi baru terkait infrastruktur yang menjadikannya menciptakan hal-hal baru yang dapat dimanfaatkan oleh banyak orang. Salah satu contohnya yaitu dinding yang selalu mengalami perkembangan. Dinding merupakan komponen non struktural bangunan yang dipasang sebagai pembatas antara satu ruangan dengan ruangan lainnya. Selain itu dinding berfungsi sebagai penahan sinar, sebagai peredam bunyi, dan penambah nilai artistik dari sebuah bangunan. Pada umumnya dinding terbuat dari pasangan batu bata merah dan batu kali yang dilapisi mortar di sisi luarnya. Namun, penggunaan dinding menggunakan batu bata merah dan batu kali membutuhkan waktu pemasangan yang relatif lama, biaya yang banyak, memiliki berat yang berlebih, kurang kuat pada bangunan tahan gempa, dan hanya dapat digunakan pada bangunan lantai 1 karena batu bata merah dan batu kali di lantai 2 akan menambah beban pada kolom. Sehingga dinding yang cocok digunakan dalam suatu bangunan yaitu dinding panel beton.

Dinding panel beton adalah suatu produk beton pra-cetak yang proses pembuatannya dicetak dengan ukuran yang sudah ditentukan dan diberi tulangan sehingga dapat menghemat biaya yang dikeluarkan, waktu lebih efisien dan pemasangannya mudah dan cepat. Komposisi dinding panel beton antara lain : air, semen, agregat halus, agregat kasar dan tulangan sebagai penguat.

Agregat merupakan bahan utama dalam campuran pembuatan dinding panel beton. Menurut Nawy 1998, pada Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya kekuatan beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Dalam hal tersebut agregat sangatlah berperan penting dalam mengisi volume beton. Namun saat ini agregat kasar (kerikil) yang didapatkan dari batuan di sungai menyebabkan berbagai dampak negatif karena eksploitasi yang dilakukan secara terus-menerus sehingga pada akhirnya mengakibatkan erosi dan tanah longsor di daerah aliran sungai. Oleh karena itu diperlukan solusi alternatif dalam penggunaan agregat kasar dengan meminimalisir penggunaan kerikil sebagai bahan campuran pembuatan dinding panel.

Desa Gamping, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung merupakan desa yang terkenal dengan produksi batu *onyx*nya yang melimpah. Kebanyakan penduduknya bermata pencaharian sebagai pengrajin batu *onyx*. Usaha kerajinan batu *onyx* di Desa Gamping sudah menyebar luas diseluruh Indonesia dan bahkan menembus pasar Internasional. Namun, dengan banyaknya usaha kerajinan batu *onyx* tersebut maka banyak juga limbah yang dihasilkan dan tidak dimanfaatkan dengan baik. Sehingga diperlukan penelitian yang dapat menganalisa penggunaan limbah batu *onyx* terutama dalam bidang teknik sipil. Solusi alternatif yang bisa dilakukan adalah dengan memanfaatkan hasil limbah batu *onyx* sebagai agregat kasar pada komponen campuran beton. Limbah batu *onyx* yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton mampu memperbaiki nilai porositas beton (Khosemde, 2016). Dari pernyataan tersebut limbah batu *onyx* dapat dijadikan sebagai bahan campuran beton. Karena batu *onyx* merupakan batuan yang memiliki nilai estetika tinggi dengan warna putihnya yang indah dan halus. Maka beton yang dihasilkan nantinya tidak perlu dilakukan pengecatan, namun hanya dipoles agar beton menjadi halus dan warna batu *onyx* tersebut terlihat jelas. Beton dengan agregat limbah batu *onyx* yang belum dipoles dengan beton agregat limbah batu *onyx* yang sudah dipoles mempunyai hasil pengujian yang berbeda, salah satunya pada uji kuat lentur (momen lentur) beton.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji informasi lebih lanjut mengenai pengaruh campuran batu *onyx* terhadap kuat lentur (momen lentur) dinding panel beton yang belum dipoles dengan dinding panel beton yang sudah dipoles.

## 1.3 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang diambil dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana perbedaan kuat tekan silinder beton agregat normal dan beton agregat batu *onyx*?
2. Bagaimana perbandingan kuat lentur (momen lentur) dinding panel beton *onyx* yang belum dipoles dan sudah dipoles?

#### 1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak meluas dan hasil yang didapatkan jelas maka dilakukan pembatasan masalah. Berikut adalah batasan-batasannya:

- a. Semen yang digunakan adalah semen PPC merk gresik.
- b. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat hasil limbah batu *onyx* yang didapatkan Di Desa Gamping, Kec. Campur Darat Kabupaten Tulung Agung.
- c. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Lumajang, Jawa Timur.
- d. Perencanaan campuran beton atau *mix design* disesuaikan dengan penelitian yang telah ada sebelumnya oleh Setyowati (2016), karena dalam penelitiannya didapatkan proporsi campuran yang baik untuk beton agregat *Onyx* dengan nilai FAS sebesar 0,4.
- e. Air yang digunakan adalah air bersih PDAM di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- f. Peraturan yang digunakan adalah peraturan berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang analisa beton bertulang.
- g. Uji kuat tekan silinder beton dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- h. Perubahan zat kimia yang terjadi tidak dilakukan penelitian lebih lanjut.
- i. Digunakan tulangan praktis besi polos  $\phi 6-100$ .
- j. Uji kuat lentur (momen lentur) yang dilakukan pada dinding panel ukuran (80 x 40 x 6) cm.
- k. Pengujian dilakukan setelah umur beton mencapai 28 hari.
  1. Dilakukan *scrub* dengan ketebalan 2 mm.

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan dilakukan penelitian, antara lain:

1. Mengetahui perbedaan kuat tekan silinder beton agregat normal dan beton agregat batu *onyx*.

2. Mengetahui perbandingan kuat lentur (momen lentur) dinding panel beton *onyx* yang belum dipoles dan sudah dipoles.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat terutama di sekitar Desa Gamping, Kecamatan Campur Darat, Tulungagung mengenai limbah batu *onyx* yang dapat dimanfaatkan sebagai agregat kasar dalam pembuatan dinding panel beton.
2. Dapat menerapkan sistem *Green Building* yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah batu *onyx* sebagai campuran agregat beton.
3. Manfaat praktis, mengetahui kuat lentur (momen lentur) pada dinding panel beton campuran batu *onyx* yang belum dipoles dan sudah dipoles serta membandingkannya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Beton

Beton adalah sebuah campuran yang tersusun dari tiga komponen utama, yaitu semen, agregat, dan air. Dan dapat ditambahkan dengan *admixture* untuk mengubah sifat-sifat yang diinginkan. Semen merupakan zat yang berfungsi untuk perekat antar agregat jika dicampur dengan air. Sedangkan peranan agregat dalam beton yaitu sebagai pengisi ruang volume beton yang terdiri atas pasir dan kerikil.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari (Mulyono, 2004).

Beton memiliki kekurangan dan kelebihan, antara lain:

Kekurangan Beton:

1. Beton mudah menyusut dan mengembang apabila terjadi perubahan suhu yang signifikan dan perlu dilakukan dilatasi (*expansi join*) untuk mencegah terjadinya retakan.
2. Beton sangat lemah terhadap gaya tarik yang terjadi, sehingga membutuhkan tulangan baja untuk menahan gaya tarik.
3. Dalam pengerjaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi.

Kelebihan Beton:

1. Beton mudah dibentuk sesuai yang diinginkan dengan menggunakan bekisting.
2. Kemampuan beton untuk menahan gaya tekan sangat baik, dan memiliki sifat tahan terhadap karat/pembusukan akibat kondisi lingkungan.
3. Beton tahan terhadap aus dan kebakaran yang terjadi dan memiliki biaya perawatan yang ekonomis.

### 2.1.1 Semen

Semen PPC merupakan pengikat hidrolis yang terdiri dari campuran terak, gypsum, dan pozzolan. Menurut SNI-15-0302-2004, semen PPC (Portland Pozzolan Cement) yaitu suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozzolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozzolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozzolan,



atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzolan 6% sampai dengan 40% massa semen portland pozzolan.

Semen PPC menurut jenis dan penggunaannya dibagi menjadi 4, antara lain:

1. Jenis IP-U yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis P-U yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis P-K yaitu semen portland pozzolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

Kehalusan semen berpengaruh terhadap kekuatan dan dapat menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dibandingkan dengan semen yang lebih kasar. Dan pengerasan semen dengan butiran lebih kasar akan menjadi lebih cepat dibandingkan semen yang halus. Hal ini dikarenakan semen halus memiliki luas permukaan partikel yang lebih besar daripada semen yang kasar sehingga menyebabkan kecepatan reaksi antara semen dengan air lebih tinggi, Sifat yang berhubungan dengan pengaruh kehalusan butiran semen adalah:

1. Kekuatan awal beton yang tinggi
2. Cepat mundurnya mutu semen jika terpengaruh cuaca
3. Reaksi kuat dengan bahan – bahan yang reaktif
4. Mengurangi retak – retak
5. Daya penyusutan beton yang tinggi
6. Pengikatan awal yang cepat
7. Kebutuhan air pada beton yang lebih banyak
8. Mengurangi *bleeding* ketika proses pengecoran

### 2.1.2 Agregat

#### 1. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir antara 4,75 mm sampai dengan 0,15 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua jenis pasir tersebut. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang

lebih kecil dari saringan no.100 (0,150 mm), atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton.

Berikut adalah persyaratan gradasi agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 :

Tabel 2.1

*Persyaratan gradasi agregat halus*

Ukuran Saringan (mm)	% Lolos Saringan/ Ayakan			
	Pasir Kasar Gradasi No. 1	Pasir Sedang Gradasi No. 2	Pasir Agak Halus Gradasi No. 3	Pasir Halus Gradasi No. 4
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SNI 03-2834-2000

**2. Agregat kasar**

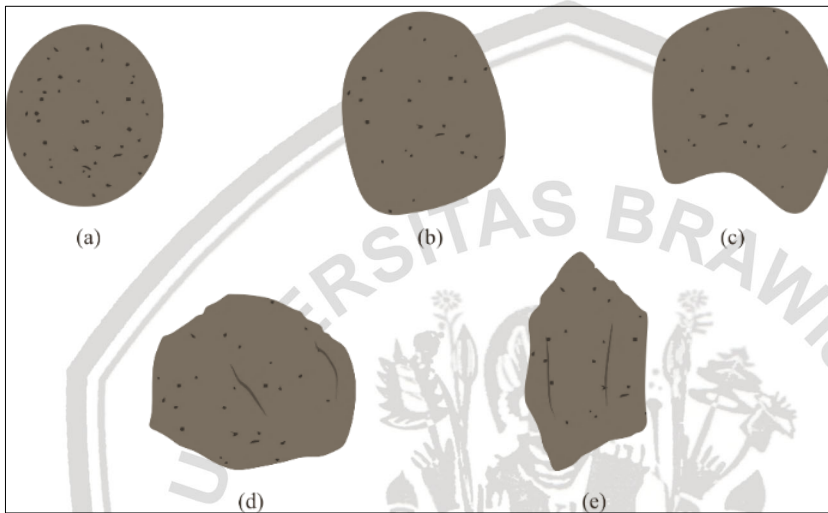
Menurut ASTM C-33, agregat kasar memiliki batas bawah pada ukuran 4,75 mm atau ukuran saringan no.4. (Nawy, 2008:14) menjelaskan, agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi ¼ in. (6 mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen.

Jenis agregat kasar yang umum digunakan adalah:

- a) Batu pecah alami : Batuan tersebut didapatkan dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- b) Kerikil alami : Kerikil yang didapatkan dari proses pengikisan alami tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c) Agregat kasar buatan : Agregat berupa *slag* atau *shale* yang digunakan untuk beton berbobot ringan.

Agregat memiliki ukuran dan bentuk yang sangat bervariasi. Berikut adalah klasifikasi dari bentuk agregat (Endarto : 2005), antara lain:

- a) *Well rounded* : berbentuk bundar dan bentuk asli dari batuan induk sudah tidak ada.
- b) *Rounded* : permukaan, ujung dan tepi batuan berbentuk bundar dan bentuk batuan induk sudah hampir hilang.
- c) *Stubrounded* : permukaan sudah halus dengan ujung-ujungnya yang membuldar.
- d) *Subangular* : terdapat permukaan yang halus dan ujung-ujungnya yang tajam.
- e) *Angula* : bentuk tidak teratur dengan ujungnya yang tajam.



Gambar 2.1 Macam – macam bentuk agregat (a) *Well rounded*, (b) *Rounded*, (c) *Stubrounded*, (d) *Subangular*, (e) *Angular*

Selain dari bentuk agregat, perlu diperhatikan pula tekstur permukaan agregat. Tekstur permukaan agregat ini bergantung pada kekerasaannya, ukuran butiran, porositas dari material induknya, dan juga besarnya energi yang terjadi pada permukaan, membuat agregat lebih halus atau lebih kasar. Klasifikasi tekstur permukaan agregat ini didasarkan pada derajat apakah permukaan agregat licin atau tidak, halus atau kasar.

Bentuk dan tekstur permukaan dari agregat mempengaruhi kekuatan dari beton, dimana *flexural strength* lebih terpengaruh dibandingkan dengan *compressive strength*. Pengaruh ini didasarkan pada asumsi bahwa tekstur yang lebih kasar akan menghasilkan kekuatan adhesi yang lebih besar antar partikel dengan matriks semen. Sama halnya dengan semakin luas permukaan agregat maka semakin besar kekuatan adhesi yang dihasilkan. Namun disatu sisi, dengan digunakannya agregat yang permukaannya kasar, akan menyebabkan dibutuhkannya air yang lebih banyak pada campuran beton.

Dalam perencanaan beton, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah *workability*. Dengan *workability* yang cukup, segregasi pada beton akan berkurang sehingga didapatkan kepadatan beton yang maksimum. Distribusi ukuran agregat berpengaruh pada kemudahan pengerjaan beton. Gradasi agregat yang baik adalah agregat yang memiliki distribusi ukuran butir agregat yang beraturan. Gradasi agregat yang demikian akan memberikan kepadatan yang cukup untuk mengoptimalkan kekuatan akhir beton. Dalam SNI 03-2834-2000 terdapat syarat mengenai batasan gradasi agregat kasar sebagai berikut :

Tabel 2.2

*Persyaratan Batasan Gradasi Agregat Kasar Sesuai SNI 03-2834-2000*

Ukuran lubang saringan (mm)	% Lolos saringan/ ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38 – 4,76	19 – 4,76	9,6 – 4,76
38,1	95 – 100	100	
19	37 – 70	95 – 100	100
9,52	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,76	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Kerikil merupakan batu andesit yang termasuk dalam golongan batuan beku vulkanik hasil erupsi atau letusan gunung api. Batuan ini mengandung silika 56,77 %, padat, keras, mempunyai tekstur halus, berwarna abu-abu kegelapan sampai hitam. Secara fisik batu andesit mempunyai berat jenis antara 1,6-2,9 dengan berat isi sebesar  $1635-2870 \text{ kg/m}^3$ , porositas sebesar 1-2%, absorbs sekitar 0,8% dan kekerasan berkisar 5-6 Moh's. Secara mekanis batu andesit memiliki kuat tekan sebesar 60-240 MPa, modulus elastisitas sebesar 20-60 MPa dan kuat tarik belah sebesar 13-20 MPa.

### 2.1.3 Limbah

Limbah adalah bahan / barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya, kecuali yang dapat dimakan oleh manusia atau hewan (Undang-undang RI No. 23, 1997). Limbah bisa juga diartikan sebagai benda yang dibuang, baik berasal dari alam maupun dari hasil proses teknologi, yang kehadirannya pada

suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.

Karakteristik limbah adalah sebagai berikut:

- a. Berukuran mikro
- b. Dinamis
- c. Berdampak luas (penyebarannya)
- d. Berdampak jangka panjang (antar generasi)

Berdasarkan sifatnya, limbah dibedakan menjadi:

- a. Limbah organik : limbah yang dapat diuraikan secara sempurna oleh proses biologi baik aerob atau anaerob.
- b. Limbah anorganik : limbah yang tidak bisa diuraikan oleh proses biologi.

Berdasarkan bentuknya, limbah dibedakan menjadi:

- a. Limbah padat : segala bahan buangan yang berbentuk padat seperti sisa-sisa pertambangan.
- b. Limbah cair : bahan cairan yang telah digunakan dan tidak diperlukan kembali dan dibuang ke tempat pembuangan limbah
- c. Limbah gas : gas yang dihasilkan dari suatu pembakaran seperti, asap mesin kendaraan dan asap pabrik industri.

Limbah banyak dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Di mana masyarakat bermukim, di sanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Banyaknya limbah yang tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik, akan berdampak pada lingkungan yang tercemar. Sehingga, perlu adanya pengelolaan limbah untuk dijadikan sesuatu yang bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi yang dapat menambah penghasilan bagi masyarakat.

Salah satu limbah yang banyak dihasilkan yaitu limbah batuan sisa-sisa pecahan batu besar (pertambangan) dan sisa-sisa kerajinan batu yang tidak memiliki nilai ekonomi. Batuan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam bangunan konstruksi seperti bahan campuran beton. Sehingga akan memberikan daya guna dan menjadi penghasilan bagi masyarakat. Namun, tidak sembarang batuan yang dapat digunakan sebagai campuran beton tersebut. Limbah batuan yang dimaksudkan adalah limbah yang tidak mengandung bahan-

bahan kimia tertentu dan struktur batuan yang rapat sehingga beton yang dihasilkan kuat dan memenuhi kualitasnya.

#### 2.1.4 Batu *onyx*

*Onyx* berasal dari endapan batu kapur gua batu kapur, di mana ia membentuk stalaktit, stalagmit, dan formasi lainnya yang bisa mengisi seluruh gua atau ruang hampa. Hal ini didepositkan oleh gerakan air yang lembut dan menetes diikuti oleh penguapan antara tetesan yang mengimbangi kalsium karbonat dari air ke formasi, secara bertahap memperbesar formasi dengan seperseribu inci atau kurang per tetes. Dengan demikian *onyx* juga merupakan batu sedimen kimiawi, dan mungkin menyelimuti fosil terestrial tetap ada. Jenazah prasejarah manusia telah ditemukan terbungkus di gua *onyx*. Meskipun proses penambahan bahan drop-by-drop ini memakan waktu, endapan *onyx* yang besar mulai matang (mengisi gua atau fraktur) dalam waktu geologis yang relatif singkat.

*Marble Institute of America* (2016) menjelaskan, *onyx* terdiri dari mikrokristalin yang berupa kalsit kasar dan biasanya juga mengandung aragonit. Mikrokristal tersebut terbentuk sebagai material bertekstur serat dan lamelar. Biasanya batuan ini tersusun sebagai material yang tembus cahaya dengan berbagai warna yang tergantung pada jumlah zat oksida besi yang bervariasi, warna kuning coklat yang ada pada *onyx* terjadi akibat adanya oksida besi, namun ada juga yang keputih – putihan, kuning muda, orange madu, kuning, merah dan hijau gelap.

*Marble Institute* (2016), juga menjelaskan tentang sifat mekanik dari beberapa batuan *onyx* didunia yaitu :

Tabel 2.3

## Sifat Mekanik Onyx

<i>Onyx Name</i>	<i>Country</i>	<i>Absorption</i>	<i>Density</i>		<i>Compressive Strength</i>	
	<b>Of Origin</b>	<b>% by weight</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>lbs/ft<sup>3</sup></b>	<b>MPa</b>	<b>Lbs/in<sup>2</sup></b>
<i>Akhisar Onyx</i>	Turkey	0,30	2,700	168,6	39,2	5,690
<i>Songwe Onyx</i>	Tanzania	0,07	2,77	172,9		
<i>Onice Smeraldo</i>	Iran	0,19	2,900	181,0	53,5	7,680
<i>Onice Verde</i>	Pakistan	0,15	2,548	159,1	48,1	6,970
<i>Honey Onyx</i>	Turkey	0,50	2,690	167,9	84,5	12,26
<i>White Onyx</i>	Iran	0,03	2,700	168,6	79,9	11,59
<i>Orange Onyx</i>	Iran	0,03	2,720	169,8	75,9	11,01
<i>Light Green Onyx</i>	Iran	0,02	2,730	170,4	105,1	15,24
<i>Vista Grande Onyx</i>	USA	0,11	2,589	161,6	46	6,668
<i>Multicolor Onyx</i>	Pakistan	0,12	2,730	170,4	133,1	19,30
<i>Rosa Grande Onyx</i>	USA	0,11	2,589	161,6	46	6,668
<i>Light Green Onyx</i>	Pakistan	0,01	2,728	170,3	20,208	20,208

Sumber : Marble Institute (2016)

*Onyx* adalah jenis batu kuarsa yang sering disebut juga dengan marmer tembus cahaya. Umumnya berwarna putih kekuningan dan agak bening sehingga tembus pandang. *Onyx* terjadi pada rongga atau tekanan batu kuarsa yang berasal dari larutan kalsium karbonat baik yang terjadi pada temperature panas atau dingin, sehingga terjadi pengkristalan. Dari hasil uji laboratorium didapatkan keasusan sebesar 24% (Anissa, 2016, pp. 30)



Gambar 2.2 Limbah produksi kerajinan batu *onyx* desa gamping

*Onyx* terbentuk dari metamorfosis batu kapur atau Dolomit. Apa yang membuat batuan ini berbeda dari batuan karbonat sedimen, adalah kristal yang lebih besar. Komponen mineral

utama adalah Kalsit, yang sering disertai kuarsa, grafit, hematit, limonit, pirit dan sebagainya.

Analisis fisik batu *onyx*:

1. Penyerapan air kurang dari 1%
2. Kepadatan rata-rata 2,7 gr / cm<sup>3</sup>
3. Kekuatan tekan antara 19 - 140 MPa dan kekuatan tekan rata-rata 110 MPa
4. Kekuatan lentur 6 - 15 MPa
5. Kekuatan tarik rata-rata 4 MPa
6. Porositas relatif rendah dan bervariasi dari 0,3% - 1,2%

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 dan 5 mm.
5. Kerikil *Onyx* mempunyai karakteristik bentuk yang tajam, keras, dengan ukuran  $\geq 5$  mm sampai dengan 30 mm.
6. Tidak mengandung bahan organis, sehingga proses pengerasan semen tidak terhambat, karena bahan organik dapat menghambat pengerasan semen.



Gambar 2.3 Batu *onyx*

Batuan alam yang ada dipermukaan bumi diklasifikasikan sebagai berikut:



- a. Batuan beku (batuan vulkanis)
- b. Batuan sedimen atau batuan sekunder
- c. Batuan metamorf atau malihan

Dari ketiga jenis batuan tersebut batu *onyx* tergolong dalam batuan metamorf karena bentuk batu *onyx* menyerupai batu topas yang tergolong dalam batuan metamorf kontak pneumatolis. Batu topas terbentuk dari batu kuarsa yang mengalami metamorfosa akibat adanya pengaruh gas-gas pada magma yaitu gas fluorium.

Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk dari batuan sebelumnya seperti batuan beku, batuan sedimen maupun batuan metamorf dan telah mengalami perubahan mineralogi, tekstur serta struktur sebagai akibat adanya perubahan temperatur. Proses metamorfisme terjadi di dalam bumi pada kedalaman lebih kurang 3 km – 20 km. Proses keterbentukan batuan metamorf adalah proses metamorfosa, proses metamorfosa akibat adanya perubahan tekanan dan suhu ataupun keduanya.

Batuan metamorf dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu Batuan Metamorf Kontak, Batuan Metamorf *Dinamo* dan Batuan Metamorf Kontak *Pneumatolistis*. Berikut ini penjelasan mengenai tiga macam batuan metamorf :

1. Batuan metamorf kontak adalah batuan yang berubah bentuk karena pengaruh suhu yang sangat tinggi. Suhu yang sangat tinggi karena letaknya dekat dengan magma, antara lain di sekitar batuan intrusi.
2. Batuan metamorf dinamo adalah batuan yang berubah bentuk karena pengaruh tekanan yang sangat tinggi, dalam waktu yang sangat lama, dan dihasilkan dari proses pembentukan kulit bumi oleh tenaga endogen. Adanya tekanan dari arah yang berlawanan menyebabkan butiran-butiran mineral menjadi pipih dan ada yang mengkristal kembali, contohnya, batu lumpur (mudstone) menjadi batu tulis (slate).
3. Batuan metamorf pneumatolistis kontak adalah batuan yang berubah karena pengaruh gas-gas dari magma. Contohnya, kuarsa dengan gas borium berubah menjadi turmalin (sejenis permata) dan kuarsa dengan gas fluorium berubah menjadi topas (permata berwarna kuning).



Gambar 2.4 Batu topas

Sumber : <https://henzr.blogspot.com/p/jenis-batuan-mineral-dan-tingkat.html>

### Mineral penyusun batuan metamorf

Pada batuan metamorf terdapat mineral penyusunnya. Mineral penyusun batuan metamorf hampir sama dengan batuan induknya, Mineral – mineral tersebut seperti :

- a. Hornlenda
- b. Kalsit
- c. Kwarsa
- d. Orthoklas
- e. Albit
- f. Dolomit

Selain mineral – mineral diatas , batuan metamorf memiliki mineral – mineral khusus yang terdapat dalam batuan metamorf, contohnya seperti :

- a. Silimanit
- b. Garnet
- c. Klorit
- d. Andalusit
- e. Korundum
- f. Epidot
- g. Grafit
- h. Wollastonit
- i. Clhorite

j. Staurolit

### 2.1.5 Air

Air sangat berperan penting dalam proses pembuatan beton. Air digunakan sebagai pemicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Pada umumnya air minum dapat dipakai sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam pembuatan beton maka akan menurunkan kualitasnya, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Adapun persyaratan untuk jenis air yang bisa untuk digunakan pada campuran beton sebagai berikut:

1. Air dengan pH antara 6 sampai 8 dan rasanya tidak payau, air yang mengandung bahan organik dapat menghambat proses pengerasan beton.
2. Air yang digunakan tidak mengandung garam-garam yang bisa merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya).
3. Air tidak boleh mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lit
4. Tidak boleh mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lit yang bisa menurunkan kualitas pada beton.

### 2.1.6 Faktor air semen

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air dengan jumlah semen dalam suatu campuran beton. Menurut SNI 03-2834-2000, dikatakan bahwa faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton.

FAS sangat berpengaruh terhadap mutu kekuatan beton. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun semakin rendah nilai FAS, maka tidak selalu dikatakan kekuatan beton semakin tinggi. Menurut Syafei Amri (2005), dikatakan bahwa semakin rendah perbandingan air-semen, berarti semakin kental campuran beton yang dihasilkan. Umumnya nilai FAS berkisar antara 0,4 sampai 0,65. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan.

Fungsi FAS, antara lain:

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

### 2.1.7 *Mix design*

Perencanaan campuran (*mix design*) bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode sebagai berikut dalam (Mulyono, 2004):

1. Metode *American Concrete Institute* (ACI) menjelaskan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya adalah dengan memperhatikan adanya bahan-bahan di lapangan, kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan, dan baiknya kekuatan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (*workability*).
2. Metode *Road Note No.4*, cara perancangan ini ditekankan pada pengaruh gradasi agregat terhadap kemudahan pengerjaan.
3. Metode SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal
4. Metode desain campuran *Portland Cement Association* (PCA) dasarnya serupa dengan metode ACI sehingga secara umum hasilnya akan saling mendekati. Penjelasan lebih detail dapat dilihat dalam Publikasi PCA, *Portland Cement Association, Design and Control of Concrete Mixtures, 12<sup>th</sup> edition.*, Skokie, Illinois, USA:PCA, 1979, 140 pp.
5. Metode campuran Coba-coba, cara coba-coba dikembangkan berdasarkan cara metode ACI, Road Note No.4 dan SK.SNI T-15-1990-03, setelah dilakukan pelaksanaan dan evaluasi.

## 2.2 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang diberi tulangan dimana luas dan jumlah tulangan tidak kurang dari nilai minimum, disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja (SNI 03-2847-2002). Beton bertulang merupakan gabungan dua jenis bahan yaitu

beton yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik rendah, dan baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan.

Baja dan beton dapat bekerja sama atas dasar beberapa alasan:

1. Lekatan (interaksi antara batangan baja dengan beton keras sekelilingnya) yang mencegah selip dari baja relatif terhadap beton
2. Campuran beton yang memadai memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton mencegah karat baja
3. Angka kecepatan muai yang hampir sama yakni dari 0,0000055 sampai dengan 0,0000075 untuk beton dan 0,0000065 untuk baja per derajat Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) atau dari 0,000010 sampai 0,000013 untuk beton dan 0,000012 untuk baja per deracat Celcis ( $^{\circ}\text{C}$ ) menimbulkan tegangan antara baja dan beton yang dapat diabaikan di bawah perubahan suhu udara.

Menurut SNI-03-2847-2002, pada perhitungan struktur beton bertulang, beberapa istilah kekuatan suatu penampang adalah sebagai berikut:

1. Kuat nominal, kekuatan suatu komponen struktur yang dihitung dari ketentuan dan asumsi metode perencanaan sebelum dikalikan dengan nilai faktor reduksi kekuatan atau kekuatan beton pada kondisi normal.
2. Kuat rencana, kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperoleh dari hasil perkalian antar kuat nominal dan faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ).
3. Kuat perlu, kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi beban.

### 2.3 Baja Tulangan

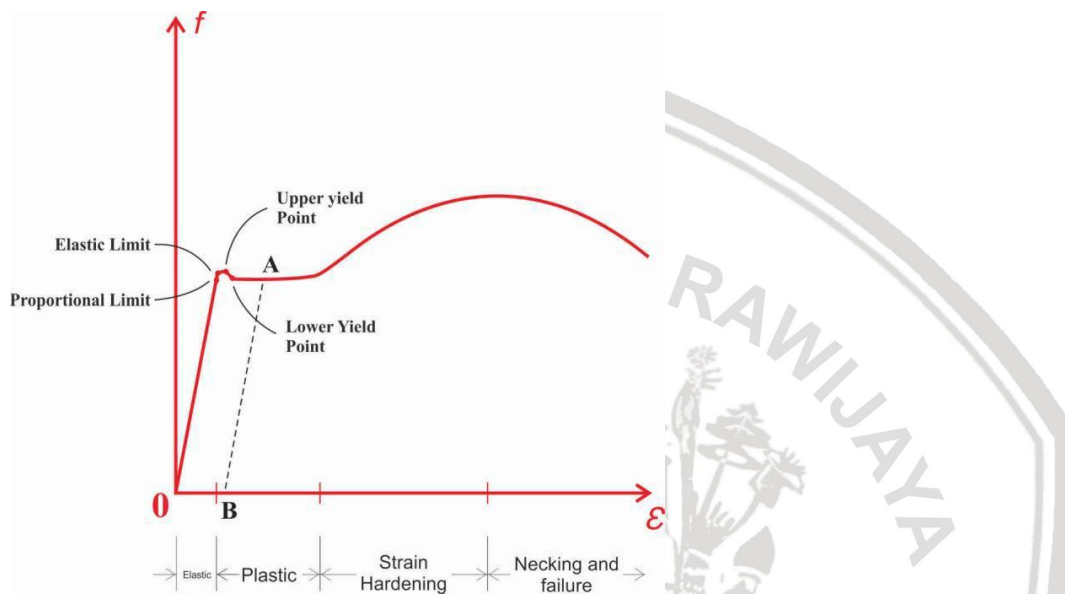
Baja tulangan merupakan komponen dari beton bertulang, Baja tulangan untuk beton terdiri batang, kawat, dan jaringan kawat baja las yang seluruhnya dirakit sesuai standar ASTM. Baja tulangan dapat menahan kuat tekan, tetapi harganya relatif mahal dan juga beton sudah dapat menahan kuat tekan maka baja tulangan diutamakan untuk menahan tarik pada struktur beton bertulang Sifat – sifat terpenting baja tulangan adalah sebagai berikut :

- 1) Modulus Young,  $E_s$
- 2) Kekuatan leleh,  $f_y$
- 3) Kekuatan batas,  $f_u$

- 4) Mutu baja yang ditentukan
- 5) Diameter batang atau kawat

Kurva tegangan – regangan tipikal untuk mutu baja 40, 60, dan 75. Untuk hampir semua baja, perilakunya diasumsikan elastisitas dan modulus Young diambil sebesar  $29 \times 10^9$  psi ( $200 \times 10^6$  Mpa).

Hubungan antara tegangan dan regangan tarik baja tulangan dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hubungan antara tegangan dan regangan tarik baja tulangan

Sumber: William T.Segui, 2007

Keterangan berikut merupakan penjelasan dari Gambar 2.5 :

- 1) Dalam zona awal regangan, tegangan dan regangan bersifat proporsional, kemiringan linier yang ada merupakan modulus young ( $E$ ) yang disebut juga sebagai modulus elastisitas. Daerah ini dinamakan sebagai zona elastik, zona ini berakhir dengan ditandai tercapainya kelelahan material ( $f_y$ ).
- 2) Setelah awal kelelahan terjadi zona berbentuk garis datar (*flat plateau*), pada zona ini setiap peningkatan nilai regangan yang terjadi tidak ada peningkatan tegangan yang mengiringinya. Daerah ini disebut sebagai zona plastik.
- 3) Saat zona plato plastik berakhir, *strain hardening* mulai terjadi dan secara bertahap meningkatkan nilai tegangan sampai mencapai ultimit ( $f_u$ ). Setelah itu tegangan

cenderung menurun dengan bertambahnya regangan sebagai indikasi masuknya daerah *necking* yang akan diakhiri dengan kegagalan fraktur.

Bahan baja yang dinilai baik dalam kontribusinya terhadap perilaku struktur terutama dalam memikul beban gempa (siklik) yaitu yang memiliki daerah *strain hardening* dan daerah *necking* yang panjang. Sifat ini menyebabkan baja akan berperilaku daktail sehingga secara struktural akan berperan besar dalam proses redistribusi tegangan saat terjadinya plastifikasi.

## 2.4 Dinding Panel Beton

Dinding panel atau lebih dikenal dengan panel-panel dinding merupakan salah satu komponen non struktural dari suatu bangunan. Pada umumnya tembok atau dinding dibuat di lapangan dengan bahan dari batu bata merah yang di lapisi dengan mortar. Pada volume besar dan letak bangunan di daerah yang memerlukan perlakuan khusus, seperti di daerah gempa dan bangunan gedung bertingkat, pembuatan dinding dengan bata merah dan dikerjakan dilapangan akan menimbulkan dampak yang tidak baik pada suatu bangunan, seperti pekerjaan lama, boros tenaga kerja, memiliki berat jenis tinggi dan berbahaya ketika terjadi gempa (Hatta, 2006).

Penyusun dinding panel beton terdiri atas 4 bahan, yaitu:

1. Semen *Portland*
2. Air
3. Agregat
4. Tulangan baja

### 2.4.1 Perhitungan kuat lentur

Pengujian kuat lentur dinding panel dilakukan pada saat dinding panel berumur 28 hari. Kuat lentur adalah kemampuan beton dalam menahan momen lentur yang terjadi akibat dari pembebanan. Kuat lentur beton merupakan salah satu parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang sifat-sifat mekanis yang lain pada beton.

$$\sigma = \frac{M.y}{I} \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan :

M = Momen yang terjadi akibat pembebanan

y = Jarak tegak lurus dari garis netral ke titik terjauh dari garis netral atau biasanya digunakan h/2

$I$  = Momen inersia penampang

$$M = \frac{1}{4} PL \dots\dots\dots (2-2)$$

$$I = \frac{1}{12} bh^3 \dots\dots\dots (2-3)$$

Menurut SNI 2847-2002

$$\sigma = 0,7\sqrt{f'c} \dots\dots\dots (2-4)$$

dengan :

$f'c$  = Kuat tekan beton (Mpa)

Menurut SNI 03-4154-1996, pengujian kuat lentur beton dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Hidupkan mesin uji tekan yang telah disiapkan dan tunggu sampai 30 detik.
- 2) Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- 3) Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- 4) Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dan kecepatannya 8 kg/cm<sup>2</sup>-10 kg/cm<sup>2</sup> tiap menit.
- 5) Kurangi kecepatan pembebanan pada saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban mulai lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- 6) Hentikan pembebanan pada saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban mulai lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- 7) Catat beban maksimum pada formulir pengujian.
- 8) Hitung kuat lentur

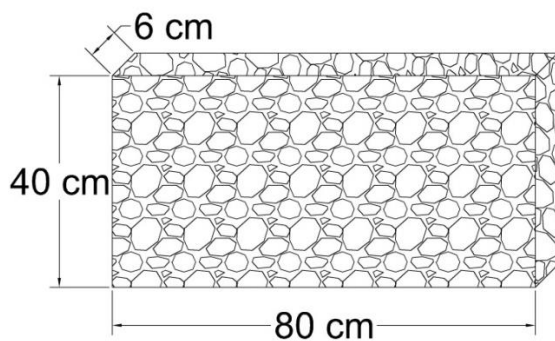
## 2.5 Penggosokan atau Pemolesan Dinding Panel Beton

Penggosokan dinding panel beton *onyx* bertujuan untuk menambah nilai estetika dari beton, sehingga dinding panel yang dibuat tidak hanya kuat namun juga indah bila dilihat. Penggosokan dilakukan pada saat umur beton  $\pm$  28 hari, hal ini dikarenakan kondisi beton sudah keras pada saat itu. Pemolesan beton, dilakukan dengan alat gosok batu.





Gambar 2.6 Alat gosok batu



Gambar 2.7 Dinding panel beton

## 2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya

Berikut ini adalah hasil penelitian yang berkaitan yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya:

1. Jurnal berjudul "*Concrete with onyx waste aggregate as aesthetically valued structural concrete*" yang ditulis oleh *Edhi Wahyuni Setyowati* dari Teknik Sipil Universitas *Brawijaya*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian agregat kasar beton dengan limbah batu *onyx* :
  - a. Kekuatan yang dihasilkan memenuhi syarat beton struktural.
  - b. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada struktur mikro beton agregat limbah batu *onyx*.
2. Beta Taufiq Raya (2016). Meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Limbah Batu *Onyx* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton didapatkan variasi FAS berpengaruh pada kuat lentur balok. Dapat terlihat beton dengan menggunakan agregat kasar batu *Onyx* FAS 0,4 memiliki kuat lentur rata-rata 5,351

Mpa dan 5,092 untuk agregat kerikil dengan selisih 4,840%. FAS 0,5 agregat kasar batu *Onyx* memiliki kuat lentur rata-rata 4,157 Mpa dan 4,551 untuk agregat kerikil dan 4,551 Mpa dengan selisih 8,657%. FAS 0,6 agregat kasar batu *Onyx* memiliki kuat lentur rata-rata 3,128 Mpa dan 3,278 Mpa untuk agregat kerikil dengan selisih 4,795%. Dan FAS yang paling optimum pada penelitian ini adalah FAS 0,4.

3. Jurnal berjudul "*Use of waste marble aggregate in concrete*" yang ditulis oleh *H. Hebhoub, H. Aoun, M. Belachia, H. Houari, E. Ghorbel* dari *faculty of architecture, Material and geotechnical laboratory, Univesity of Skikda, Algeria*. Pada penelitian ini bertujuan menunjukkan kemungkinan penggunaan limbah marmer sebagai pengganti dari agregat alami dalam produksi beton. Pada penelitian ini dilakukan dengan 3 cara: yaitu marmer sebagai substitusi agregat kasar, marmer sebagai substitusi agregat kasar dan marmer sebagai substitusi agregat kasar dan halus dengan rasio penggantian adalah sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Jika dilihat dari 3 aspek substitusi material yang ada didapatkan hasil kuat tekan sebagai berikut:
  - a. Pada substitusi agregat halus terdapat marmer mendapatkan kuat tekan maksimum pada kadar penggantian 50% adalah sebesar 23,65 MPa.
  - b. Pada substitusi agregat dengan penggantian agregat kasar terhadap marmer mendapatkan kuat tekan maksimum pada kadar 75% adalah sebesar 25,08 MPa.
  - c. Pada substitusi agregat halus dan agregat kasar terhadap marmer akan menghasilkan kkuat tekan maksimum pada kadar 25% yaitu sebesar 22,2 MPa.
4. Dewi Susilowati (2013). Meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Lentur Dan Berat Jenis Beton Normal Dengan Metode Mix Design didapatkan pengaruh penggantian terak sebagai pengganti agregat kasar akan mengakibatkan penurunan kuat lentur beton.
5. Hafid Mahpudin (2016). Meneliti tentang Tinjaun Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Dinding Panel Dari Beton Ringan Dengan Perkuatan Diagonal Tulangan Bambu didapatkan bahwa nilai kuat lentur dinding panel dengan bracing diagonal bambu dengan f.a.s 0,45 sebesar 5,622 MPa, mengalami kenaikan kuat lentur sebesar 104,074 % dari kuat lentur dinding panel tanpa bracing diagonal bambu.
6. Dhita Rizki Rahmawati P (2016). Meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Limbah Batu *Onyx* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan

Beton didapatkan nilai rata-rata kuat tekan tertinggi pada faktor air semen 0,4. Perbandingan selisih kuat tekan beton normal dengan beton limbah batu *onyx* pada nilai faktor air semen 0,4 adalah 12,431%.

7. Aulia Nurul Annisa (2016). Meneliti tentang Pengaruh Penggunaan Limbah Batu *Onyx* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Belah Beton didapatkan Perbandingan kuat tarik belah beton dengan campuran limbah batu *Onyx* dibandingkan dengan beton normal pada masing-masing fas berbeda prosentasenya yaitu sebesar lebih kecil 17.48% pada FAS 0.4, lebih kecil 7.28% pada FAS 0.5 dan lebih besar 9.09% pada FAS 0.6.
8. Jurnal berjudul “ *Recyclability of waste marble in concrete production*” yang ditulis oleh *Hasan Sahan Arel dari faculty of architecture, Izmir university, Gursel Aksel Bulvan, Turkey*. Pada penelitian ini menjelaskan penggantian semen dengan limbah marmer dan menggunakan limbah marmer juga sebagai agregat halus. Hasil yang didapatkan adalah jumlah serbuk marmer yang digunakan sebagai agregat halus membuat workability dari beton menurun, namun bubuk ini berkontribusi pada kekuatan beton karena serbuk marmer mengandung  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  sehingga membuat kuat tekan meningkat. Sementara potongan marmer yang digunakan sebagai agregat kasar membuat workability dan sifat mekanik beton meningkat. Hasil penelitian secara detail adalah sebagai berikut:
  - Penggantian semen dengan kadar 5 – 10% debu marmer dapat meningkatkan sifat mekanik beton, dan mengurangi emisi gas  $\text{CO}_2$  sebesar 12%.
  - Pada penggantian terhadap agregat kasar dapat membuat rasio air semen menurun, hal ini membuat kuat tekan beton baik.
  - Pada agregat halus pada penggantian agregat halus ke marmer pada rasio 50% dan 75% membuat kuat tekan naik antara 20-26% dan kuat tariknya naik antara 10-15%.
9. Eka Fajar Suprayitno (2018). Meneliti tentang Pengaruh Limbah Batu *Onyx* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Beton Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang, dan didapatkan hasil bahwa tidak terdapat perbedaan kuat lentur yang signifikan antara balok beton bertulang agregat limbah batu *onyx* dengan balok beton bertulang agregat kerikil.

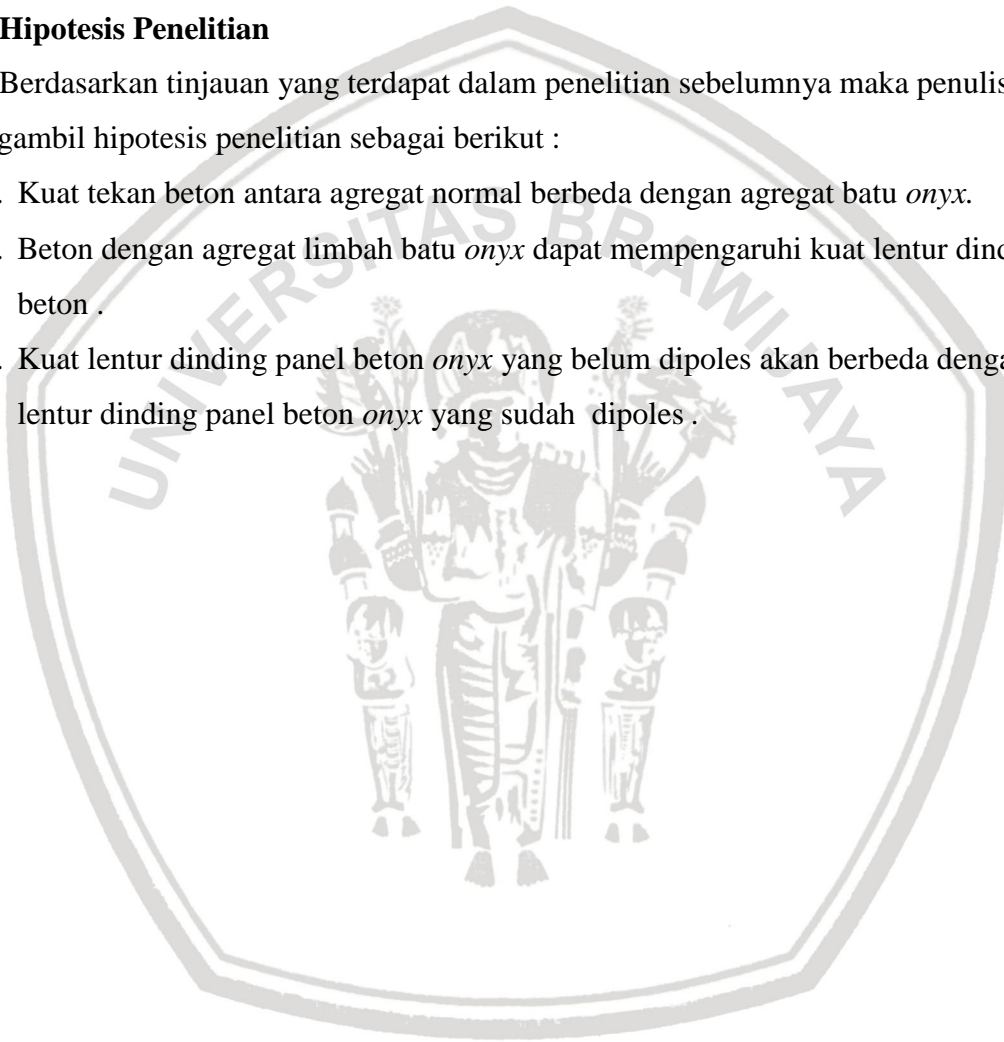
Kuat lentur rata-rata balok beton bertulang agregat limbah batu *onyx* sebesar 1725,63 kgm dan kuat lentur rata-rata balok beton bertulang agregat kerikil 1728,38 kgm.

10. Achmad Yusar Dzakwan (2018). Meneliti tentang Pengaruh Limbah Batu *Onyx* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Beton Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang, dan didapatkan hasil bahwa pada balok beton bertulang normal memiliki nilai lendutan rata-rata yang lebih kecil, yakni sebesar ( $\delta= 0,1557$  mm), sedangkan balok beton bertulang dengan menggunakan limbah batu *onyx* memiliki nilai lendutan rata-rata sebesar ( $\delta= 0,1622$  mm).

## 2.7 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tinjauan yang terdapat dalam penelitian sebelumnya maka penulis dapat mengambil hipotesis penelitian sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton antara agregat normal berbeda dengan agregat batu *onyx*.
2. Beton dengan agregat limbah batu *onyx* dapat mempengaruhi kuat lentur dinding panel beton .
3. Kuat lentur dinding panel beton *onyx* yang belum dipoles akan berbeda dengan kuat lentur dinding panel beton *onyx* yang sudah dipoles .



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang dilaksanakan pada bulan Juli hingga September tahun 2018.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut:

- a. Timbangan dengan kapasitas 300 kg ketelitian 100 gr;
- b. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gr;
- c. Satu set ayakan agregat halus dan kasar;
- d. Satu set alat uji kuat lentur dinding panel (*loading frame*);
- e. Cetakan silinder, diameter 150 mm, tinggi 100 mm;
- f. Alat uji kuat tekan silinder beton;
- g. Satu set alat uji slump (kerucut *abrams*) beton segar;
- h. Alat bantu proses pengecoran (ember, sendok semen, palu karet);
- i. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*);
- j. Mesin penggetar beton (*vibrator concrete*);
- k. *LVDT* atau alat pembaca perpindahan yang terjadi;
- l. *Strain gauge* beton.

#### 3.2.2 Bahan penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut:

- a. Semen PPC merk semen gresik;
- b. Agregat kasar : batu *onyx* yang berasal dari Desa Gamping, Kec. Campur Darat Kabupaten Tulung Agung dan batu pecah;
- c. Agregat halus pasir yang berasal dari Lumajang;
- d. Air bersih PDAM di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

### 3.3 Analisis Bahan

#### 1. Semen

Semen yang digunakan tidak dilakukan pengujian secara detail, melainkan hanya dilakukan pengamatan secara visual kondisi semen yang baik.

#### 2. Air

Air yang digunakan berasal dari air PDAM yang sesuai dengan standar peraturan yang ditetapkan.

#### 3. Agregat Kasar

Limbah batu *onyx* yang dipilih ukurannya sesuai dengan analisa saringan yang telah ditetapkan.

#### 4. Agregat Halus

Ukuran agregat halus disesuaikan dengan analisa saringan yang telah ditetapkan, dan kondisinya dibuat sesuai dengan kondisi di lapangan sehingga akan didapatkan penelitian yang tepat.

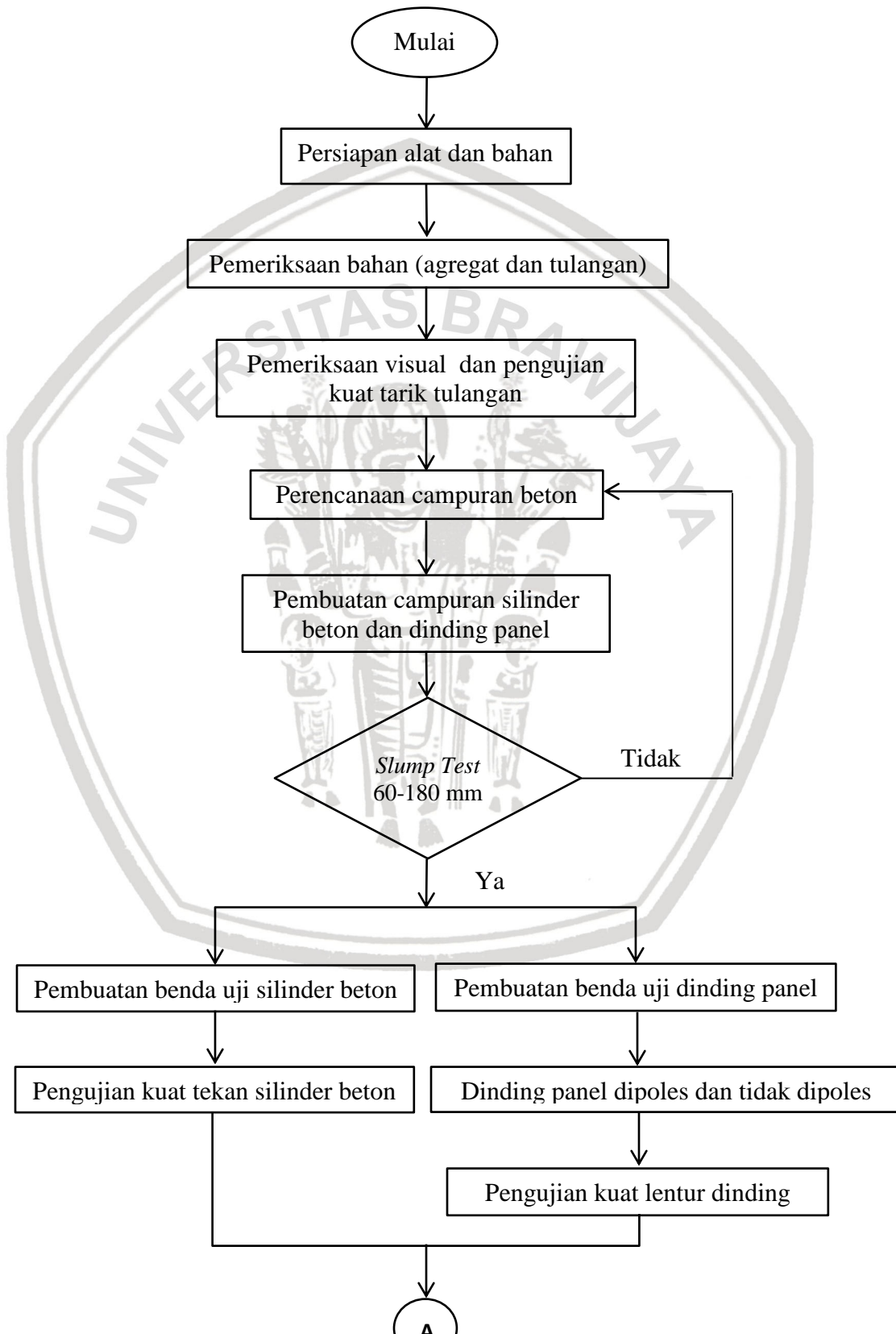
#### 5. Baja

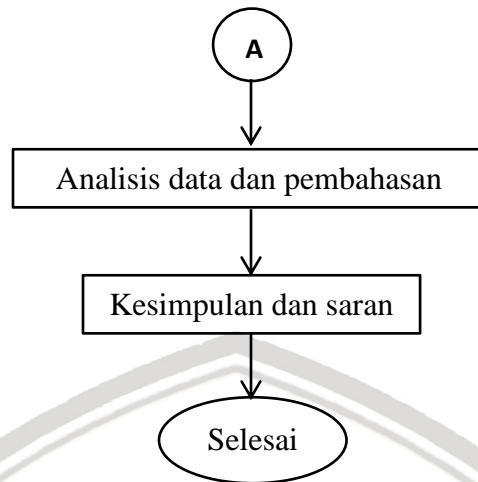
Baja yang digunakan adalah baja standar yang sesuai dengan yang ditetapkan pada peraturan SNI 07-2052-2002.

### 3.4 Tahap Penelitian

1. Tahap I Persiapan alat dan bahan.
2. Tahap II Analisa bahan: agregat dan tulangan.
3. Tahap III Perencanaan campuran dan pembuatan benda uji: pembuatan benda uji silinder beton, test *slump*, pembuatan benda uji dinding panel beton *onyx*.

4. Tahap VI Pengujian benda uji: pengujian kuat tekan silinder beton agregat normal dan agregat batu *onyx* dan kuat lentur dinding panel beton *onyx* yang belum dipoles dan sudah dipoles.
5. Tahap V Analisis dan pembahasan.





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.5 Rancangan Penelitian

#### 1. Pengujian kuat tekan silinder beton

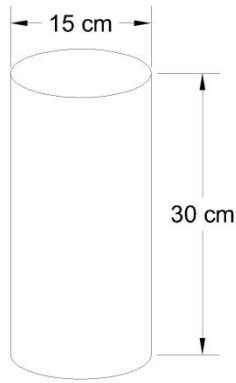
Pada pengujian kuat tekan silinder beton digunakan 30 buah benda uji dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3.1

*Jumlah Benda Uji Silinder Beton*

No	Nama Benda Uji	Jumlah Benda Uji
		Kuat Tekan
1	Silinder Beton Normal	15
2	Silinder Beton <i>Onyx</i>	15





Gambar 3.2 Silinder beton

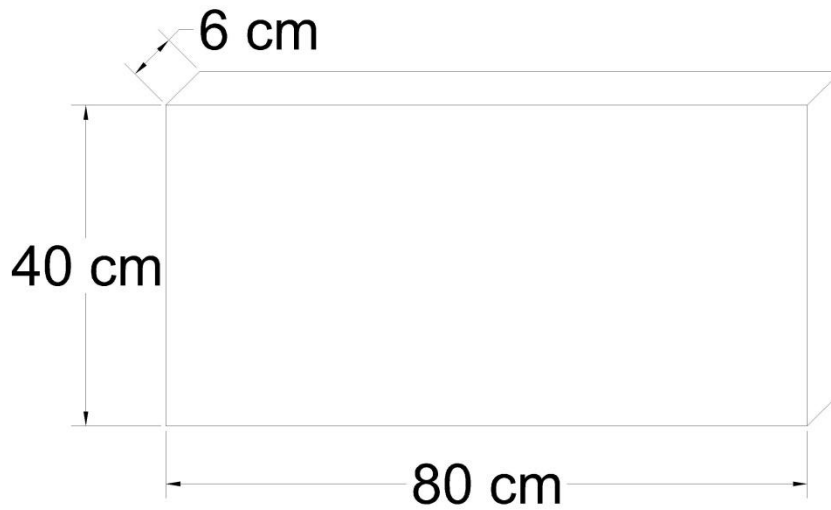
2. Pengujian kuat lentur panel beton *onyx*

Jumlah benda uji panel beton *onyx* dengan ukuran 80 cm x 40 cm x 6 cm yang digunakan adalah 5 buah benda uji yang belum dipoles dan 5 buah benda uji yang sudah dipoles. Cara pembebanan yang digunakan adalah *three point loading* dan dilakukan hingga panel mengalami retak dan *strain meter* berhenti membaca pada titik maksimum. Berikut adalah tabel rincian jumlah benda uji yang digunakan :

Tabel 3.2

*Jumlah Benda Uji Panel Beton Onyx*

No	Nama Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	Panel beton <i>onyx</i> belum dipoles	5 Buah
2	Panel beton <i>onyx</i> sudah dipoles	5 Buah



Gambar 3.3 Dimensi dinding panel beton

Tabel 3.3

Volume Benda Uji

No	Nama Pengujian	Jenis Benda Uji	Volume (M <sup>3</sup> ) 1 Benda Uji	Jumlah Benda Uji (Buah)	Total Volume (m <sup>3</sup> )
1	Kuat Tekan Normal	Silinder	0,005304	15	0,0795536
2	Kuat Tekan <i>Onyx</i>	Silinder	0,005304	15	0,0795536
3	Kuat Lentur Panel <i>Onyx</i> Belum dipoles	Panel Beton (80x40x6) cm	0,0192	5	0,096
4	Kuat Lentur Panel <i>Onyx</i> Sudah dipoles	Panel Beton (80x40x6) cm	0,0192	5	0,096

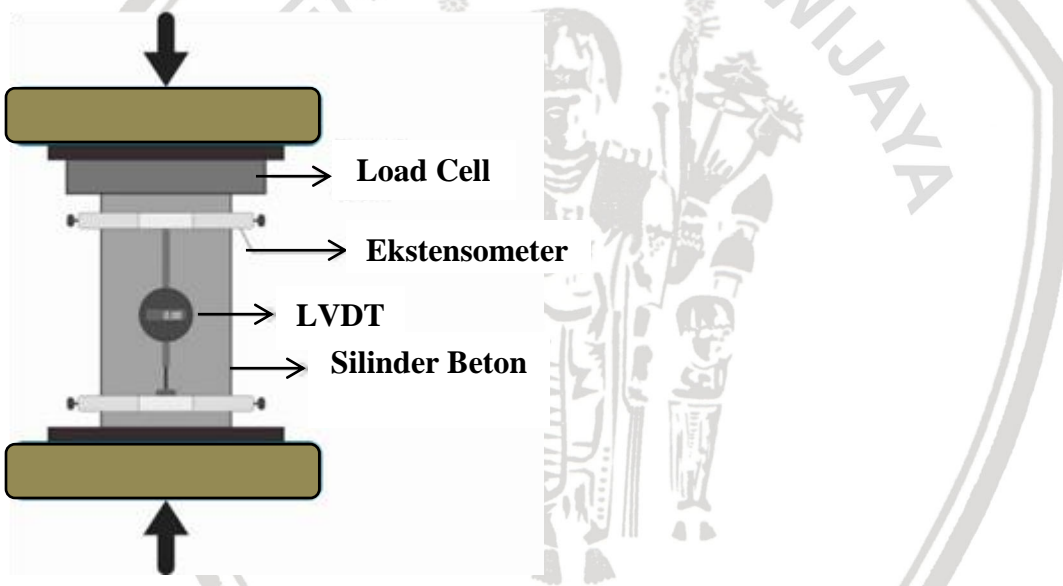
Tabel 3.4

Kebutuhan Material Benda Uji

No	Nama Pengujian	Jenis Benda Uji	Kebutuhan Material Beton (Kg)				
			945,31 <i>Onyx</i>	945,31 Ag. Kasar	617,19 Ag. Halus	562,5 Semen	225 Air
1	Kuat Tekan Normal	Silinder		75,203	49,0997	44,7489	17,9
2	Kuat Tekan <i>Onyx</i>	Silinder	75,203		49,0997	44,7489	17,9
3	Kuat Lentur Panel <i>Onyx</i> Belum dipoles	Panel Beton (80x40x6) cm	90,75		59,2502	54	21,6
4	Kuat Lentur Panel <i>Onyx</i> Sudah dipoles	Panel Beton (80x40x6) cm	90,75		59,2502	54	21,6

### 3.6 Persiapan Benda Uji

#### 3.6.1 Pengujian kuat tekan



Gambar 3.4 Setting pengujian kuat tekan

Langkah - langkah pengujian kuat tekan dan pembacaan regangan beton adalah sebagai berikut :

- m. Pengujian ini dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
- n. Siapkan benda uji yang telah melewati masa curing dan memenuhi umur.
- o. Meratakan permukaan silinder dengan menggunakan capping.

- p. Membuat form pengisian data kuat tekan dan nilai *LVDT* untuk memudahkan dalam pencatatan data penelitian.
- q. Mengeset alat *compressometer* pada posisi angka bacaan nol terlebih dahulu, dan kemudian meletakkan benda uji ke bawah *load cell* atau teMPat uji tekan.
- r. Memasang *LVDT* pada benda uji dan sekaligus mengecek secara keseluruhan persiapan.
- s. Melakukan pengujian, dengan memberikan beban yang menaik dengan kecepatan konstan.
- t. Mencatat nilai besarnya nilai perpendekan yang ada pada *LVDT* pada setiap penambahan beban 5 kN hingga pengujian selesai dilaksanakan.
- u. Dengan pengujian ini didapatkan nilai tegangan dengan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3-1)$$

dengan :

$\sigma$  = Tegangan (kN/cm<sup>2</sup>)

P = Beban (kN)

A = Luas permukaan silinder (cm<sup>2</sup>)

- 10. Setelah nilai bacaan pada *LVDT* didapatkan nilai regangan yang terjadi dapat dicari dengan rumus :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \dots\dots\dots (3-2)$$

dengan :

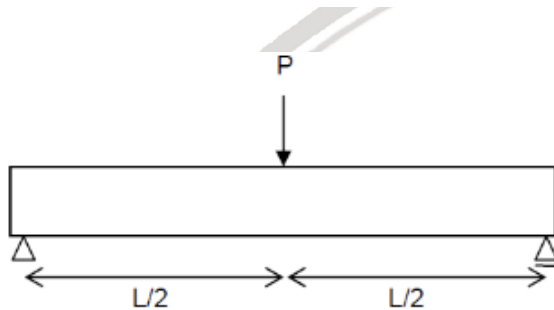
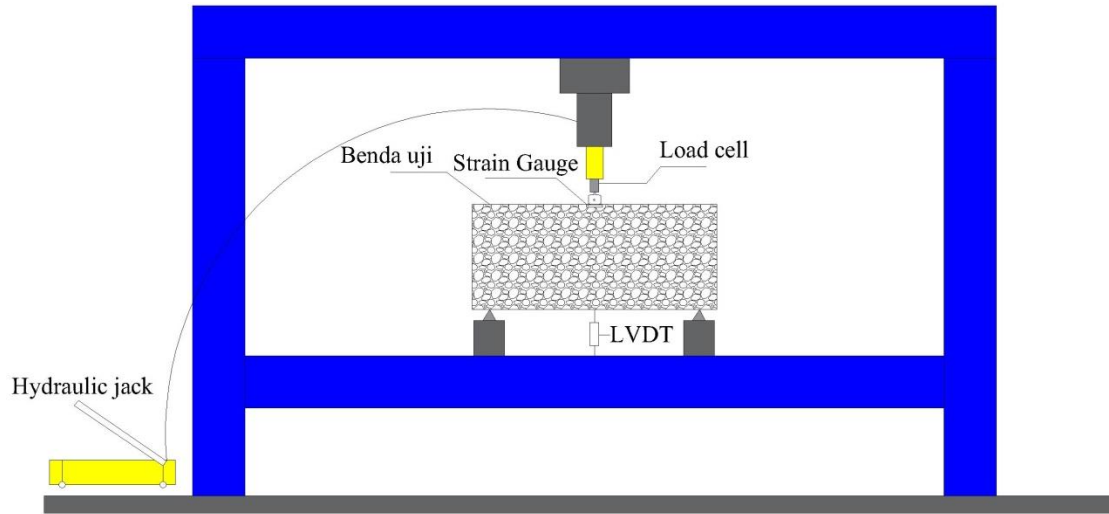
$\varepsilon$  = Regangan

$\Delta l$  = Nilai perpendekan (mm)

$l$  = Tinggi beton awal (mm)

- 11. Hasil bacaan *LVDT* dan beban yang diberikan diakumulasikan seluruhnya.

**3.6.2 Pengujian kuat lentur panel beton *onyx***



Gambar 3.5 Pengujian kuat lentur

Langkah – langkah pengujian kuat lentur balok adalah sebagai berikut :

- 1) Siapkan benda uji dan pasang strain gauge ke permukaan beton.
- 2) Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- 3) Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- 4) Pastikan *hydraulic jack* berfungsi dengan baik dan pasang *load cell* dengan kapasitas 10 ton.
- 5) Berikan pembebanan pada benda uji dengan interval pembebanan setiap penambahan 100 kg, catat nilai LVDT dan *Strain Gauge* pada alat.
- 6) Hentikan pembebanan pada saat sudah terjadi retak dan hampir patah.
- 7) Catat beban maksimum pada formulir pengujian.
- 8) Hitung kuat lentur (momen lentur), dengan rumus:

$$M = \frac{1}{4} PL \dots\dots\dots (3-3)$$

dengan :

M = Momen Lentur (kgm)

P = Beban maksimum (kg)

L = Jarak antar tumpuan (m)

9) Saat pembebanan lihat dan catat nilai regangan yang terdapat pada strain meter.

### 3.6.3 Penggosokan atau pemolesan dinding panel beton *onyx*

Penggosokan dilakukan pada saat umur beton  $\pm 28$  hari, hal ini dikarenakan kondisi beton sudah keras pada saat itu. Dinding panel dipoles menggunakan alat gosok batu. Penggosokan dinding dilakukan dengan tebal 2-3 mm. Penggosokan dinding panel ini bertujuan untuk:

- Memberikan nilai estetika dari beton dengan memperlihatkan bagian kerikil batu *onyx* pada panel yang memiliki warna putih mengkilap sehingga indah dipandang mata.
- Mempermudah pengguna dinding panel untuk tidak melakukan proses *finishing* yang begitu rumit karena harus memplamir, mengecat, dan sebagainya.
- Membantu pengguna dinding panel dalam segi keekonomisan karena tidak perlu banyak mengeluarkan biaya *finishing* dan perawatan dinding panel, dan hanya dipoles saja sudah memberikan kesan yang indah untuk dipandang.



Gambar 3.6 Dinding yang sudah digosok (dipoles)



Gambar 3.7 Alat poles

### 3.7 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menyebabkan, dengan kata lain merupakan faktor – faktor yang dianalisis dan dibuat berbeda oleh peneliti untuk melihat perilaku yang sedang diteliti. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebasnya adalah *finishing* atau dilakukan pemolesan pada panel beton *onyx* yang kemudian dibandingkan dengan panel beton *onyx* yang tidak dipoles.
2. Variabel terikat atau disebut sebagai variabel output merupakan hal-hal yang diamati oleh peneliti yang menjadi akibat karena adanya pengaruh dari variabel bebas. Pada penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah kuat tekan silinder beton dan kuat lentur panel beton *onyx*.

Tabel 3.5

*Variabel Penelitian*

No	Jenis Variabel	Keterangan
1.	Variabel bebas	Pemolesan dinding panel beton <i>onyx</i>
		1. Kuat tekan silinder beton
2.	Variabel terikat	2. Kuat lentur dinding panel beton <i>onyx</i>

### 3.8 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dimulai dengan menganalisa bahan, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Setelah benda uji silinder dan panel beton *onyx* telah selesai dibuat dengan kuat mutu rencana 32 MPa dan telah melewati masa curing 28 hari data awal yang diambil adalah uji tekan silinder beton yang didalamnya juga didapatkan regangannya, sehingga akan didapatkan data awal kurva tegangan-regangan pada beton normal dan beton *onyx*, setelah itu dilaksanakan pemolesan panel beton *onyx* dan diuji kuat lenturnya dengan *loading frame*. Pada pengujian panel beton *onyx* tersebut didapatkan data kuat lentur sesuai dengan beban yang diberikan pada benda uji.

### 3.9 Analisis Data

#### Analisis Statistik

Analisis independent T digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan terhadap kuat lentur (momen lentur) panel beton *onyx* yang belum dipoles dan sudah dipoles dan berapa beban ultimate maksimum yang mampu ditahan oleh panel beton *onyx*.

Analisis yang diperlukan sebelum dimulainya uji antara lain :

1. Menentukan nilai rata-rata.
2. Menentukan standar deviasi.
3. Rumus umum Uji T Sampel Bebas.

Prosedur Uji Independent Sample T-Test :

1. Nyatakan hipotesis nol dan hipotesis alternatif.
2. Tentukan nilai signifikansi,  $\alpha$ .
3. Tentukan nilai kritis, untuk uji dua arah, nilai kritisnya adalah  $t_{\alpha/2}$
4. Hitung nilai statistik uji dari sampel.

$$T_{hit} = \frac{x_1 - x_2}{s \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \dots\dots\dots (3-4)$$

5. Jika nilai dari uji statistik jatuh pada daerah penolakan, maka tolak  $H_0$ ; selainnya, tidak tolak  $H_0$ .
6. Nyatakan kesimpulan.

Dengan asumsi:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots\dots$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \dots\dots$$



Keterangan:

- H0 = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak dapat perbedaan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* belum dipoles dengan yang sudah dipoles terhadap kuat lentur (momen lentur).
- H1 = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan antara beton yang menggunakan limbah batu *onyx* belum dipoles dengan yang sudah dipoles terhadap kuat lentur (momen lentur).



*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Pengujian Bahan-bahan Dasar Pembuatan Beton**

Pengujian utama penelitian ini adalah pengujian pembebanan terpusat dinding panel beton *onyx* untuk mengetahui kuat lenturnya. Beberapa pengujian pendukung dilakukan untuk melengkapi data yang diperlukan dalam pengujian utama. Pengujian pendukung tersebut yaitu analisa agregat kasar, analisa agregat halus, pengujian beton dengan slump, uji tarik tulangan baja, dan uji kuat tekan beton silinder.

##### **4.1.1 Semen**

Pada pembuatan beton, semen yang digunakan adalah *Portland Pozzoland Cement* (PPC) jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang dapat digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton. Semen tersebut diproduksi oleh PT. Semen Gresik yang umum digunakan sehingga tidak dilakukan pengujian khusus. Namun semen *Portland Pozzoland Cement* (PPC) telah memenuhi standar yang sesuai dengan SNI 15 – 0302 – 2004, serta telah memenuhi syarat pengujian kimia dan fisika sesuai dengan SNI 15 – 2049 – 2004.

##### **4.1.2 Air**

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PDAM Kota Malang yang tersedia di laboratorium dan sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan peraturan yaitu :

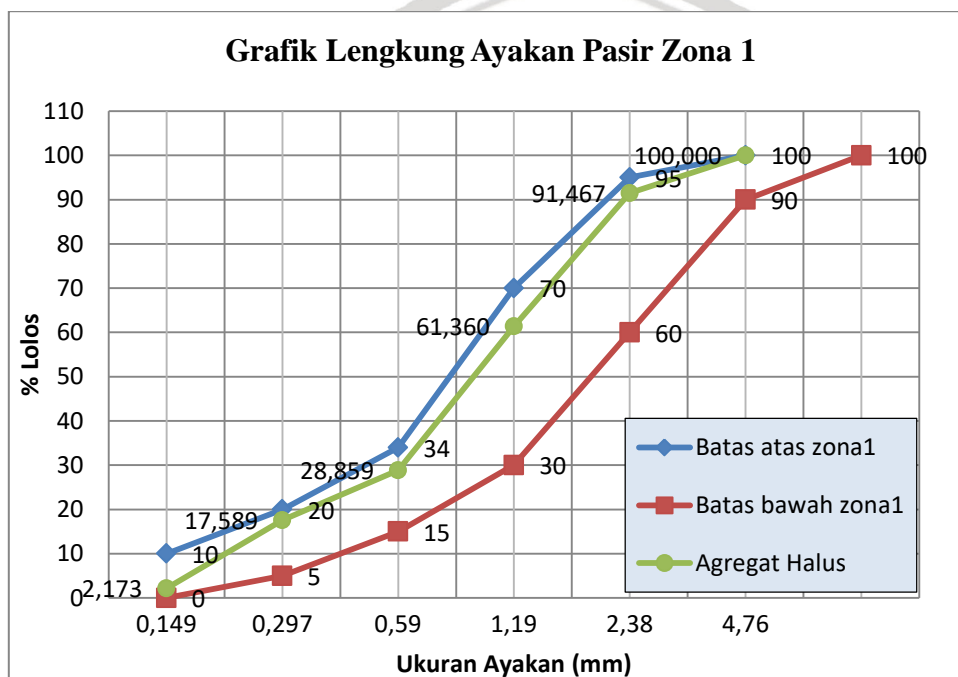
1. Memiliki kadar keasaman sekitar 6,0 sampai 8,0,

2. Rasanya tidak payau,
3. Air bersih, tidak mengandung minyak, asam, serta bahan yang dapat merusak tulangan.

#### 4.1.3 Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir Lumajang. Berikut adalah hasil pengujian agregat halus, antara lain:

##### 1. Analisis gradasi agregat halus



Gambar 4.1 Grafik analisis gradasi agregat halus

Hasil uji pemeriksaan gradasi agregat halus seperti terlihat pada gambar 4.1 menunjukkan pasir Lumajang ini termasuk dalam Zona 1 dan memiliki nilai modulus halus pasir sebesar 3,0024% yang memenuhi syarat modulus halus butir sesuai ASTM C-33 yaitu 2,20% – 3,10%.

##### 2. Pengujian kadar air dan berat isi pada agregat halus

Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan air, pasir dan kerikil dalam pembuatan mix design sehingga dapat diperoleh komposisi yang ideal. Berat isi agregat halus adalah perbandingan antara berat agregat halus dengan volume air. Data yang

didapatkan dari hasil pengujian agregat halus yakni dapat dilihat pada Tabel 4.1 untuk pemeriksaan kadar air dan berat isi.

Tabel 4.1

*Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Halus*

<b>Pengujian</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Kadar Air Rata-rata	5,243	%
Berat Isi Rata-rata	1,526	gr/cc

### 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Berat jenis merupakan perbandingan berat pasir dengan berat air suling yang mempunyai volume sama dengan pasir. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis SSD atau berat jenis kering permukaan jenuh dan persentase penyerapan. Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus didapatkan hasil sesuai pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2

*Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*

Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> )	2,958
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i> )	2,979
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	3,024
Penyerapan (%) ( <i>Absorption</i> )	0,705

Dari Tabel 4.2 didapatkan hasil berat jenis kering permukaan jenuh yaitu sebesar 2,979 sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu 1,60-3,20. Dan penyerapan air sebesar 0,705% memenuhi syarat yaitu 0,2%-2,0%.

#### 4.1.4 Agregat kasar

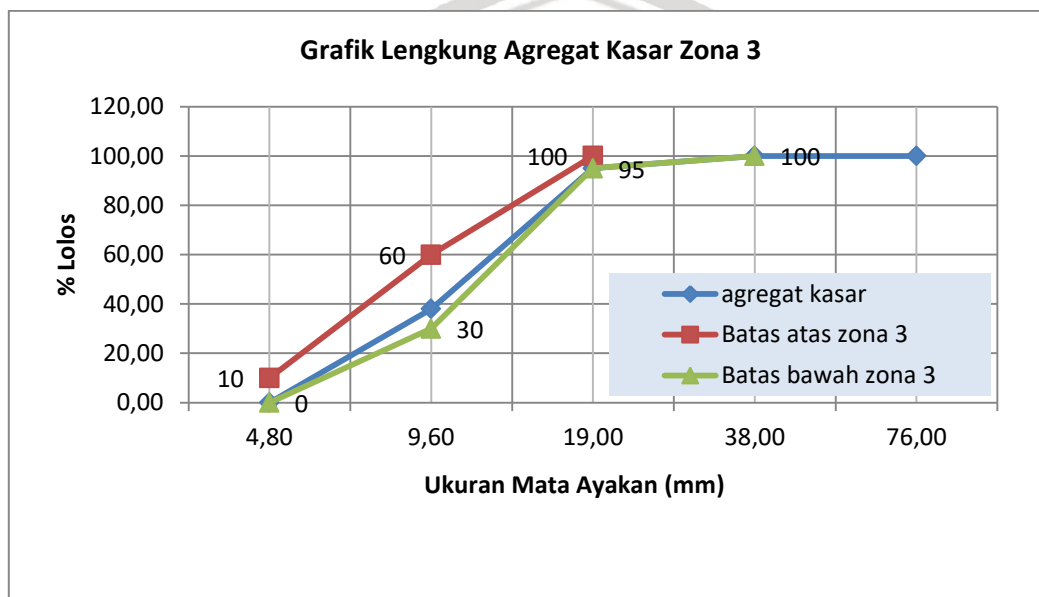
Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu pecah (kerikil) yang berasal dari Pasuruan dan agregat *onyx* dari Tulungagung. Pengujian agregat kasar yang dilakukan yaitu analisis gradasi, pengujian kadar air dan berat isi, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat.

#### 4.1.4.1 Agregat batu pecah (kerikil)

Berikut adalah hasil pengujian agregat batu pecah, antara lain:

##### 1. Analisis gradasi agregat batu pecah (kerikil)

Hasil pengujian analisis gradasi kerikil masuk pada zona 3 seperti terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik analisis gradasi batu pecah (kerikil)

Nilai modulus kehalusan kerikil tersebut sebesar 6,64% memenuhi persyaratan ASTM C-33 yaitu berkisar antara 5,5% - 8,5%. Dan kadar lumpur yang terkandung pada kerikil sebesar 0% .

##### 2. Pengujian kadar air dan berat isi agregat kerikil

Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan air, pasir dan kerikil dalam pembuatan mix design sehingga dapat diperoleh komposisi yang ideal. Berat isi agregat halus adalah perbandingan antara berat agregat halus dengan volume air. Hasil pengujian kadar air dan berat isi agregat kerikil dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3

*Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Kerikil*

<b>Pengujian</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Kadar Air Rata-rata	1,051	%
Berat Isi Rata-rata	1,65	gr/cc

**3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kerikil**

Berat jenis merupakan perbandingan berat pasir dengan berat air suling yang mempunyai volume sama dengan pasir. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis SSD atau berat jenis kering permukaan jenuh dan persentase penyerapan. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4

*Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kerikil*

Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> )	2,621
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i> )	2,642
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	2,676
Penyerapan (%) ( <i>Absorption</i> )	0,786

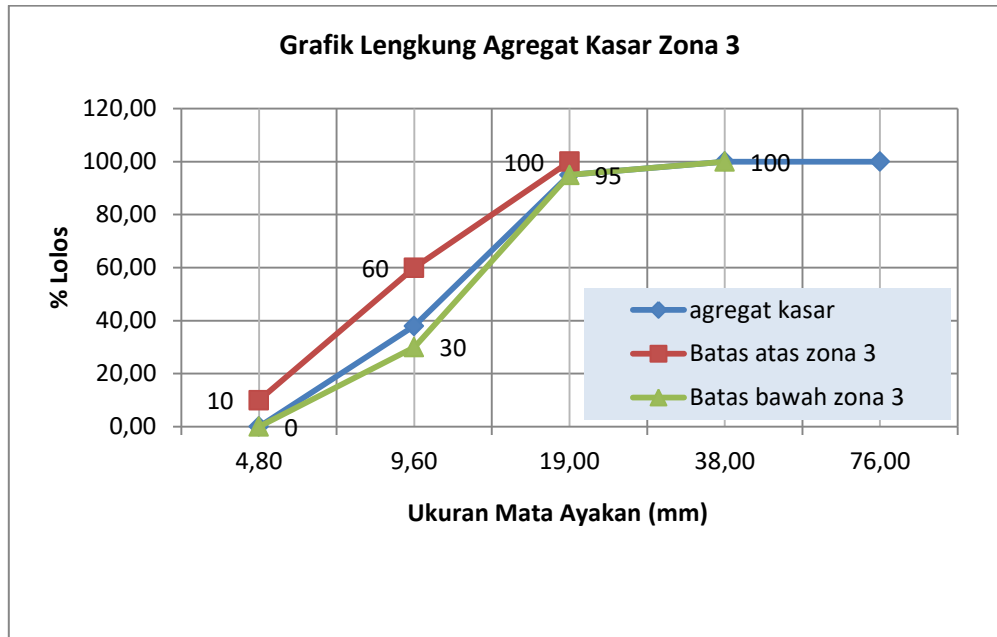
Dari Tabel 4.4 didapatkan hasil pengujian berat jenis kering permukaan jenuh agregat kerikil sebesar 2,642 memenuhi syarat ASTM C-33 yaitu 1,60-3,20. Dan penyerapan sebesar 0,786% sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu <1%.

**4.1.4.2 Agregat kasar *onyx***

Berikut adalah hasil pengujian agregat *onyx*, antara lain:

### 1. Analisis gradasi agregat *onyx*

Hasil pengujian analisis gradasi agregat *onyx* masuk pada zona ukuran maksimum 20 mm seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik analisis gradasi agregat kasar *Onyx*

Nilai modulus kehalusan kerikil tersebut sebesar 6,67% memenuhi persyaratan ASTM C-33 yaitu berkisar antara 5,5% - 8,5%. Dan kadar lumpur yang terkandung pada kerikil sebesar 0% .

### 2. Pengujian kadar air dan berat isi agregat *onyx*

Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan air, pasir dan agregat *onyx* dalam pembuatan mix design sehingga dapat diperoleh komposisi yang ideal. Berat isi agregat halus adalah perbandingan antara berat agregat halus dengan volume air. Hasil pengujian kadar air dan berat isi agregat *onyx* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat *Onyx*

Pengujian	Nilai	Satuan
Kadar Air Rata-rata	0,117	%

Berat Isi Rata-rata                      1,57                      gr/cc

### 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat *onyx*

Berat jenis merupakan perbandingan berat pasir dengan berat air suling yang mempunyai volume sama dengan pasir. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis SSD atau berat jenis kering permukaan jenuh dan persentase penyerapan. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6

*Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Onyx*

Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Gravity</i> )	2,640
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh ( <i>Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i> )	2,648
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Gravity</i> )	2,661
Penyerapan (%) ( <i>Absorption</i> )	0,300

Dari Tabel 4.4 didapatkan hasil pengujian berat jenis kering permukaan jenuh agregat kerikil sebesar 2,648 memenuhi syarat ASTM C-33 yaitu 1,60-3,20. Dan penyerapan sebesar 0,300% sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu <1%.

#### 4.2 Perencanaan *Mix Design*

Perencanaan *mix design* atau campuran beton (Tabel 4.7) bertujuan untuk mengetahui komposisi dan proporsi bahan-bahan penyusun beton agar beton yang dibuat dapat memenuhi syarat teknis pengujian. Pada perencanaan *mix design* ini didapatkan hasil campuran beton normal (Tabel 4.8) dan campuran beton *onyx* (Tabel 4.9).

Tabel 4.7

*Perhitungan Mix Design Agregat Onyx dan Agregat kerikil*

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	AGREGAT ONYX	AGREGAT KERIKIL	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 HR, 5%)	Ditetapkan	20	20	MPa
2	Deviasi standar	Diketahui	-	-	
3	Nilai Tambah (Margin)	(K=1,64) 1,64*(2)	12	12	MPa



4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	32	32	MPa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	PPC	PPC	
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu <i>Onyx</i>	Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir Lumajang	Pasir Lumajang	
7	Faktor Air semen Bebas	Tabel 2, Grafik 1/2	0,4	0,4	
8	Faktor air semen Maksimum	Ditetapkan	0,6	0,6	
9	Slump	Ditetapkan	60 - 180 mm	60 - 180 mm	
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20	20	mm
11	Kadar Air Bebas	Tabel 3	205	205	kg/m3
12	Jumlah semen	(11) : (7)	512,5	512,5	kg/m3
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-	-	
14	Jumlah Semen Minimum	Tabel 4,5,6	275	275	kg/m3
15	FAS yg disesuaikan	-	-	-	
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	Zona 1	Zona 1	
17	Persen agregat halus	Grafik 13 - 15	0,44	0,44	
18	Berat jenis relatif agregat (SSD)	Diketahui	2,794	2,79	kg/m3
19	Berat isi beton	Grafik 16	2310	2360	kg/m3
20	Kadar agregat gabungan	(19) - (11) - (12)	1592,5	1642,5	kg/m3
21	Kadar agregat halus	(17) * (20)	700,7	722,7	kg/m3
22	Kadar agregat kasar	(20) - (21)	891,8	919,8	kg/m3

Tabel 4.8

*Campuran Beton Normal*

<b>Banyaknya Bahan</b>	<b>Semen ( kg )</b>	<b>Air ( kg/lt )</b>	<b>Pasir ( kg )</b>	<b>Kerikil ( kg )</b>
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,5	205	722,7	919,8
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,5	72,27	91,98
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,5	216,85	717,984	912,664
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,69	71,8	91,27

Tabel 4.9

*Campuran Beton Onyx*

<b>Banyaknya Bahan</b>	<b>Semen ( kg )</b>	<b>Air ( kg/lt )</b>	<b>Pasir ( kg )</b>	<b>Onyx ( kg )</b>
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,5	205	700,7	891,8
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,5	70,07	89,18
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,5	212,24	696,127	889,132
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,22	69,61	88,91

Proporsi campuran beton normal yang digunakan pada penelitian ini yakni: 1 (Semen) : 0,42 (Air) : 1,40 (Pasir) : 1,78 (Kerikil) dengan faktor air semen (FAS) 0,4. Sedangkan proporsi pembuatan beton agregat *onyx* menggunakan perbandingan sebagai berikut: 1 (Semen) : 0,41(Air) : 1,36 (Pasir) : 1,73 (Agregat *onyx*) dengan faktor air semen (FAS) 0,4. Dasar penentuan proporsi campuran beton disesuaikan dengan perhitungan mix desain diatas.

### 4.3 Pengujian Tulangan Baja

Pengujian tulangan baja dilakukan uji tarik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan sebenarnya dari tulangan baja yang digunakan dalam penelitian ini. Tulangan baja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tulangan Ø6 mm dengan 3 sampel tulangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Hasil pengujian uji tarik baja dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10

*Mutu Baja Ø6 mm*

<b>Nama Pengukuran</b>	<b>Ø 6-1</b>	<b>Ø 6-2</b>	<b>Ø 6-3</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Diameter	6,00	5,99	5,95	5,98	mm
Panjang Awal	200	200	200	200	mm
Berat	221,50	221,00	218,00	220,167	gr/mm
Luas Awal	28,25	28,18	27,80	28,0773	mm <sup>2</sup>
Beban Leleh	6	6	6	6	KN
Pertambahan Panjang Leleh	5	5	5	5	mm
Beban Putus	8	8	8	8	KN
Pertambahan Panjang Putus	50	47,5	55	50,8333	mm
Py	6000	6000	6000	6000	N
εy	2,5	2,5	2,5	2,5	%

fy	212,41	212,89	215,82	213,706	MPa
Pu	8000	8000	8000	8000	N
Eu	25,0000	23,7500	27,5000	25,4167	%
fu	283,21	283,85	287,76	284,942	MPa

#### 4.4 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm bertujuan untuk mengetahui mutu beton yang telah dibuat sebelumnya. Pengujian ini dilakukan setelah beton berusia 28 hari dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* yang terdapat pada Laboratorium. Pada pengujian kuat tekan silinder beton digunakan 30 benda uji silinder dengan 15 beton agregat kerikil dan 15 beton agregat *onyx*. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

Tabel 4.11

*Kuat Tekan Silinder Beton Normal*

No	Kode Beton	Beban (Kn)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (MPa)
1	SN-1	537	12,56		30,38	
2	SN-2	548	12,43		31,00	
3	SN-3	694	12,9		39,26	
4	SN-4	467	12,94		26,42	
5	SN-5	534	12,65		30,21	
6	SN-6	577	12,8	176,79	32,64	31,75
7	SN-7	637	12,69		36,03	
8	SN-8	528	12,78		29,87	
9	SN-9	550	12,94		31,11	
10	SN-10	601	12,84		34,00	
11	SN-11	518	12,56		29,30	

12	SN-12	544	12,75	30,77
13	SN-13	613	12,7	34,67
14	SN-14	550	12,62	31,11
15	SN-15	522	12,92	29,53

Tabel 4.12

*Kuat Tekan Silinder Beton Onyx*

No	Kode Beton	Beban (kN)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (MPa)
1	SO-1	467	12,68		26,42	
2	SO-2	408	12,61		23,08	
3	SO-3	503	12,83		28,45	
4	SO-4	423	12,7		23,93	
5	SO-5	496	12,75		28,06	
6	SO-6	449	12,81		25,40	
7	SO-7	484	12,85	176,79	27,38	26,11
8	SO-8	413	12,92		23,36	
9	SO-9	461	12,78		26,08	
10	SO-10	486	12,61		27,49	
11	SO-11	435	12,82		24,61	
12	SO-12	466	12,63		26,36	
13	SO-13	539	12,79		30,49	
14	SO-14	424	12,78		23,98	

Dari Tabel 4.11 dan 4.12 didapatkan persentase perbandingan antara kuat tekan beton agregat kerikil dan onyx yaitu sebesar 17,75%, dengan nilai rata-rata kuat tekan silinder beton normal yaitu sebesar 31,75 MPa, sedangkan nilai rata-rata kuat tekan silinder beton *onyx* yaitu sebesar 26,11 MPa. Dari hasil data pengujian tersebut, nilai kuat tekan kurang dari kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $f'c = 32$  MPa). Sehingga untuk perhitungan lebih lanjut digunakan kuat tekan  $f'c = 32$  MPa.

Untuk membuktikan kuat tekan rata – rata silinder beton normal lebih besar daripada silinder beton *onyx* dilakukan uji statistik berupa uji T.

Hipotesis :  $H_0 = X_1 \leq X_2$ , Kuat tekan beton *onyx* tidak lebih besar dari kuat tekan beton normal

$H_a = X_1 > X_2$ , Kuat tekan beton *onyx* lebih baik dari kuat tekan beton normal

**Uji T (perhitungan nilai T)**

Tolak  $H_0$  apabila harga Thitung ( $T_0$ ) sama atau lebih besar dari harga Ttabel ( $T(1-\alpha)(db)$ )

**Uji Homogenitas**

Hipotesis :  $H_0 = X_1 \geq X_2$  Kedua varians homogen

$H_a = X_1 < X_2$  Kedua varian tidak homogen (heterogen)

**Uji F (perhitungan nilai F)**

Tolak  $H_0$  apabila harga Fhitung ( $F_0$ ) sama atau lebih besar dari harga Ftab ( $F(\alpha)(n_1-1, n_2-1)$ )

Perhitungan diawali dengan perhitungan nilai rata-rata kuat tekan beton normal (Tabel 4.13) dan kuat tekan beton *onyx* (Tabel 4.14). Kemudian dibandingkan nilai hasil perhitungan antara normal dan *onyx* (Tabel 4.15). Dari hasil perhitungan tersebut, dilakukan uji F dan Uji T yang kemudian diplotkan pada gambar distribusi T (Gambar 4.4) untuk akhirnya dapat ditarik kesimpulan.

Tabel 4.13

*Perhitungan Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Normal*

No	Kode	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt) <sup>2</sup>
1	SN-1	30,38		-1,373	1,886
2	SN-2	31		-0,753	0,568
3	SN-3	39,26	31,7533	7,507	56,350
4	SN-4	26,42		-5,333	28,444
5	SN-5	30,21		-1,543	2,382

6	SN-6	32,64	0,887	0,786
7	SN-7	36,03	4,277	18,290
8	SN-8	29,87	-1,883	3,547
9	SN-9	31,11	-0,643	0,414
10	SN-10	34	2,247	5,048
11	SN-11	29,3	-2,453	6,019
12	SN-12	30,77	-0,983	0,967
13	SN-13	34,67	2,917	8,507
14	SN-14	31,11	-0,643	0,414
15	SN-15	29,53	-2,223	4,943
Jumlah				138,564

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{rt})^2}{(n - 1)}}$$

$$Sd \text{ Normal} = \sqrt{\frac{138,564}{(15 - 1)}}$$

$$Sd \text{ Normal} = 3,146$$

$$S^2 \text{ Normal} = 9,897$$

Tabel 4.14

Perhitungan Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton Onyx

No	Kode	X	X <sub>rt</sub>	X-X <sub>rt</sub>	(X-X <sub>rt</sub> ) <sup>2</sup>
1	SO-1	26,42		0,305	0,093
2	SO-2	23,08		-3,035	9,213
3	SO-3	28,45		2,335	5,451
4	SO-4	23,93		-2,185	4,776
5	SO-5	28,06		1,945	3,782
6	SO-6	25,4		-0,715	0,512
7	SO-7	27,38	26,1153	1,265	1,599
8	SO-8	23,36		-2,755	7,592
9	SO-9	26,08		-0,035	0,001
10	SO-10	27,49		1,375	1,890
11	SO-11	24,61		-1,505	2,266
12	SO-12	26,36		0,245	0,060
13	SO-13	30,49		4,375	19,138

14	SO-14	23,98	-2,135	4,560
15	SO-15	26,64	0,525	0,275
Jumlah				61,207

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{rt})^2}{(n - 1)}}$$

$$Sd_{Onyx} = \sqrt{\frac{61,207}{(15 - 1)}}$$

$$Sd_{Onyx} = 2,091$$

$$S^2_{Onyx} = 4,372$$

Tabel 4.15

*Perbandingan Nilai Onyx dan Normal*

Dicari	Onyx	Normal
Jumlah sampel (n)	15	15
Rata - rata (x)	26,115	31,753
Simpangan baku (Sd)	2,091	3,146
Varians (S <sup>2</sup> )	4,372	9,897

$$F_{hitung} = \frac{S^2_{Onyx}}{S^2_{Normal}}$$

$$F_{hitung} = \frac{4,372}{9,897}$$

$$F_{hitung} = 0,44172$$

$$F_{0,05(14,14)} = 2,48$$

F hit < F tab , Ho diterima kedua Variasi homogen

**Perhitungan Uji T**

$$S = \sqrt{\frac{(n1 - 1)S1^2 + (n2 - 1)S2^2}{n1 + n2 - 2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(15 - 1)4,372 + (15 - 1)9,897}{15 + 15 - 2}}$$

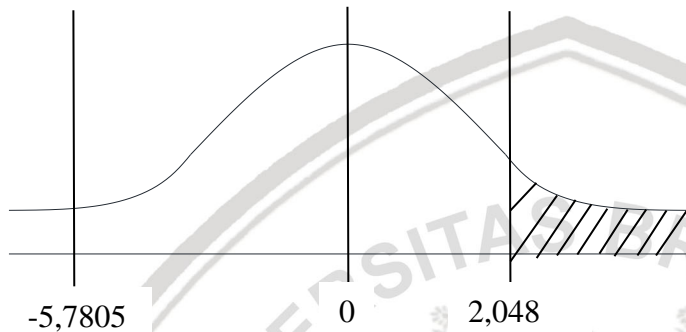
$$S = 2,67108$$

$$T_{hit} = \frac{x_1 - x_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$T_{hit} = \frac{26,115 - 31,753}{2,67108 \sqrt{\frac{1}{15} + \frac{1}{15}}}$$

$$T_{hit} = -5,7805$$

$$T_{tabel} T_{0,05 (28)} = 2,048$$



Gambar 4.4 Distribusi T satu arah uji tekan

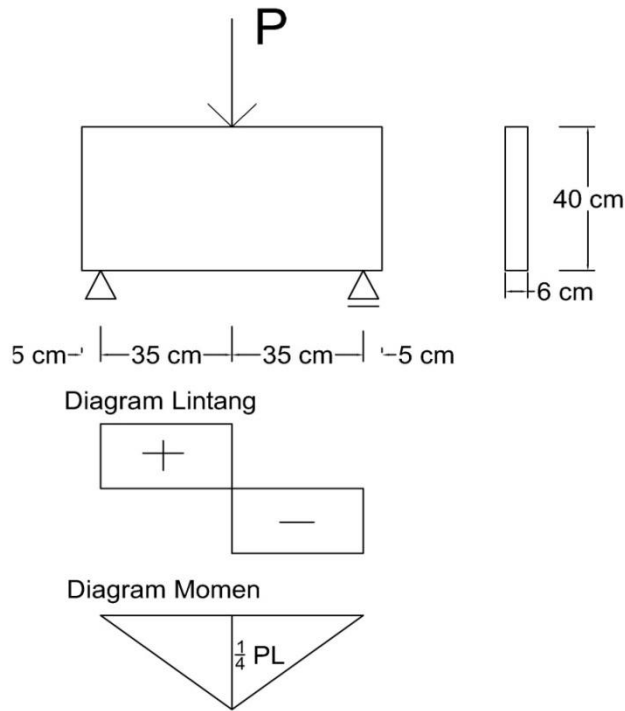
Nilai T hitung tidak berada pada daerah penolakan sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa  $H_0$  diterima, kuat tekan beton *onyx* tidak lebih besar daripada kuat tekan beton normal.

#### 4.5 Analisis Perhitungan Beban Maksimum Panel Beton (P) Teoritis

##### 4.5.1 Model pembebanan struktur

Sebelum melakukan analisis perhitungan beban maksimum ( $P_u$ ) secara teoritis perlu dilakukan pemodelan struktur terlebih dahulu. Panel ditumpu oleh dua tumpuan yaitu sendi-rol. Pembebanan dilakukan seperti pada Gambar 4.5 berikut :





Gambar 4.5 Model pembebanan struktur

**4.5.2 Analisis beban P maksimum**

- Panjang Panel (L) = 80 cm
- Lebar Panel (b) = 6 cm
- Tinggi Panel (h) = 40 cm

**1. Perhitungan P teoritis panel normal**

$$\sigma = 0,7\sqrt{f'c}$$

$$\sigma = 0,7\sqrt{32}$$

$$\sigma = 3,9598 \text{ MPa}$$

$$= 395979,8 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

$$M = \frac{\sigma I}{y}$$

$$M = \frac{395979,8 \times \frac{1}{12} \times 0,06 \times 0,4^3}{0,2}$$

$$M = \frac{1}{4} PL$$

$$P_u = 4 \times \frac{633,57}{0,7}$$

$$P_u = 3620,4 \text{ kg}$$

**2. Perhitungan P teoritis panel *onyx***

$$\sigma = 0,7\sqrt{f'_c}$$

$$\sigma = 0,7\sqrt{32}$$

$$\sigma = 3,9598 \text{ MPa}$$

$$= 395979,8 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = \frac{M_y}{I}$$

$$M = \frac{\sigma I}{y}$$

$$M = \frac{395979,8 \times \frac{1}{12} \times 0,06 \times 0,4^3}{0,2}$$

$$M = 633,57 \text{ kgm}$$

$$M = \frac{1}{4} PL$$

$$P_u = 4 \times 633,57 / 0,7$$

$$= 3620,4 \text{ kg}$$

Tabel 4.16

*Hasil Perhitungan Teoritis Kapasitas Lentur Panel Beton*

Tipe Agregat	P teoritis (kg)	P pengujian (kg)	Perbandingan Selisih (%)
Kerikil	3620,4	3880	7,17
Batu <i>Onyx</i>	3620,4	3680	1,64

**4.6 Pengujian Panel Beton**

Pengujian kuat lentur panel beton dilakukan dengan menggunakan satu beban terpusat di tengah bentang. Panel berdimensi 80 x 40 x 6 cm yang telah berumur 28 hari dipersiapkan dan diletakkan diatas tumpuan. Kemudian dilakukan *setting* alat-alat pengujian.

Pengujian kuat lentur panel beton agregat kerikil dan agregat batu *onyx* sebelumnya telah dilakukan. Kuat lentur (momen lentur) rata-rata panel beton agregat kerikil yaitu sebesar 679

kgm dan kuat lentur (momen lentur) rata-rata panel beton agregat batu *onyx* yaitu sebesar 644 kgm. Hal ini menunjukkan bahwa kuat lentur (momen lentur) panel beton agregat kerikil lebih besar daripada agregat batu *onyx* dan persentase perbandingan diantara keduanya yaitu 5,15%.

#### 4.6.1 Kuat lentur panel beton

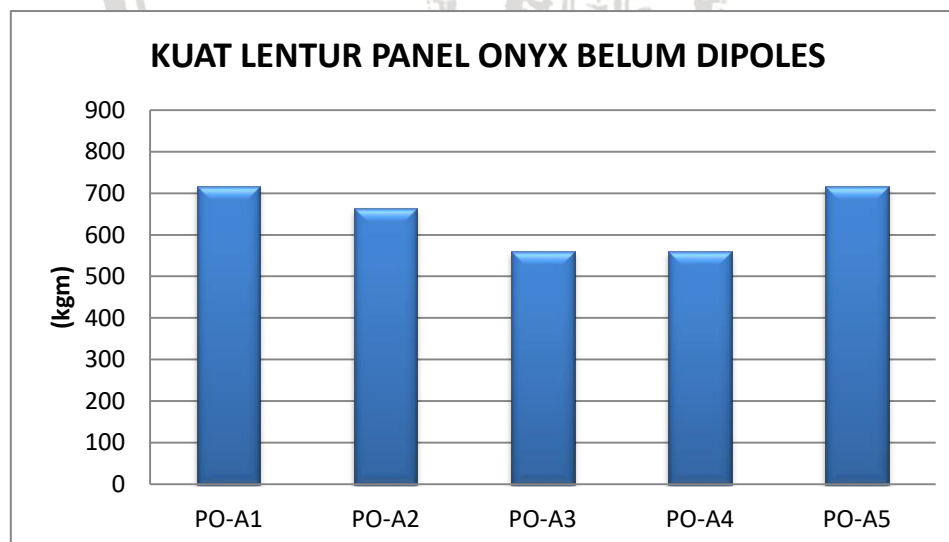
Nilai kuat lentur antara agregat kasar batu *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles diperlihatkan pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

Tabel 4.17

*Kuat Lentur Panel Beton Agregat Limbah Batu Onyx Belum Dipoles*

No	Kode Sampel	Beban Maksimum (kg)	Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Kuat Lentur (Momen Lentur) Rata-rata (kgm)	Kuat Lentur (Momen Lentur) Teoritis (kgm)	Persentase (%)
1	PO-A1	4100	717,5			
2	PO-A2	3800	665			
3	PO-A3	3200	560	644	633,57	1,62%
4	PO-A4	3200	560			
5	PO-A5	4100	717,5			
<b>Beban Maks Rata-rata</b>		<b>3680</b>				

Berikut adalah perbandingan kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles dengan 5 benda uji, dapat dilihat pada Gambar 4.6.



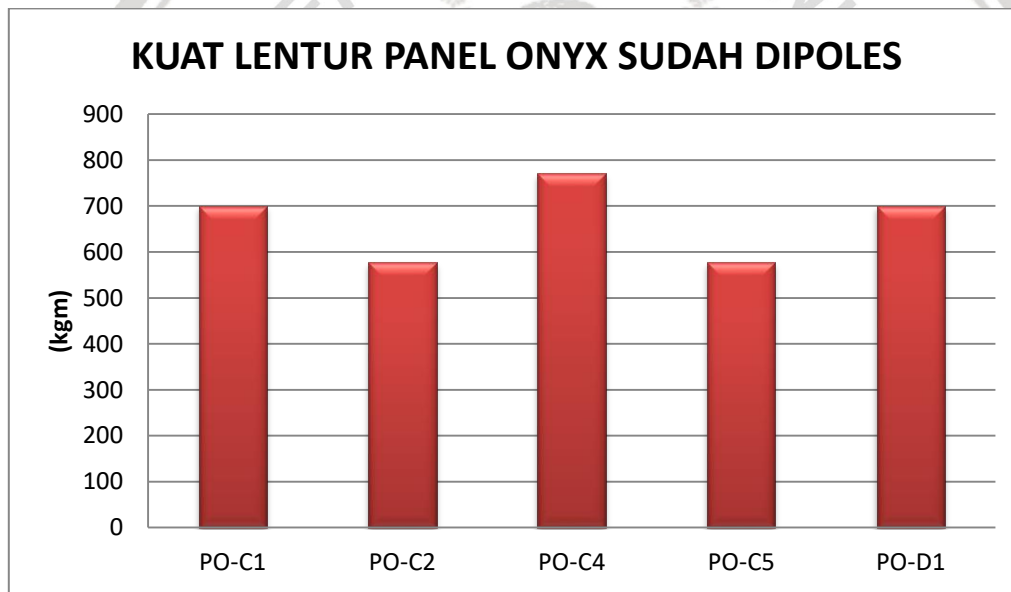
Gambar 4.6 Grafik kuat lentur panel beton agregat limbah batu *onyx*

Tabel. 4.18.

Kuat Lentur Panel Beton Agregat Limbah Batu Onyx Sudah Dipoles

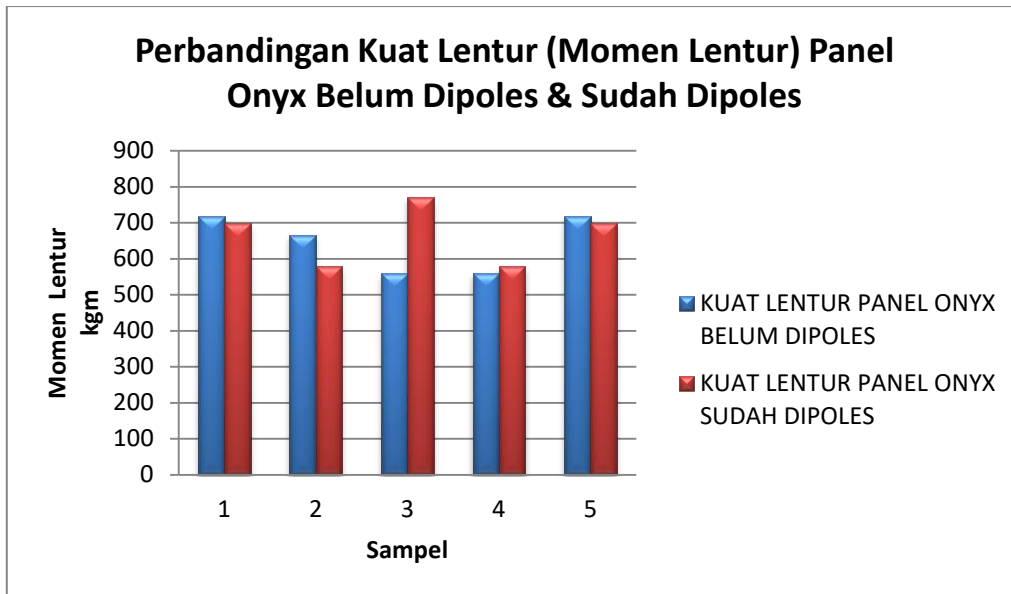
No	Kode Sampel	Beban Maksimum (kg)	Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Kuat Lentur (Momen Lentur) Rata-rata (kgm)	Kuat Lentur (Momen Lentur) Teoritis (kgm)	Persentase (%)
1	PO-C1	4000	700			
2	PO-C2	3300	577,5			
3	PO-C4	4400	770	665	633,57	4,73%
4	PO-C5	3300	577,5			
5	PO-D1	4000	700			
<b>Beban Maks Rata-rata</b>		<b>3800</b>				

Berikut adalah perbandingan kuat lentur panel *onyx* sudah dipoles dengan 5 benda uji, dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik kuat lentur panel beton agregat limbah batu *onyx* setelah dipoles

Berikut adalah perbandingan kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* yang belum dipoles dan sudah dipoles, dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles

Persentase perbandingan hasil pengujian kuat (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19

Persentase Kuat Lentur (Momen Lentur) Panel *Onyx* Sebelum dan Sesudah Dipoles

No	Panel <i>Onyx</i> Belum Dipoles		Panel <i>Onyx</i> Sudah Dipoles		Persentase (%)
	Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Rata-rata Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Rata-rata Kuat Lentur (momen lentur) (kgm)	
1	717,5		700		
2	665		577,5		
3	560	644	770	665	3,261%
4	560		577,5		
5	717,5		700		

Dari data tabel diatas didapatkan persentase perbandingan antara kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles yaitu sebesar 3,261% , dengan rata-rata kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles yaitu 644 kgm dan rata-rata kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* sudah dipoles yaitu 665 kgm.

Dari data yang dihasilkan terdapat 1 (satu) sampel data yang tidak valid, yaitu sampel nomor 3 (tiga) dengan nilai kuat lentur (momen lentur) 560 kgm untuk panel *onyx* belum dipoles dan 770 kgm untuk panel *onyx* sudah dipoles. Dari data tersebut sampel nomor 3 (tiga) memiliki selisih nilai kuat lentur yang besar, sehingga sangat berpengaruh terhadap perhitungan rata-rata kuat lentur dan persentasenya. Oleh karena itu, untuk analisis selanjutnya sampel nomor 3 (tiga) tidak diikuti sertakan dalam perhitungan.

Persentase perbandingan hasil pengujian kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20

*Persentase Kuat Lentur Panel Onyx Belum Dipoles dan Sudah Dipoles*

No	Panel Onyx Belum Dipoles		Panel Onyx Sudah Dipoles		Rata-rata Persentase (%)
	Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Rata-rata Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	Rata-rata Kuat Lentur (Momen Lentur) (kgm)	
1	717,5		700		
2	665		577,5		
3	560	665	577,5	638,75	3,947%
4	717,5		700		

Dari data tabel diatas didapatkan persentase perbandingan antara kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles yaitu sebesar 3,947% , dengan rata-rata kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* belum dipoles yaitu 665 kgm dan rata-rata kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* sudah dipoles yaitu 638,75 kgm.

#### 4.7 Uji Hipotesis

Dari hasil pengujian, dilakukan uji T untuk mengetahui apakah hipotesis awal dapat diterima atau ditolak. Berikut adalah hipotesis dalama penelitian ini :

H0 = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kuat lentur (momen lentur) panel beton *onyx* sebelum dan sesudah dipoles.

H1 = Hipotesis awal yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kuat lentur (momen lentur) panel beton *onyx* sebelum dan sesudah dipoles.

**Kriteria pengujian :**

Tolak Ho apabila harga Thitung sama atau lebih besar dari harga T tabel.

**Uji Homogenitas**

Hipotesis : Ho=  $X1 \geq X2$  Kedua varians homogen

Ha=  $X1 < X2$  Kedua varian tidak homogen (heterogen)

**Uji F (Perhitungan Nilai F)**

Tolak Ho apabila harga Fhitung (Fo) sama atau lebih besar dari harga Ftabel ( $F(\alpha)(n1-1, n2-1)$ ).

Perhitungan diawali dengan menghitung rata-rata kuat lentur panel beton *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan Tabel 4.22. Kemudian dibandingkan nilai hasil perhitungan antara panel beton *onyx* belum dipoles dan sudah dipoles (Tabel 4.23). Dari hasil perhitungan tersebut, dilakukan uji F dan Uji T yang kemudian diplotkan pada gambar distribusi T (Gambar 4.9) untuk akhirnya dapat ditarik kesimpulan.

Tabel 4.21

*Perhitungan Rata-rata Kuat Lentur (Momen Lentur) Panel Beton Onyx Belum Dipoles*

No	Kode Sampel	Beban Maksimum (kg)	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt) <sup>2</sup>
1	PO-A1	4100	717,5		52,50	2756,25
2	PO-A2	3800	665	665	0,00	0,00
3	PO-A4	3200	560		-105,00	11025,00
4	PO-A5	4100	717,5		52,50	2756,25
Jumlah						16537,50

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - Xrt)^2}{(n - 1)}}$$

$$Sd \text{ Onyx} = \sqrt{\frac{16537,50}{(4 - 1)}}$$

$$Sd \text{ Onyx} = 74,246$$

$$S^2 = 5512,5$$

Tabel 4.22

*Perhitungan Rata-rata Kuat Lentur (Momen Lentur) Panel Beton Onyx Sudah Dipoles*

No	Kode Sampel	Beban Maksimum (kg)	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt)^2
1	PO-C1	4000	700		61,25	3751,56
2	PO-C2	3300	577,5	638,75	-61,25	3751,56
3	PO-C5	3300	577,5		-61,25	3751,56
4	PO-D1	4000	700		61,25	3751,56
Jumlah						15006,25

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(X - Xrt)^2}{(n - 1)}}$$

$$Sd \text{ Onyx poles} = \sqrt{\frac{15006,25}{(4 - 1)}}$$

$$Sd \text{ Onyx poles} = 70,725$$

$$S^2 = 5002,083$$

Tabel 4.23

*Perbandingan Nilai Onyx Belum Dipoles dan Sudah Dipoles*

Dicari	Onyx belum dipoles	Onyx sudah dipoles
Jumlah sampel (n)	4	4
Rata - rata (x)	665	638,75
Simpangan baku (Sd)	74,2462	70,7254
Varians (S <sup>2</sup> )	5512,5	5002,083



$$F \text{ hitung} = \frac{S^2 \text{Onyx belum dipoles}}{S^2 \text{Onyx sudah dipoles}}$$

$$F \text{ hitung} = \frac{5512,5}{5002,083}$$

$$F \text{ hitung} = 1,102$$

$$F_{0,05(3,3)} = 9,28$$

F hit < F tab , Ho diterima kedua Variasi homogen

**Perhitungan Uji T**

$$S = \sqrt{\frac{(n1 - 1)S1^2 + (n2 - 1)S2^2}{n1 + n2 - 2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(4 - 1)5512,5 + (4 - 1)5002,083}{4 + 4 - 2}}$$

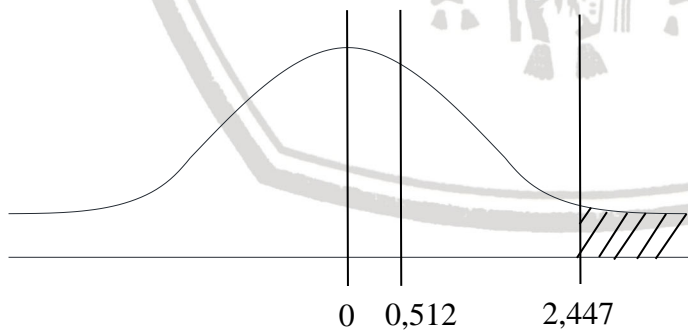
$$S = 72,507$$

$$T \text{ hit} = \frac{x1 - x2}{s \sqrt{\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2}}}$$

$$T \text{ hit} = \frac{665 - 638,75}{72,507 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}}}$$

$$T \text{ hit} = 0,512$$

$$T \text{ tabel } T_{0,05(6)} = 2,447$$



Gambar 4.9 Distribusi T satu arah uji kuat lentur

Nilai T hitung tidak berada pada daerah penolakan sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa  $H_0$  diterima, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kuat lentur panel beton *onyx* sebelum dan sesudah dipoles.

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan mengenai proses *finishing* terhadap kuat lentur dinding panel beton *onyx* sebagai berikut :

1. Hasil pengujian didapatkan persentase perbandingan antara kuat tekan beton agregat kerikil dan *onyx* yaitu sebesar 17,75%, dengan nilai rata-rata kuat tekan beton agregat kerikil yaitu sebesar 31,75 MPa, sedangkan nilai rata-rata kuat tekan beton agregat limbah batu *onyx* yaitu sebesar 26,11 MPa.
2. Persentase perbandingan antara kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* sebelum dipoles dan sesudah dipoles yaitu sebesar 3,947%, dengan rata-rata kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* sebelum dipoles yaitu 665 kgm dan rata-rata kuat lentur (momen lentur) panel *onyx* sesudah dipoles yaitu 638,75 kgm.
3. Proses *finishing* atau penggosokan pada panel beton *onyx* aman dan layak dilakukan karena dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan yang dihasilkan terdapat perbedaan akan tetapi tidak terlalu jauh.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh proses *finishing* terhadap kuat lentur dinding panel beton *onyx*, maka terdapat saran untuk pembaca dan dapat digunakan pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Perlunya ketelitian terhadap komposisi material dan pencampuran beton serta pada saat pengujian di laboratorium untuk mencapai hasil yang maksimal dan mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan.
2. Penelitian lebih lanjut agar dapat dilakukan dan diaplikasikan ke struktur lainnya seperti pelat lantai dan kolom. Karena proses finishing dengan cara penggosokan beton dapat menambah nilai estetika dan tidak perlu melakukan proses *finishing* yang begitu rumit

seperti memlamir dan mengecat serta kekuatan beton yang dihasilkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara beton yang digosok dan tidak digosok.

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*



## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Candra. 2010. *Pengaruh penggunaan limbah pasir onyx sebagai bahan pengganti pasir pada kuat lentur, rembesan dan penyerapan air genteng beton* : Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Amri, Syafei, (2005), *Teknologi Beton A – Z*, John Hi – Tech Idetema, Jakarta
- Annisa, A.N. and Setyowati, E.W., 2016. *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tarik Belah Beton*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 1(1), pp.30.
- Arel, Hasan Sahan. 2016. *Recyclability of waste marble in concrete production*. Faculty of architecture, Izmir University, Turkey: Journal El Sevier
- ASTM C.33 – 03, 2002, *Standard Spesification for Concrete Aggregates*, Annual Books of ASTM Satndards, USA
- Dzakwan, Achmad Yusar., Wisnumurti., Edhi Wahyuni S. 2018. *Pengaruh limbah batu onyx pengganti agregat kasar beton terhadap lendutan (Defleksi) balok beton bertulang* : Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Endarto, danang. 2005. *Pengantar geologi dasar*, Surakarta.
- Hatta, M.N., 2006. *Uji Kuat Lentur Dinding Panel Hardflex dan Styrofoam Dengan Tulangan Bambu* : Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hebhoub, H., Aoun, H., Belachia, M., Houari, H., Ghorbel, E., 2011. *Use of waste marble aggregates in concrete*. Constr. Build. Mater.
- Khosemde, Aisah Nurandilah, Edhy Wahyuni Setyowati, dan Wisnumurti. 2016. *Pengaruh penggunaan limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton terhadap porositas beton* : Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Mahpudin, Hafid. 2016. *Tinjauan kuat tekan dan kuat lentur dinding panel dari beton ringan dengan perkuatan diagonal tulangan bamboo* : Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Marble Institute of America. 2016. *Marble and Onyx*. Ohio. An except from the dimension stone design manual version VIII.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit Andi

- Nasional, Badan Standarisasi. 1996. *SNI 03-4154-1996 Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung*, Bandung.
- Nasional, Badan Standarisasi. 2000. *SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN, Jakarta.
- Nasional, Badan Standarisasi. 2002. *SNI 07-2052-2002 Baja Tulangan Beton*.
- Nasional, Badan Standarisasi. 2002. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. BSN, Bandung.
- Nasional, Badan Standarisasi. 2004. *SNI 15-0302-2004 Semen Portland Pozolan*. BSN, Jakarta.
- Nasional, Badan Standarisasi. 2013. *SNI 03-2847-2013 Standar Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
- Nawy, Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Penerbit PT. Refika Aditama
- Raya, Beta Taufiq., Setyowati, E.W., dan Retno Anggraini. 2016. *Pengaruh penggunaan limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton terhadap kuat lentur beton* : Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Rahmawati P, Dhita Rizi. 2016. *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton* : Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Segui , William T. 2007. *Steel Design*. University of Memphis : Penerbit Chris Carson
- Setyowati, E.W., Soehardjono, A., dan Wisnumurti. 2017. *Concrete with onyx waste as aesthetically valued structural concrete*. AIP Conference Proceedings 1887.
- Suprayitno, Eka Fajar. 2018. *Pengaruh Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Beton Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang*: Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.
- Susilowati, D., Saputro, I.N. and Nurhidayati, A., 2013. *Pengaruh Penggunaan Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Lentur Dan Berat Jenis Beton Normal Dengan Metode Mix Design*. *Pendidikan Teknik Bangunan*, 2(2).
- Undang-undang Republik Indonesia. 1997. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*.

# LAMPIRAN





LAMPIRAN 1

DATA PENGUJIAN MATERIAL PEMBUATAN BETON NORMAL DAN ONYX

Tabel L 1.1

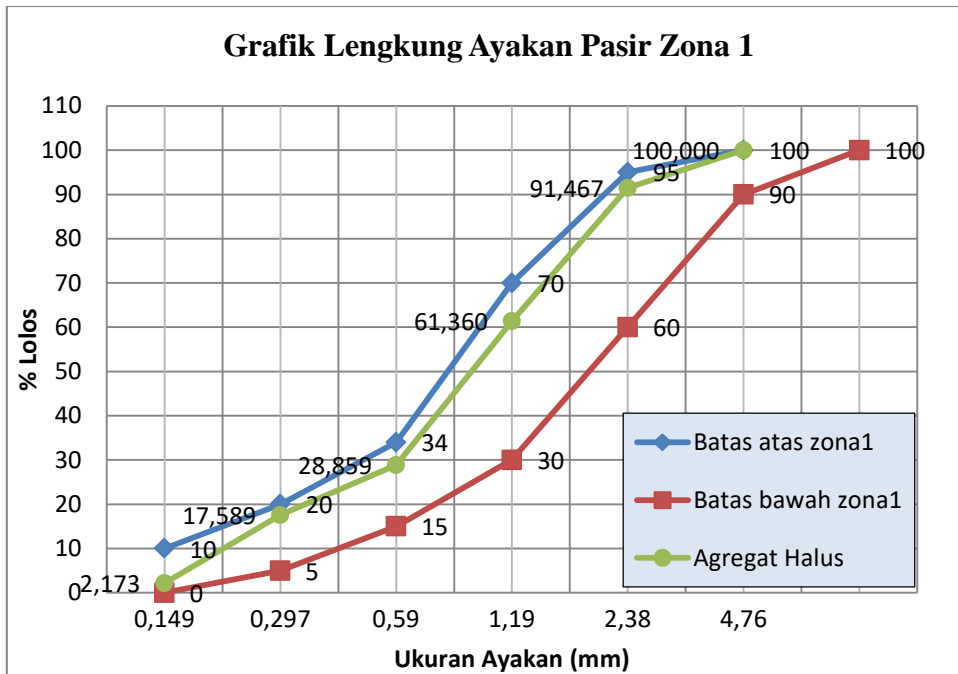
Analisis Gradasi Agregat Halus

Lubang Saringan		Pasir		%Kumulatif	
no	mm	Tertinggal gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	-
2.5"	63,5	-	-	-	-
2"	50,8	-	-	-	-
1.5"	38,1	-	-	-	-
1"	25,4	-	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-	-
1/2"	12,7	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	100
4	4,76	16,8	1,690	1,690	98,310
8	2,38	68,00	6,842	8,533	91,467
16	1,19	299,2	30,107	38,640	61,360
20	0,59	323	32,502	71,141	28,859
50	0,297	112	11,270	82,411	17,589
100	0,149	153,2	15,416	97,827	2,173
200	0,075	17,2	1,731	99,557	0,443
Pan		4,4	0,443	100,000	0,000
Σ =		993,8	100	300,241	

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/8" \text{ sampai no } 100}{100}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus pasir} &= \frac{300,241}{100} \\ &= 3,0024 \end{aligned}$$





Gambar L 1.1 Grafik lenngkung ayakan pasir

Tabel L 1.2

Kadar Air Agregat Halus

Nomor Contoh		1	
Nomor Talam		A	B
1	Berat Talam + Contoh basah (gr)	58,8	67
2	Berat Talam + Contoh kering (gr)	56	64
3	Berat Air = (1)-(2) (gr)	2,8	3
4	Berat Talam (gr)	4	5,2
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4) (gr)	52	58,8
6	Kadar Air = (3)/(5) (%)	5,385	5,102
7	Kadar Air rata-rata (%)	5,243	

Tabel L 1.3

*Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus*

1	Berat takaran	(gr)	1632	1632
2	Berat takaran + air	(gr)	4756,6	4756,6
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3124,6	3124,6
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	3124,6	3124,6
	<b>CARA</b>		<b>SHOVELED</b>	<b>RODDED</b>
5	Berat Takaran	(gr)	1632	1632
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	5700	6400
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4068	4768
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1,3019	1,5260
9	Berat isi agregat halus pakai	(gr/cc)	1,526	

Tabel 1.4

*Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*

NOMOR CONTOH			A	B
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500	(gr)	500	500
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	497	496
Berat benda uji dalam air	B	(gr)	712,8	658,4
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pd suhu kamar)	Bt	(gr)	1022	1008,6

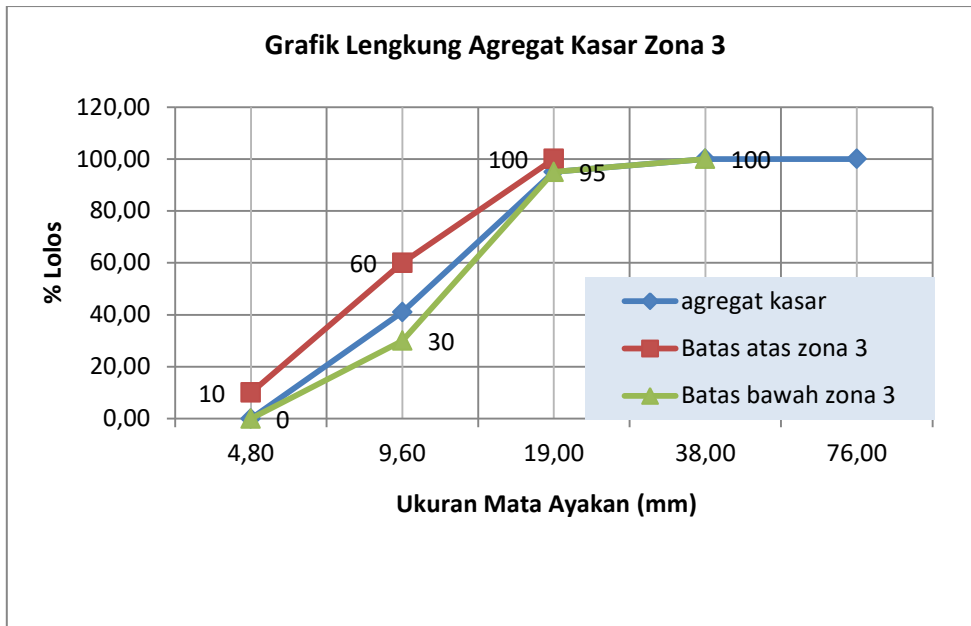
NOMOR CONTOH		A	B	Rata - rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(B+500-Bt)$	2,605	3,311	2,958
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$500/(B+500-Bt)$	2,621	3,338	2,979
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	2,646	3,402	3,024
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk)/Bk \times 100\%$	0,604	0,806	0,705

Tabel 1.5

*Analisis Gradasi Agregat Kasar Normal*

Lubang Saringan		KERIKIL			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
0.75"	19,1	500,00	5,00	5,00	95,00
0.5"	12,7	4500,00	45,00	50,00	50,00
0.375"	9,5	900,00	9,00	59,00	41,00
4	4,76	4100,00	41,00	100,00	0,00
8	2,38	0,00	0,00	100,00	-
16	1,19	-	-	100,00	-
20	0,85	-	-	100,00	-
50	0,297	-	-	100,00	-
100	0,149	-	-	100,00	-
200	0,075	-	-	100,00	-
Pan		-	-	100,00	-
Σ =		10000	100,0	664,00	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus agregat kasar} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/4" + 3/8" \text{ sampai no } 100}{100} \\
 &= \frac{664}{100} \\
 &= 6,64
 \end{aligned}$$



Gambar L 1.2 Grafik lenngkung ayakan agregat kasar normal

Tabel L 1.6

*Kadar Air Agregat Kasar Normal*

Nomor Talam		A	B
1	Berat Talam + Contoh basah (gr)	110,4	98,8
2	Berat Talam + Contoh kering (gr)	109,6	97,6
3	Berat Air = (1)-(2) (gr)	0,8	1,2
4	Berat Talam (gr)	7,2	6,8
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4) (gr)	102,4	90,8
6	Kadar Air = (3)/(5) (%)	0,7813	1,3216
7	Kadar Air rata-rata (%)	1,05142	

Tabel L 1.7

*Pemeriksaan Berat Isi Agregat Normal*

1	Berat takaran (gr)	1632	1632
2	Berat takaran + air (gr)	4756,6	4756,6
3	Berat air = (2)-(1) (gr)	3124,6	3124,6
4	Volume air = (3)/(1) (cc)	3125	3124,6
	<b>CARA</b>	<b>SHOVELED</b>	<b>RODDED</b>
5	Berat Takaran (gr)	1632	1632
6	Berat takaran + benda uji (gr)	6150	6800
7	Berat benda uji = (6)-(5) (gr)	4518	5168
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4) (gr/cc)	1,4459	1,6540

9	Berat isi agregat halus pakai	(gr/cc)	1,65
---	-------------------------------	---------	------

Tabel L 1.8

*Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Nomal*

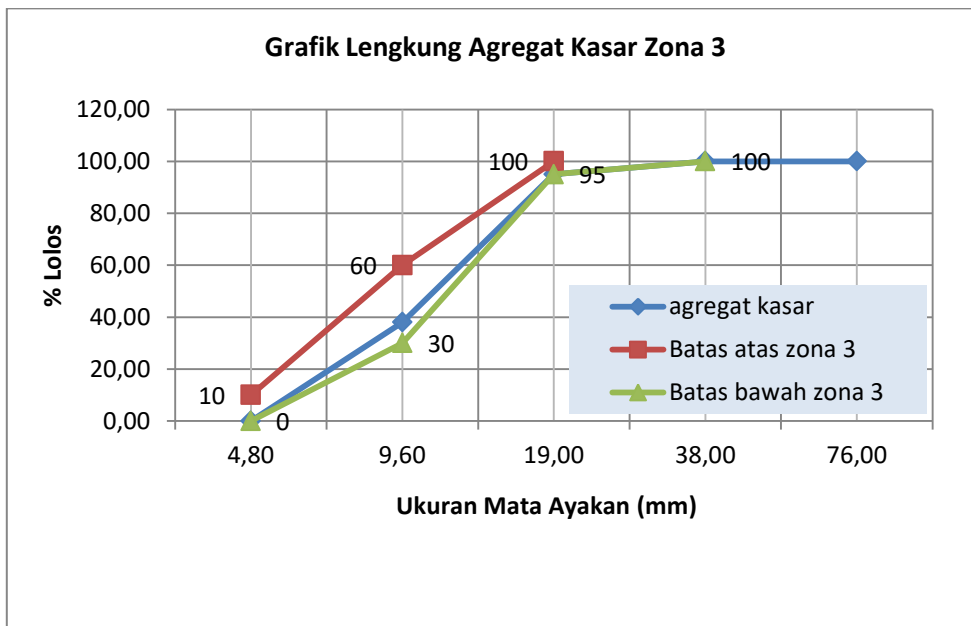
Nomor Contoh			A	B
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	1000,2	999,2
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	992,6	991,2
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	622,5	620

Nomor Contoh		A	B	Rata - Rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2,628	2,614	2,621
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2,648	2,635	2,642
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2,682	2,670	2,676
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	0,766	0,807	0,786

Tabel 1.9 Analisis Gradasi Agregat Onyx

Lubang Saringan		ONYX			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
0.75"	19,1	500,00	5,00	5,00	95,00
0.375"	9,5	5700,00	57,00	62,00	38,00
4	4,76	3800,00	38,00	100,00	0,00
8	2,38	0,00	0,00	100,00	-
16	1,19	-	-	100,00	-
20	0,85	-	-	100,00	-
50	0,297	-	-	100,00	-
100	0,149	-	-	100,00	-
200	0,075	-	-	100,00	-
Pan		-	-	100,00	-
Σ =		10000	100,0	667,00	

$$\begin{aligned} \text{Modulus halus agregat kasar} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/4'' + 3/8'' \text{ sampai no } 100}{100} \\ &= \frac{667}{100} \\ &= 6,67 \end{aligned}$$



Gambar L 1.3 Grafik lengkung ayakan agregat onyx

Tabel L 1.10

Pemeriksaan Kadar Air Agregat Onyx

Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	120,2	117,4
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	120,11	117,23
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	0,09	0,17
4	Berat Talam	(gr)	6,8	7,2
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	113,31	110,03
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0,079	0,155
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0,117	

Tabel L 1.11

*Pemeriksaan Berat Isi Agregat Onyx*

1	Berat takaran	(gr)	1632	1632
2	Berat takaran + air	(gr)	4756,6	4756,6
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3124,6	3124,6
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	3125	3124,6
	<b>CARA</b>		<b>SHOVELED</b>	<b>RODDED</b>
5	Berat Takaran	(gr)	1632	1632
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6000	6550
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4368	4918
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1,3979	1,5740
9	Berat isi agregat halus pakai	(gr/cc)	1,57	

Tabel L. 12

*Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Onyx*

Nomor Contoh			A	B
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	1001,8	1001,8
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	998,6	999
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	622	625

Nomor Contoh		A	B	Rata - Rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2,629	2,651	2,640
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2,638	2,659	2,648
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2,652	2,671	2,661
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	0,320	0,280	0,300

Tabel L 1.13

Perencanaan Mix Desain

NO	URAIAN	AGREGAT ONYX		AGREGAT KERIKIL	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 HR, 5%)	20	MPa	20	MPa
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai Tambah (Margin)	12	MPa	12	MPa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	32	MPa	32	MPa
5	Jenis Semen	PPC		PPC	
6	Jenis Agregat Kasar	Batu Onyx		Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Pasir Lumajang		Pasir Lumajang	
7	Faktor Air semen Bebas	0,4		0,4	
8	Faktor air semen Maksimum	0,6		0,6	
9	Slump	60 - 180 mm		60 - 180 mm	
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	20	mm
11	Kadar Air Bebas	205	kg/m <sup>3</sup>	205	kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	512,5	kg/m <sup>3</sup>	512,5	kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah Semen Maksimum	-		-	
14	Jumlah Semen Minimum	275	kg/m <sup>3</sup>	275	kg/m <sup>3</sup>
15	FAS yg disesuaikan	-		-	
16	Susunan besar butir agregat halus	Zona 1		Zona 1	
17	Persen agregat halus	0,44		0,44	
18	Berat jenis relatif agregat (SSD)	2,794	kg/m <sup>3</sup>	2,790	kg/m <sup>3</sup>
19	Berat isi beton	2310	kg/m <sup>3</sup>	2360	kg/m <sup>3</sup>
20	Kadar agregat gabungan	1592,5	kg/m <sup>3</sup>	1642,5	kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar agregat halus	700,7	kg/m <sup>3</sup>	722,7	kg/m <sup>3</sup>



22	Kadar agregat kasar	891,8	kg/m <sup>3</sup>	919,8	kg/m <sup>3</sup>
----	---------------------	-------	-------------------	-------	-------------------

Perencanaan campuran (Mix design) bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis pengujian.

1. Kuat tekan karakteristik yang ditetapkan yaitu 20 MPa untuk umur 28 hari
2. Deviasi standar diabaikan karena data lapangan tidak tersedia sebelumnya atau data lapangan kurang dari 15 buah maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari  $f_{cr} = f'_{cr} + 12$  MPa
3. Nilai tambah kuat tekan sebesar 12 MPa sesuai dengan rumus, karena tidak ada data lapangan sebelumnya
4. Kuat tekan target  $f_{cr} = f'_{cr} + 12 = 20 + 12 = 32$  MPa
5. Jenis semen ditetapkan yaitu PPC (Portland Pozolan Cement)
6. Jenis agregat ditetapkan:
  - Agregat kasar untuk beton normal yaitu : batu pecah malang
  - Agregat kasar untuk beton onyx yaitu : pecahan limbah batu onyx
  - Agregat halus yaitu pasir lumajang
7. Faktor Air Semen bebas ditetapkan yaitu 0,4
8. Faktor air semen maksimum, dalam hal ini ditetapkan 0,6 sesuai tabel 4 pada SNI-03-2834-2000 untuk beton di dalam ruangan keadaan keliling non-korosif.
9. Slump ditetapkan setinggi 60-180 mm
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan yaitu 20 mm (dilihat dari ukuran butiran maksimum pada analisa gradasi ayakan).
11. Kadar air bebas adalah 205 kg/m<sup>3</sup> dari ( perhitungan  $1/2W_h + 1/3W_k$  )
12. Kadar semen =  $\frac{\text{kadar air bebas}}{\text{faktor air semen bebas}} = \frac{205}{0,4} = 512,5$  kg/m<sup>3</sup>
13. Jumlah semen minimum yaitu 275 kg/m<sup>3</sup> tabel 4 pada SNI-03-2834-2000 untuk beton di dalam ruangan keadaan keliling non-korosif.
14. Susunan butur agregat halus dari hasil analisis ayakan yaitu masuk zona 1

15. Persentase agregat halus (bahan yang lebih halus dari 4,8 mm), ditentukan pada grafik 13-15 atau grafik 14 untuk kelompok butir agregat maksimum 20 mm pada nilai slump 60-180 mm dan nilai faktor air semen bebas 0,4. Nilai yang dapat diambil persen agregat halus sebesar 0.44 (44%)
16. Berat isi relatif agregat, ini adalah berat jenis gabungan, artinya gabungan agregat halus dan kasar. Ditentukan dengan rumus berikut:

$$BJ = (\text{persentase agregat halus}) \times (\text{berat jenis agregat halus}) + (\text{persentase agregat kasar}) \times (\text{berat jenis agregat kasar})$$

$$\begin{aligned} BJ \text{ agregat batu pecah normal} &= (0,44 \times 2,979) + (0,56 \times 2,642) \\ &= 2,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BJ \text{ agregat limbah batu onyx} &= (0,44 \times 2,979) + (0,56 \times 2,648) \\ &= 2,794 \end{aligned}$$

17. Berat isi beton, diperoleh dari grafik 16 dengan cara membuat grafik linier baru yang sesuai dengan berat isi relatif gabungan untuk agregat normal yaitu sebesar 2,79 kg/m<sup>3</sup>. Titik potong grafik baru ini sesuai dengan garis tegak lurus yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 205 kg/cm<sup>3</sup>), menunjukkan berat isi beton yang dicari yaitu 2360 kg/m<sup>3</sup>.
18. Dan untuk berat isi relatif gabungan untuk agregat limbah batu onyx yaitu sebesar 2,794 kg/m<sup>3</sup>. Titik potong grafik baru ini sesuai dengan garis tegak lurus yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 205 kg/cm<sup>3</sup>), menunjukkan berat isi beton yang dicari yaitu 2310 kg/m<sup>3</sup>.
19. Kadar agregat gabungan dengan agregat batu pecah normal adalah berat isi beton dikurangi kadar air bebas dikurangi kadar semen = 2360 – 205 – 512,5 = 1642,5 kg/m<sup>3</sup>.
20. Kadar agregat gabungan dengan agregat limbah batu onyx adalah berat isi beton dikurangi kadar air bebas dikurangi kadar semen = 2310 – 205 – 512,5 = 1592,5 kg/m<sup>3</sup>.
21. Kadar agregat halus beton normal = persen agregat halus x agregat gabungan  

$$= 44 \% \times 1642,5$$
  

$$= 722,7 \text{ kg/m}^3$$
22. Kadar agregat halus beton onyx = persen agregat halus x agregat gabungan

$$= 44 \% \times 1592,5$$

$$= 700,7 \text{ kg/m}^3$$

23. Kadar agregat kasar beton normal = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus

$$= 1642,5 - 722,7$$

$$= 919,8 \text{ kg/m}^3$$

24. Kadar agregat kasar beton normal = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus

$$= 1592,5 - 700,7$$

$$= 891,8 \text{ kg/m}^3$$

Tabel L 1.14

*Kebutuhan Campuran Beton Normal*

Banyaknya Bahan	Semen	Air	Pasir	Kerikil
	( kg )	( kg/lt )	( kg )	( kg )
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,50	205	722,700	919,800
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,50	72,27	91,98
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,50	216,85	717,984	912,664
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,69	71,80	91,27
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1,00	0,40	1,41	1,79
Proporsi (Aktual)	1,00	0,42	1,40	1,78

Tabel L 1.14

*Kebutuhan Campuran Beton Onyx*

Banyaknya Bahan	Semen	Air	Pasir	Onyx
	( kg )	( kg/lt )	( kg )	( kg )
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,50	205	700,700	891,800
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,50	70,07	89,18
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,50	212,24	696,127	889,132
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,22	69,61	88,91
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1,00	0,40	1,37	1,74
Proporsi (Aktual)	1,00	0,41	1,36	1,73

## LAMPIRAN 2

## DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Tabel L 2.1

*Uji Kuat Tekan Beton Normal*

No	Kode Beton	Beban (kN)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (MPa)
1	SN-1	537	12,56	176,79	30,38	31,75
2	SN-2	548	12,43		31,00	
3	SN-3	694	12,9		39,26	
4	SN-4	467	12,94		26,42	
5	SN-5	534	12,65		30,21	
6	SN-6	577	12,8		32,64	
7	SN-7	637	12,69		36,03	
8	SN-8	528	12,78		29,87	
9	SN-9	550	12,94		31,11	
10	SN-10	601	12,84		34,00	
11	SN-11	518	12,56		29,30	
12	SN-12	544	12,75		30,77	
13	SN-13	613	12,7		34,67	
14	SN-14	550	12,62		31,11	
15	SN-15	522	12,92		29,53	

Tabel L 2.2

*Uji Kuat Tekan Beton Onyx*

No	Kode Beton	Beban (kN)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (MPa)
1	SO-1	467	12,68	176,79	26,42	26,11
2	SO-2	408	12,61		23,08	
3	SO-3	503	12,83		28,45	
4	SO-4	423	12,7		23,93	
5	SO-5	496	12,75		28,06	
6	SO-6	449	12,81		25,40	
7	SO-7	484	12,85		27,38	
8	SO-8	413	12,92		23,36	
9	SO-9	461	12,78		26,08	
10	SO-10	486	12,61		27,49	
11	SO-11	435	12,82		24,61	
12	SO-12	466	12,63		26,36	
13	SO-13	539	12,79		30,49	
14	SO-14	424	12,78		23,98	
15	SO-15	471	12,81		26,64	

## LAMPIRAN 3

## DATA PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA

Tabel L 3.1

*Pengujian Kuat Tarik Baja Ø6 mm*

Nama Pengukuran	Rata-				Satuan
	Ø 6-1	Ø 6-2	Ø 6-3	rata	
Diameter	6,00	5,99	5,95	5,98	mm
Panjang Awal	200	200	200	200	mm
Berat	221,50	221,00	218,00	220,167	gr/mm
Luas Awal	28,25	28,18	27,80	28,0773	mm <sup>2</sup>
Beban Leleh	6	6	6	6	KN
Pertambahan Panjang Leleh	5	5	5	5	mm
Beban Putus	8	8	8	8	KN
Pertambahan Panjang Putus	50	47,5	55	50,8333	mm
Py	6000	6000	6000	6000	N
εy	2,5	2,5	2,5	2,5	%
fy	212,41	212,89	215,82	213,706	MPa
Pu	8000	8000	8000	8000	N
εu	25,0000	23,7500	27,5000	25,4167	%
fu	283,21	283,85	287,76	284,942	MPa

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*







## LAMPIRAN 4

### DOKUMENTASI PENELITIAN



*Gambar L 4.1* Pada saat survei di Tulungagung



*Gambar L 4.2* Limbah batu *onyx* di desa gamping, Kabupaten Tulungagung



Gambar L 4.3 Pengayakan agregat *onyx*



Gambar L 4.4 mengoven agregat *onyx* untuk memeriksa kadar air



Gambar L 4.5 Perendaman *onyx* untuk memeriksa berat jenis dan penyerapan air



Gambar L 4.6 Penimbangan agregat



Gambar L 4.7 Pemeriksaan berat isi agregat halus



Gambar L 4.8 Pengayakan agregat kerikil



Gambar L 4.9 Uji tarik tulangan baja



Gambar L 4.10 Penimbangan air untuk *mix design*



Gambar L 4.11 Penimbangan semen PPC



Gambar L 4.12 Pengecoran beton



Gambar L 4.13 Uji slump



Gambar L 4.14 Memasukkan campuran ke bekisting



Gambar L 4.15 Benda uji silimnder



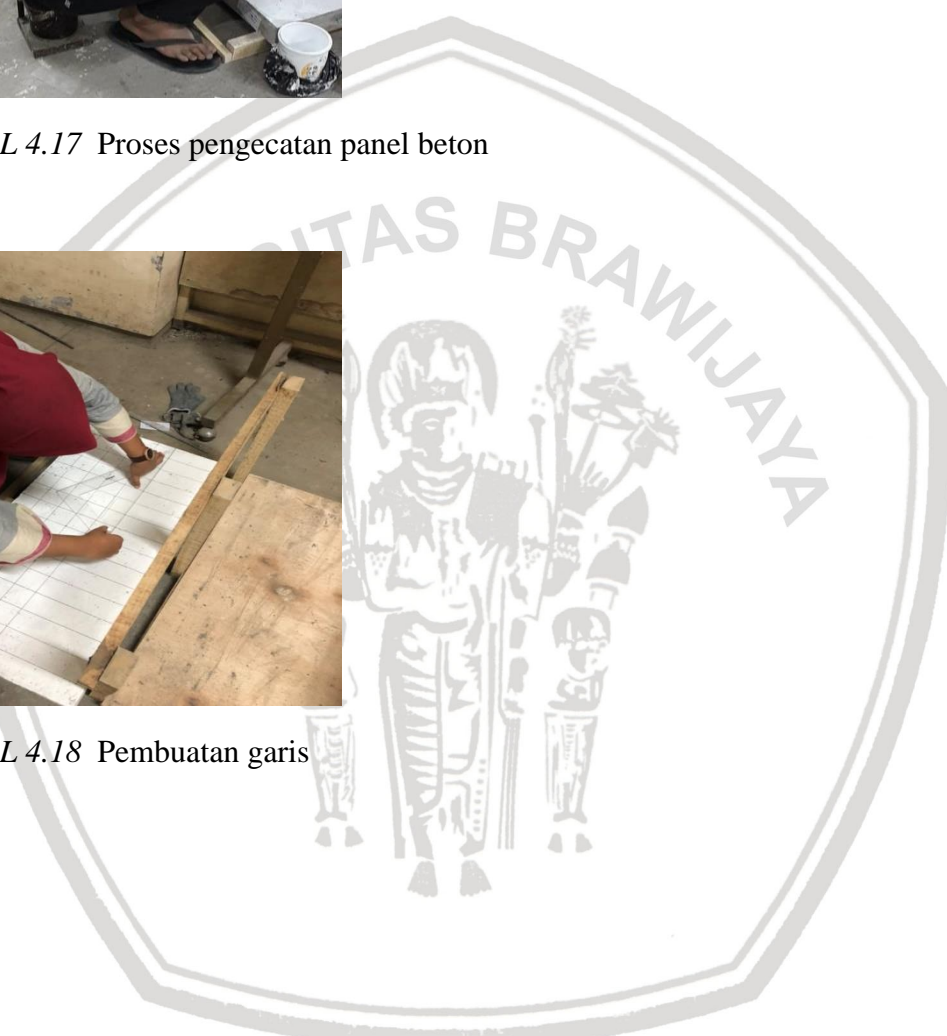
Gambar L 6.16 Uji kuat tekan silinder



Gambar L 4.17 Proses pengecatan panel beton



Gambar L 4.18 Pembuatan garis







Gambar L 4.19 Pemasangan alat



Gambar L 4.20 Pembebanan pada panel



Gambar L 4.21 Alat poles



Gambar L 4.22 Proses pemolesan panel



Gambar L 4.23 Pembebanan panel *onyx*



Gambar L 4.24 Pemberian beban dengan menggunakan *hydraulic jack*



Gambar L 4.25 Hasil poles panel onyx dari dekat



Gambar L 4.26 Hasil poles panel onyx dari jauh



Gambar L 4.27 Hasil poles panel onyx





Gambar L 4.28 Hasil poles panel onyx



Gambar L 4.29 Hasil poles panel onyx

