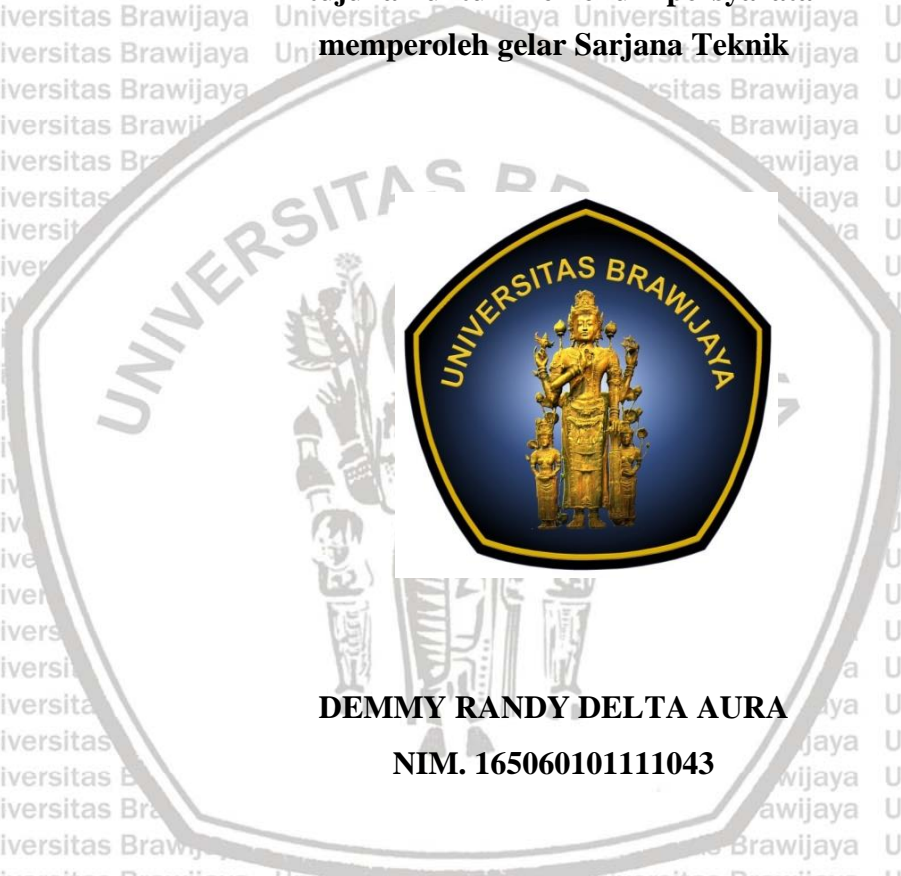


**PENGARUH PEMBEBANAN LATERAL TERHADAP RETAK PADA
DAERAH BADAN SUSUNAN PANEL BETON LIMBAH BATU ONYX
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

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



**DEMMY RANDY DELTA AURA
NIM. 165060101111043**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2021**



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PEMBEBANAN LATERAL TERHADAP RETAK PADA
DAERAH BADAN SUSUNAN PANEL BETON LIMBAH BATU ONYX
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



DEMMY RANDY DELTA AURA

NIM. 165060101111043

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 22 Juni 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Edhi Wahjuni Setyowati, MT

NIP. 19570616 198601 2 001

Dr. Ir. Wisnumurti, MT

NIP. 19641207 199002 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Ir. Indradi Wijatmiko, ST. M.Eng (Prac.)

NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH PEMBEBANAN LATERAL TERHADAP RETAK PADA DAERAH BADAN SUSUNAN PANEL BETON LIMBAH BATU ONYX MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT

Nama Mahasiswa : Demmy Randy Delta Aura

NIM : 165060101111043

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI

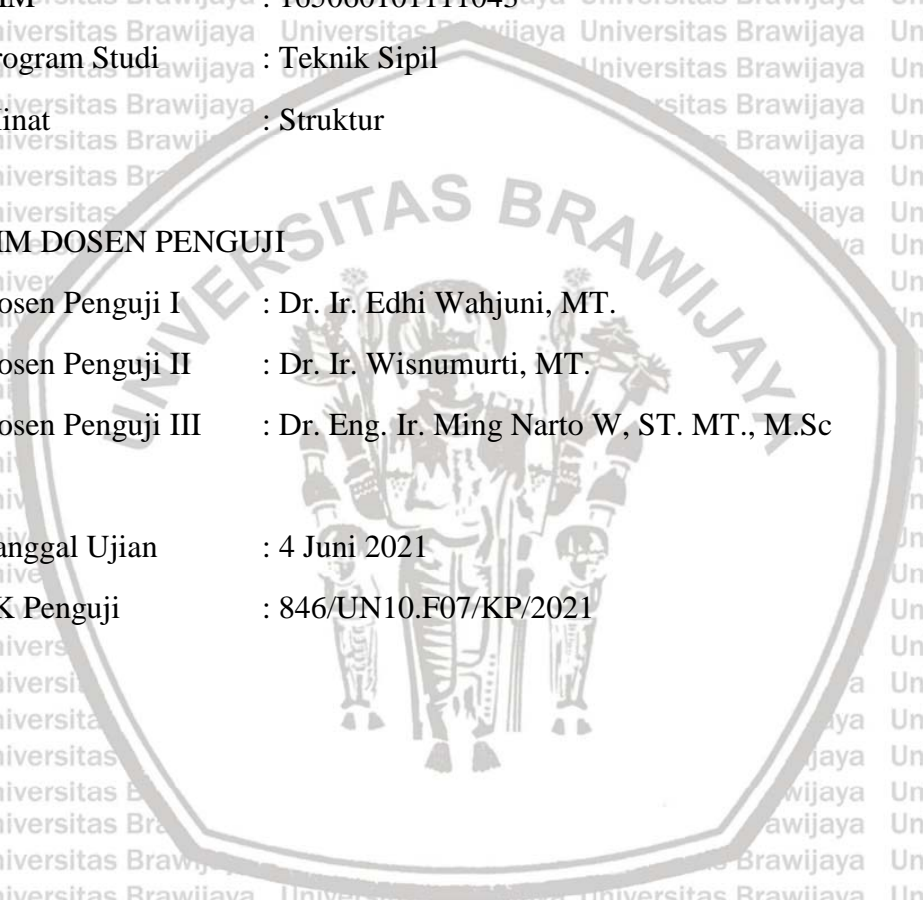
Dosen Penguji I : Dr. Ir. Edhi Wahjuni, MT.

Dosen Penguji II : Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Dosen Penguji III : Dr. Eng. Ir. Ming Narto W, ST. MT., M.Sc

Tanggal Ujian : 4 Juni 2021

SK Penguji : 846/UN10.F07/KP/2021



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, Januari 2021

Mahasiswa,

Demmy Randy Delta Aura

NIM. 165060101111043

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RIWAYAT HIDUP

Demmy Randy Delta Aura, lahir di Malang pada tanggal 22 Mei 1998. Anak terakhir atau ke 4 dari Bapak Sukandar dan Ibu Susantinah Rahayu. Penulis memulai pendidikan formal sekolah dasar di SD Insan Amanah Malang di tahun 2004 hingga lulus di tahun 2010. Melanjutkan pendidikan ke jenjang berikutnya di MTsN Malang 1 dan lulus di tahun 2013. Penulis mengakhiri predikat siswa di SMA Negeri 5 Malang ditahun 2016. Kemudian melanjutkan studi dan menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya hingga lulus S1 pada tahun 2021.

Selama menjalani masa perkuliahan, penulis cukup aktif dalam kegiatan akademik maupun kepanitiaan. Pernah menjadi asisten tugas besar Perpetaan dan SIG. Selain itu pada kegiatan kepanitiaan seperti Ketua Bidang Humas PROBINMABA 2018, Ketua Bidang Acara Studi Ekskursi 2019, Ketua Pelaksana Civil Fiesta 2019, dan beberapa kepanitiaan lainnya. Penulis juga sebagai Ketua Angkatan 2016 di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Malang, Januari 2021

Penulis

TURNITIN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 010/UN10.F07.11.11/PP/2021

Sertifikat ini diberikan kepada :

DEMMY RANDY D. A.

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH PEMBEBANAN LATERAL TERHADAP RETAK
PADA DAERAH BADAN SUSUNAN PANEL BETON LIMBAH BATU ONYX
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤ 20 %, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 14 Juli 2021



Jurusan Teknik Sipil

Alwafi Pujiatmiko, ST, MT

NIP. 19700829 200012 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Dr. Eng. Indradi Wiatmiko, ST, M.Eng [Prac]

NIP. 19810220 200604 1 002





*Terimakasih kepada Papa, Mama, dan Kakak-kakak saya,
Bapak dan Ibu Dosen,
Serta teman-teman saya sekalian.*



RINGKASAN

Demmy Randy D. A., Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Mei 2021, Pengaruh Pembebanan Lateral Terhadap Retak Pada Daerah Badan Susunan Panel Beton Limbah Batu *Onyx* Menggunakan Sambungan Baut, Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Edhi Wahyuni S., MT. dan Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

Campuran dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen disebut beton. Beton Pracetak adalah salah satu cara pembuatan beton yang diproduksi oleh pabrik. Salah satu contoh beton pracetak adalah Panel Beton. Panel Beton adalah susunan dinding parsial yang dirangkai hingga menjadi dinding. Penggunaan Panel Beton ini mengganti dinding yang terbuat dari batu bata karena menghindari kesalahan teknis pembuatan dinding dan menghindari pekerjaan yang lama. Dalam proses lebih berkembangnya suatu konstruksi. Panel beton normal digantikan oleh panel beton yang agregat kasar digantikan oleh limbah batu *onyx*. Panel beton sendiri merupakan beton pracetak. Karena beton pracetak, pembuatan dinding panel beton agregat batu *onyx* memerlukan sambungan yang kuat agar retak yang terjadi dipanel lebih di minimalisir.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola retak pada badan susunan panel beton dan lebar retak yang terjadi pada badan susunan panel beton akibat perbedaan sambungan baut dengan jenis A307 dengan tebal plat 3 mm. Direncanakan sambungan yang diteliti dengan diameter baut 6 mm, 8mm, dan 10mm dengan susunan panel beton yang satu panel beton memiliki ukuran 80 cm x 40 cm x 6 cm. Pengujian retak dilakukan dengan pemberian beban terpusat arah horizontal dengan bertahap hingga mencapai beban maksimum.

Hasil Penelitian pada retak yang terjadi. Pola retak yang terjadi merupakan pola retak geser-lentur. Retak yang terjadi hanya berada pada bagian bawah badan yang berawal dari tumpuan. Untuk lebar retak yang terjadi rata-rata pada sambungan baut diameter 6 mm memiliki lebar 0,5146 mm, diameter 8 memiliki lebar 0,4966 mm, dan untuk diameter 10 memiliki lebar 0,4397 mm. Dari data ini menunjukkan bahwa semakin besar diameter sambungan maka lebar retak di daerah badan panel yang terjadi semakin kecil.

Kata Kunci : Badan panel dinding beton *onyx*, Retak, sambungan baut

SUMMARY

Demmy Randy Delta Aura, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University. May 2021, Effect of Lateral Loading on Cracks in The Body Area for The Arrangement of Onyx Waste Concrete Panels using Bolted Joints, Supervisor: Dr. Ir. Edhi Wahjuni Setyowati, MT. and Dr. Ir. Wisnumurti, MT.

The mixture of fine aggregate, coarse aggregate, water and cement is called concrete. Precast Concrete is one way of making concrete that is produced by factories. One example of precast concrete is the Concrete Panel. Concrete Panel is an arrangement of partial walls assembled into a wall. The use of this Concrete Panel replaces walls made of bricks because it avoids technical errors in wall making and avoids long work. In the process of further development of a construction. Normal concrete panels are replaced by concrete panels whose coarse aggregate is replaced by waste onyx stone. Concrete panels themselves are precast concrete. Because it is precast concrete, the manufacture of onyx stone aggregate concrete panel walls requires a strong connection so that the cracks that occur in the panels are minimized.

This study aims to determine the pattern of cracks in the body of the concrete panel arrangement and the width of the cracks that occur in the body of the concrete panel arrangement due to differences in bolt connections with type A307 with a plate thickness of 3 mm. It is planned that the examined connections with bolt diameters of 6 mm, 8 mm, and 10 mm are arranged with a concrete panel arrangement of which one concrete panel has a size of 80 cm x 40 cm x 6 cm. Crack testing is carried out by giving a concentrated load in a horizontal direction gradually until it reaches the maximum load.

Research results on the cracks that occur. The crack pattern that occurs is a shear-bending crack pattern. The cracks that occur are only in the lower part of the body starting from the pedestal. The average crack width for bolt connections with a diameter of 6 mm has a width of 0.5146 mm, a diameter of 8 has a width of 0.4966 mm, and a diameter of 10 has a width of 0.4397 mm. This data shows that the larger the connection diameter, the smaller the crack width in the panel body area.

Keywords : *Onyx concrete wall panel body, Crack, bolt connection*



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 PEMBEBANAN LATERAL TERHADAP RETAK PADA DAERAH BADAN SUSUNAN PANEL BETON LIMBAH BATU ONYX MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BAUT” 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. Ir. Siti Nurlina, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Dr. Ir. Edhi Wahyuni Setyowati, MT dan Dr. Ir. Wisnumurti, MT selaku Dosen Pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2. Yang telah memberikan ilmunya dengan sabar dan ikhlas dalam meluangkan waktunya untuk membimbing penulis selama pengerjaan.
5. Dr. Ir. Edhi Wahjuni, MT, Dr. Ir. Wisnumurti, MT dan Ir. Indra Waluyohadi, ST, MT. yang telah memberikan ilmu pada saat penelitian dilaksanakan.
6. Bapak Sukandar dan Ibu Susantinah Rahayu selaku orang tua dari penulis, yang tidak berhenti mendukung, mendoakan, dan telah memberi ilmu pendidikan pertama pada penulis.
7. Kakak-kakak saya Thalitha Alphasasti Georgiana, Diva Leviana Georgiana, dan Rayhandainim Nurgama.
8. TIM PANEL ONYX (Hafidz,Aka,Gibran,Adi,Lembang,Avisena, dan mas Diki S'14) yang telah berjuang dan bekerjasama dari awal sampai akhir menyusun skripsi ini.
9. Teman-teman “Nongki” yang menemani sejak SMA hingga kini walaupun saya jarang berkumpul tetapi selalu mendukung dan menerima keluh kesah saya.
10. Teman-teman “Huru Hara” yang selalu menemani perkuliahan dari mahasiswa baru hingga kini.

11. Gibran Satria, Dwi Yulina, dan Tsabita Imania sebagai teman dalam PKL Bogor yang selalu menemani penulis.

12. Teman penulis Cintya, Laras Atikah, Gabrielle Allena, Anggoro Berkah, Anfasa Tifani, Aryasuta Gilang, Rafdy, Keyin Raditya, Dany Dwitama, Rheza Febrian, Ahmad Fikri, Fakhri Sidik, dan Firman Yudi yang selalu mendukung dari awal penulisan hingga kini.

13. Kelembagaan DPA, HMS, FORSIS periode 2019-2020, dan panitia CIFEST 2019 yang sangat membanggakan.

14. Edina Disa, Brahmantyo, Siti Yusridha, dan Doni sebagai teman yang tidak pernah berkumpul tetapi selalu menyenangkan dan tempat curhat disegala kondisi.

15. Teman-teman Teknik Sipil 2016, yang telah menjadi keluarga saya di Teknik Sipil Universitas Brawijaya dan telah berjuang Bersama sejak mahasiswa baru. Saya merasa terhormat mengenal kalian selama ini.

Saya menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, 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, 21 Mei 2021

Demmy Randy Delta Aura

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	5
2.1 Beton.....	5
2.1.1 Semen.....	5
2.1.2 Agregat Kasar.....	6
2.1.3 Agregat Halus.....	8
2.1.4 Air.....	11
2.1.5 Faktor Air Semen (FAS).....	11
2.2 Limbah Batu Onyx.....	13
2.2.1 Limbah.....	13
2.2.2 Batuan.....	13
2.2.3 Batu Onyx.....	13
2.3 Perencanaan Campuran Beton.....	16
2.4 Dinding Panel Beton.....	17
2.5 Balok Tinggi.....	18
2.6 Sambungan.....	19
2.7 Kuat Tekan Karakteristik Beton.....	21
2.8 Retak.....	22
2.8.1 Retak Dinding.....	22
2.8.2 Pola Retak.....	24
2.8.3 Lebar Retak.....	26
2.9 Pengukuran Lebar Retak pada Dinding Panel beton.....	27

2.10	Hasil Penelitian Sebelumnya.....	27
BAB III.....		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.2	Alat dan Bahan penelitian.....	29
3.2.1	Alat Penelitian.....	29
3.2.2	Bahan Penelitian.....	29
3.3	Analisis Bahan.....	30
3.4	Tahap Penelitian.....	30
3.5	Rancangan Penelitian.....	32
3.6	Persiapan Benda Uji.....	37
3.6.1	Pengujian Kuat Tekan.....	37
3.6.2	Pengujian Lebar dan Pola Retak Panel Beton <i>Onyx</i>	38
3.7	Variabel Penelitian.....	39
3.8	Metode Pengumpulan Data.....	40
3.9	Hipotesis Penelitian.....	40
BAB IV.....		
4.1	Hasil Pengujian Komponen Dasar Campuran Beton.....	41
4.1.1	Semen.....	41
4.1.2	Air.....	41
4.1.3	Agregat Halus.....	41
4.1.4	Agregat Kasar.....	43
4.2	Perancangan Campuran Beton (Mix Design).....	45
4.3	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton.....	47
4.4	Analisis Perhitungan Sambungan Baut.....	49
4.4.1	Pemeriksaan Kekuatan Pelat.....	49
4.4.2	Tahanan Nominal Baut.....	50
4.4.3	Perletakan Baut.....	50
4.5	Analisis Perhitungan Beban Maksimum Panel Beton (P) Teoritis.....	51
4.5.1	Pemodelan struktur.....	51
4.5.2	Analisis beban P maksimum.....	52
4.6	Pengujian Pasangan Panel Beton.....	52
4.6.1	Data pengukuran dimensi aktual panel beton.....	53
4.6.2	Hasil Pengujian Pola Retak.....	53
4.6.3	Hasil Lebar Retak.....	63
BAB V.....		
		71

5.1 Kesimpulan 71

5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 73

LAMPIRAN 75





DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Macam – macam bentuk agregat	6
Gambar 2. 2	Grafik gradasi agregat kasar dengan ukuran maks. 10mm (zona 1).....	7
Gambar 2. 3	Grafik gradasi agregat kasar dengan ukuran maks. 20mm (zona 2).....	8
Gambar 2. 4	Grafik gradasi agregat kasar dengan ukuran maks. 40mm (zona 3).....	8
Gambar 2. 5	Grafik gradasi agregat halus Daerah 1.....	9
Gambar 2. 6	Grafik gradasi agregat halus Daerah 2.....	10
Gambar 2. 7	Grafik gradasi agregat halus Daerah 3.....	10
Gambar 2. 8	Grafik gradasi agregat halus Daerah 4.....	10
Gambar 2. 9	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.	12
Gambar 2. 10	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm.	12
Gambar 2. 11	Batu Onyx.....	15
Gambar 2. 12	Dinding Panel Beton.....	18
Gambar 2. 13	Balok tinggi ($I_n/h < 4$).....	18
Gambar 2. 14	Gambar Map Cracking	22
Gambar 2. 15	Gambar Retak Susut Plastis.....	23
Gambar 2. 16	Gambar Retak Kering	23
Gambar 2. 17	Map Cracking	24
Gambar 2. 18	Retak Lentur	25
Gambar 2. 19	Retak Geser.....	25
Gambar 2. 20	Retak Geser Lentur	25
Gambar 2. 21	Retak Puntir.....	25
Gambar 2. 22	Digital microscope USB	27
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 3. 2	Silinder Beton.....	32
Gambar 3. 3	Dimensi dinding panel beton.....	33
Gambar 3. 4	Susunan dinding panel beton.....	34
Gambar 3. 5	Daerah badan susunan panel beton.....	36
Gambar 3. 6	Setting Pengujian Kuat Tekan	37

Gambar 3. 7 Pengujian Kuat Lentur Panel Beton Onyx.....	38
Gambar 3. 8 Tumpuan tampak depan Panel Beton Onyx.....	38
Gambar 3. 9 Tumpuan tampak samping Panel Beton Onyx.....	39
Gambar 4. 1 Grafik Analisis Gradasi Agregat Halus.....	42
Gambar 4. 2 Grafik Analisis Agregat Kasar Onyx.....	44
Gambar 4. 3 Letak Sambungan Baut.....	51
Gambar 4. 4 Model Pembebanan Struktur.....	51
Gambar 4. 5 Gaya Yang terjadi.....	62
Gambar 4. 6 Diagram Lebar Retak Maksimal Panel sambungan Diameter 6.....	65
Gambar 4. 7 Diagram Lebar Retak Maksimal Panel sambungan Diameter 8.....	65
Gambar 4. 8 Diagram Lebar Retak Maksimal Panel sambungan Diameter 10.....	66
Gambar 4. 9 Diagram Rata-rata Lebar Retak setiap diameter.....	67
Gambar 4. 10 Tegangan Rata-rata pada sambungan.....	68



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Persyaratan Batasan Gradasi untuk Agregat Kasar	7
Tabel 2. 2	Persyaratan Batasan Gradasi Agregat Halus	9
Tabel 2. 3	Unsur yang terkandung pada batu Onyx	11
Tabel 2. 4	Data pengujian limbah batu Onyx	14
Tabel 2. 5	Sifat Mekanik Onyx	15
Tabel 2. 6	Komposisi material beton setiap 1 m ³	15
Tabel 2. 7	Tipe-tipe Baut	16
Tabel 2. 8	Toleransi Lebar Retak Beton	16
Tabel 2. 9	Tipe-tipe baut	19
Tabel 2. 10	Toleransi Lebar Retak Beton	26
Tabel 3. 1	Jumlah Benda Uji Panel Beton Onyx	33
Tabel 3. 2	Volume Benda Uji	34
Tabel 3. 3	Kebutuhan Meterial Benda Uji	35
Tabel 3. 4	Form Pengujian	36
Tabel 3. 5	Variabel Penelitian	39
Tabel 4. 1	Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Halus	42
Tabel 4. 2	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	42
Tabel 4. 3	Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Onyx	44
Tabel 4. 4	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Onyx	45
Tabel 4. 5	Perhitungan <i>Mix Design</i>	46
Tabel 4. 6	Campuran Beton Onyx	47
Tabel 4. 7	Kuat Tekan Silinder Beton Onyx	47
Tabel 4. 8	Perhitungan Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton	48
Tabel 4. 9	Dimensi Aktual Panel Beton Onyx	53
Tabel 4. 10	Pola Retak Tampak Depan I, II, dan III	54
Tabel 4. 11	Pola Retak Tampak Belakang I, II, dan III	55
Tabel 4. 12	Pola Retak Tampak Depan 1, 2, dan 3	56
Tabel 4. 13	Pola Retak Tampak Belakang 1, 2, dan 3	57
Tabel 4. 14	Pola Retak Tampak Depan A, B, dan C	58
Tabel 4. 15	Pola Retak Tampak Belakang A, B, dan C	59

Tabel 4. 16 Beban pada saat terjadi di Diameter 6..... 60

Tabel 4. 17 Beban pada saat terjadi di Diameter 8..... 60

Tabel 4. 18 Beban pada saat terjadi di Diameter 10..... 61

Tabel 4. 19 Data pengujian Lebar Retak..... 63

Tabel 4. 20 Lebar Retak Maksimum dan minimum di Diameter 6..... 64

Tabel 4. 21 Lebar Retak Maksimum dan minimum di Diameter 8..... 64

Tabel 4. 22 Lebar Retak Maksimum dan minimum di Diameter 10..... 64

Tabel 4. 23 Rata-rata Lebar Retak Setiap Diameter..... 66

Tabel 4. 24 Tegangan pada salah satu sambungan panel diameter 6..... 68

Tabel 4. 25 Tegangan pada salah satu sambungan panel diameter 8..... 68

Tabel 4. 26 Tegangan pada salah satu sambungan panel diameter 10..... 68



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Analisa Gradasi Agregat Halus.....	75
Lampiran 2	Analisa Gradasi Agregat Kasar.....	76
Lampiran 3	Kadar air Agregat.....	76
Lampiran 4	Berat Isi.....	77
Lampiran 5	Pengujian Pasangan Panel.....	78
Lampiran 6	Dokumentasi Penelitian.....	89

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dan pertumbuhan ekonomi sebuah negara tidak terlepas dari infrastruktur, tidak terkecuali Indonesia. Maka dari itu, diharuskannya mempercepat dan membuat inovasi pembangunan ekonomi di setiap wilayah. Dalam pembangunan infrastruktur material yang sering digunakan adalah beton.

Campuran dari agregat halus, agregat kasar, air, dan semen adalah beton. Beton Pracetak adalah salah satu cara pembuatan beton yang diproduksi oleh pabrik. Salah satu contoh beton pracetak adalah Panel Beton. Penggunaan Panel Beton ini mengganti dinding yang terbuat dari batu bata karena menghindari kesalahan teknis pembuatan dinding dan menghindari pekerjaan yang lama.

Batu *Onyx* adalah mineral semi mulia alami yang banyak digunakan dalam perhiasan, pengobatan alternatif, sihir, dan bahkan dalam konstruksi (limbah). Batu *onyx* mempunyai struktur atau motif seperti pita paralel. Keunggulan limbah batu *onyx* di bidang konstruksi dapat menambah estetika atau keindahan. Penggunaan limbah batu *onyx* di bidang konstruksi pada umumnya digunakan untuk mengganti agregat kasar berupa kerikil menjadi batu *onyx*.

Retak adalah hancurnya struktur beton yang diakibatkan oleh pemisahan antar material. Pada umumnya, retak pada struktur beton diakibatkan oleh penyusutan beton atau rendahnya gaya tarik. Retak pada beton akan selalu terjadi di setiap beton. Tetapi pola retak yang terjadi bisa dibatasi atau diatur pola retakannya dengan cara mendistribusikan beban ke tulangan karena tulangan mempunyai keunggulan kuat tarik sedangkan beton lemah terhadap kuat tarik. Maka dilakukan penelitian agar mengetahui pola retak yang terjadi pada Daerah Badan Susunan Panel Beton Batu *Onyx* dengan sambungan baut.

1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian bertujuan untuk mengkaji informasi lebih lanjut mengenai retak yang terjadi pada daerah badan susunan dinding panel beton batu *onyx* dengan sambungan baut.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pola retak yang terjadi oleh pembebanan lateral pada daerah badan susunan panel beton batu *onyx* setiap dimensi sambungan baut?
2. Bagaimana lebar retak yang terjadi oleh pembebanan lateral pada daerah badan susunan dinding panel beton batu *onyx* setiap dimensi sambungan baut?

1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan semen PPC merk gresik.
2. Menggunakan agregat kasar limbah batu *onyx* yang diperoleh dari Desa Gamping, Kec. Campur Darat, Kabupaten Tulungagung.
3. Menggunakan agregat halus (pasir) dari Lumajang, Jawa Timur.
4. Menggunakan air PDAM di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
5. Perencanaan *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 0,55.
6. Uji kuat tekan beton menggunakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
7. Pembebanan dilakukan secara lateral.
8. Mengamati dampak yang terjadi akibat pembebanan terhadap lebar dan pola retak pada pabel beton agregat kasar batu *onyx* dengan tiap jenis dimensi sambungan baut.
9. Daerah yang diamati adalah bagian badan susunan panel beton.
10. Baut yang digunakan merupakan baut jenis A305 dengan diameter 6 mm, diameter 8 mm, dan diameter 10 mm ketebalan plat adalah 3 mm.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pola retak yang terjadi oleh pembebanan lateral pada daerah badan susunan panel beton batu *onyx* setiap dimensi sambungan baut.
2. Mengetahui lebar retak yang terjadi oleh pembebanan lateral pada daerah badan susunan dinding panel beton batu *onyx* setiap dimensi sambungan baut.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Memberikan pengetahuan kepada masyarakat terutama di sekitar Desa Gamping, Kec. Campur Darat, Kabupaten Tulungagung mengenai limbah batu *onyx* yang dapat dimanfaatkan untuk agregat kasar dalam pembuatan dinding panel beton.
2. Dapat menerapkan sistem *Green Building* yang ramah lingkungan.
3. Manfaat praktis, mengetahui pola dan lebar retak pada daerah badan susunan dinding panel beton *onyx* dengan sambungan baut.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Campuran antara semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan perbandingan tertentu dengan atau tanpa campuran tambahan disebut beton. Pada beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, agregat sekitar 60%-75% dan pasta semen (semen dan air) 25%-40%.

2.1.1 Semen

Semen merupakan bahan perekat yang berfungsi untuk merekatkan antar material (contoh : agregat kasar dan agregat halus). Seperti pada bangunan rumah antar batu bata direkatkan dengan semen dan bangunan gedung pembuatan betonnya menggunakan semen untuk merekatkan antar agregatnya.

Menurut buku Bahan Bangunan (Hendro Suseno, 2010), semen merupakan bahan yang mempunyai beragam kegunaan pada bangunan teknik sipil baik yang bersifat struktural maupun non struktural seperti :

- a) Bahan baku utama beton sebagai perekat agregat.
- b) Bahan baku produk mortar seperti plesteran, plamir, acian, bata, genteng, pipa, *paving block*, pipa, kolom hias dan lain-lain.
- c) Bahan baku produk semen berserat.
- d) Bahan perbaikan tanah.
- e) Bahan penambal retakan maupun keropos.

Berikut merupakan bahan penyusun semen :

- a) Batu Kapur
- b) Silika
- c) Oksida Besi

Terdapat 5 jenis semen portland, yaitu :

1. Jenis I yaitu tidak memerlukan persyaratan khusus dalam penggunaannya.
2. Jenis II yaitu tahan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III yaitu tahan terhadap kekuatan tinggi pada awal pengikatan.

4. Jenis IV yaitu tahan terhadap kalor hidrasi rendah.

5. Jenis V yaitu tahan terhadap sulfat.

2.1.2 Agregat Kasar

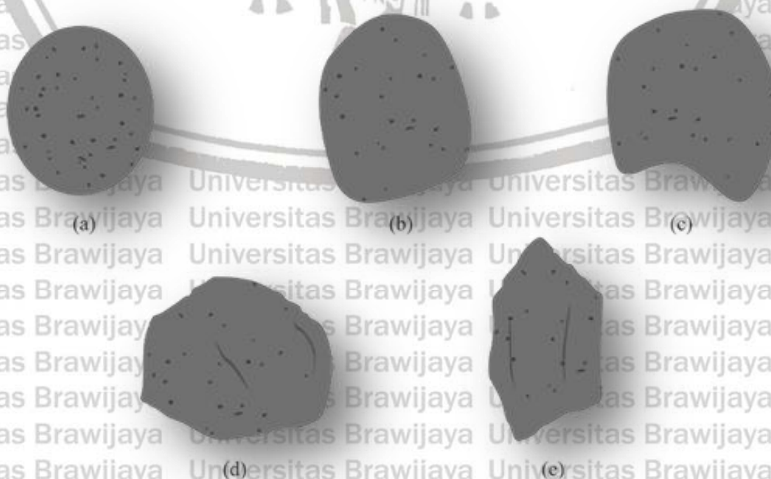
Agregat Kasar merupakan kerikil dengan ukuran antara 4,75 mm sampai 40 mm yang terbentuk dari hasil mengikisan alam atau hasil dari industri dalam bentuk batu pecah. Agregat berfungsi bahan pengisi dan penguat, dan menempati 60% sampai dengan 70% dari volume total beton.

Jenis-jenis agregat kasar, yaitu :

- a) Batu pecah alami yang dikeruk atau digal.
- b) Kerikil alami hasil dari pengikisan air sungai.
- c) Agregat Kasar buatan berupa *slag* atau *shale*.
- d) Agregat untuk beton berat dan pelindung nuklir.

Ukuran dan bentuk dari agregat kasar memiliki beberapa variasi. Berdasarkan klasifikasi dari bentuk-bentuk agregat yaitu:

- a) *Well rounded*: Bentuk asli sudah tidak ada
- b) *Rounded*: Bentuk asli sudah hampir hilang
- c) *Stubrounded*: Permukaan sudah halus tetapi bentuk asli masih tetap ada
- d) *Subangular*: Terdapat permukaan yang halus
- e) *Angular*: Bentuk tidak teratur



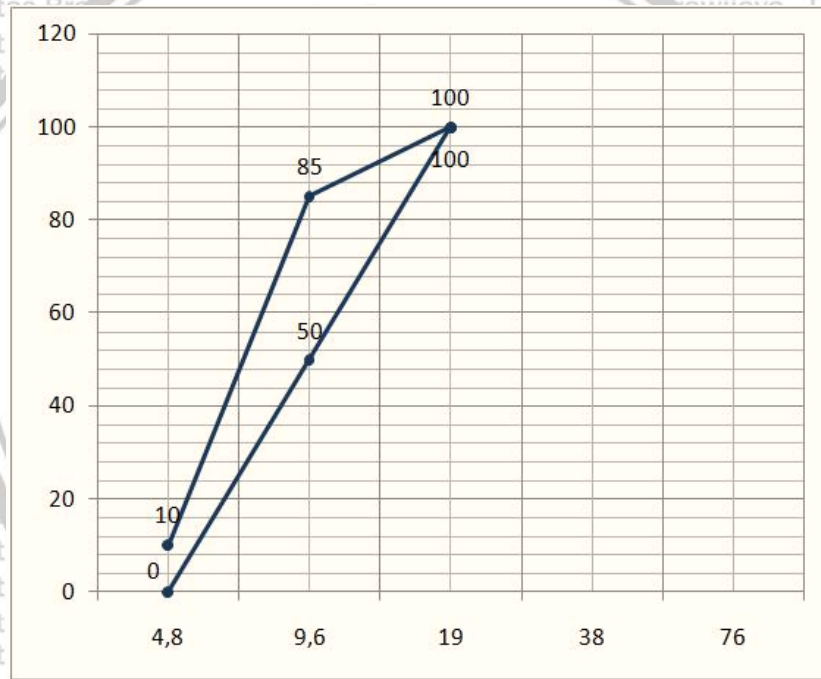
Gambar 2. 1 Macam – macam bentuk agregat

Tabel 2. 1
Persyaratan Batasan Gradasi untuk Agregat Kasar

Lubang saringan (mm)	Persentase berat yang lolos ayakan (mm)		
	38-4,76	19 - 4,76	9,6 - 4,76
38,1	95 - 100	100	
19	37 - 70	95 - 100	100
9,52	0 - 5	30 - 60	50 - 85
4,76	0 - 5	0 - 10	1 - 10

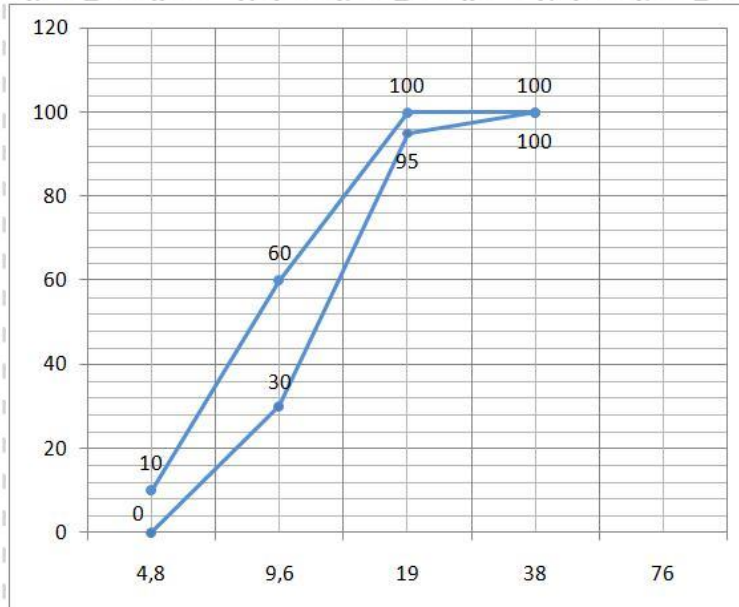
Sumber : SNI 03-2834-2000

Berikut grafik zona gradasi agregat kasar, yaitu :



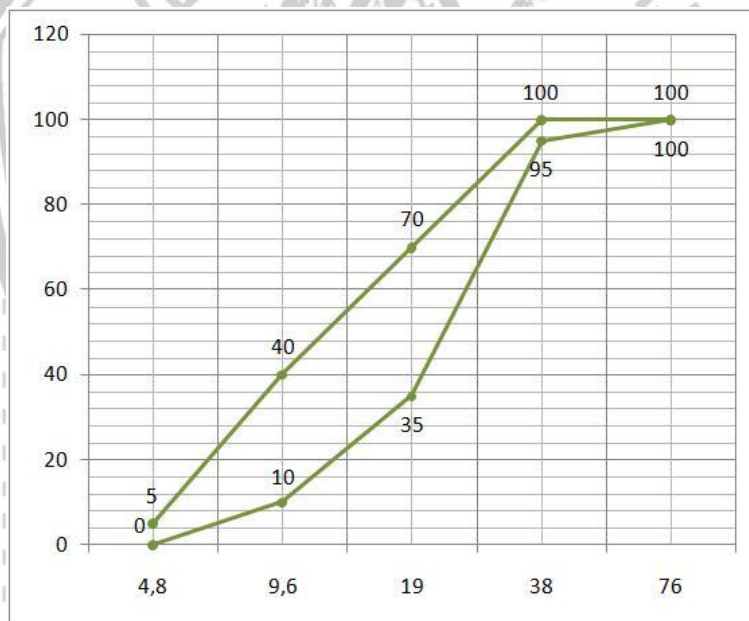
Gambar 2. 2 Grafik gradasi agregat kasar dengan ukuran maks. 10 mm (zona 1)

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2. 3 Grafik gradasi agregat kasar dengan ukuran maks. 20 mm (zona 2)

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 2. 4 Grafik gradasi agregat kasar dengan ukuran maks. 40mm (zona 3)

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.1.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alami hasil pecahan dari batuan alam atau pasir buatan hasil industri yang dibuat oleh alat pemecah batu. Agregat halus merupakan agregat yang lolos ayakan 4,75 mm (SNI 03-6829-2002). Tujuan adanya agregat halus didalam beton adalah agar tidak ada rongga kosong antar agregat kasar

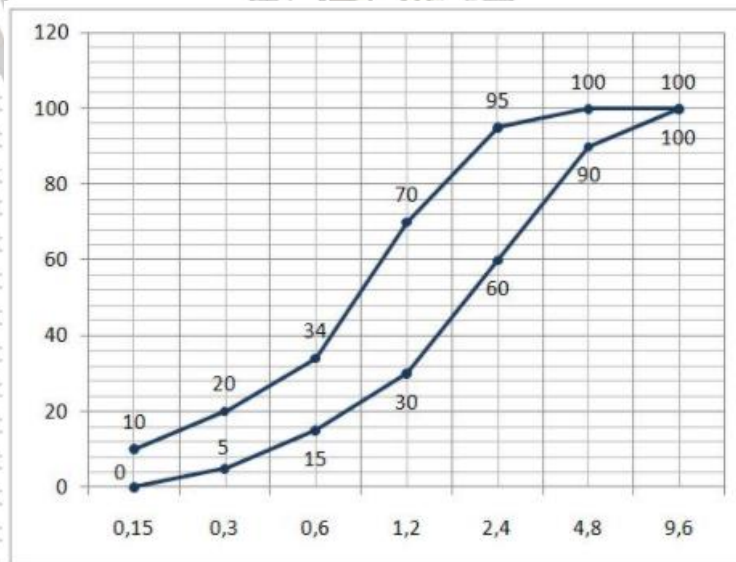
sehingga beton semakin kuat. Terkait syarat batasan gradasi agregat halus, ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2
Persyaratan Batasan gradasi Agregat Halus

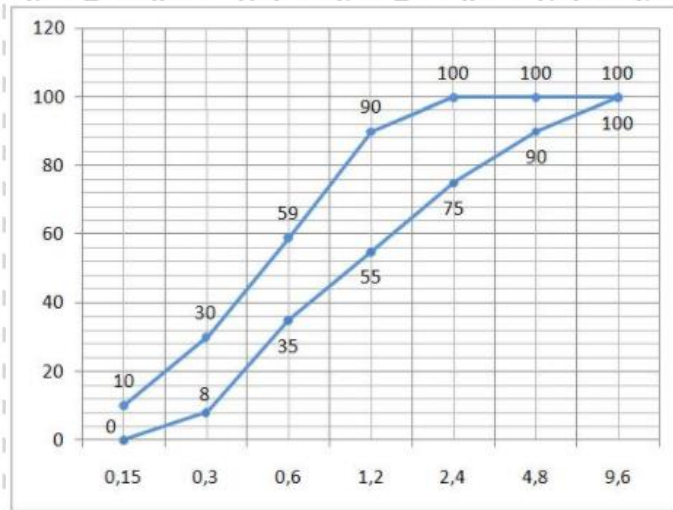
Lubang Saringan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lewat Ayakan			
	No. 1 (Pasir Kasar)	No. 2 (Pasir Sedang)	No. 3 (Pasir Agak Halus)	No. 4 (Pasir Halus)
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI 03-2834-2000

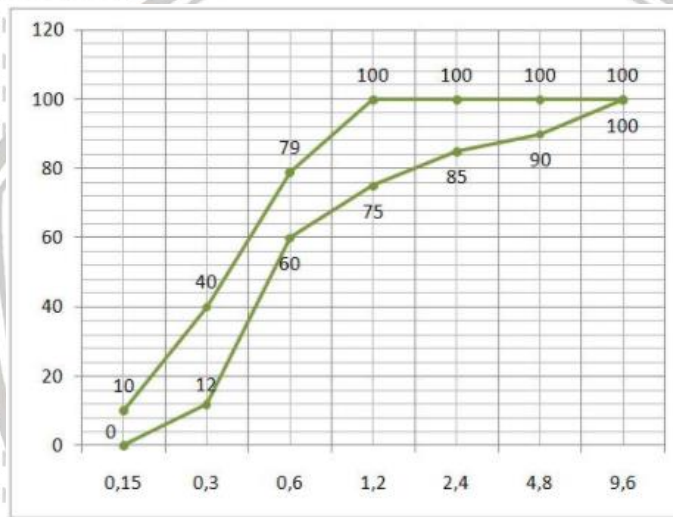
Berdasarkan tabel tersebut, Batas gradasi butiran agregat halus digambarkan dalam grafik berikut : (SNI 03-2834-2000)



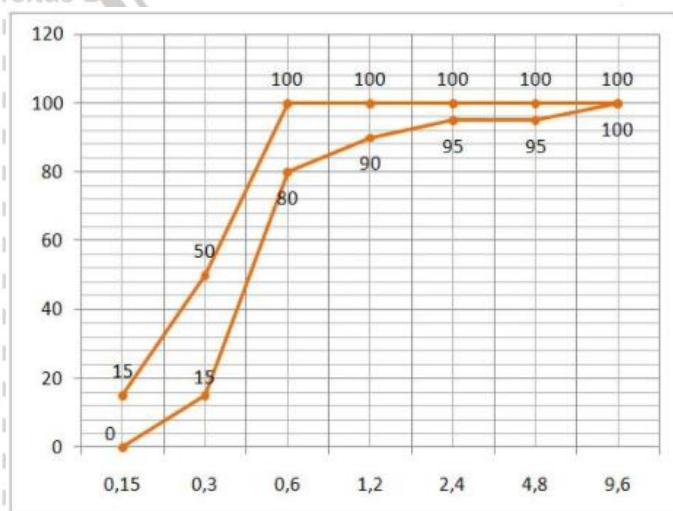
Gambar 2. 5 Grafik gradasi agregat halus zona 1 (pasir kasar)



Gambar 2. 6 Grafik gradasi agregat halus zona 2 (pasir agak kasar)



Gambar 2. 7 Grafik gradasi agregat halus zona 3 (pasir agak halus)



Gambar 2. 8 Grafik gradasi agregat halus zona 4 (pasir halus)

2.1.4 Air

Penggunaan air di beton bertujuan untuk menjadikan adonan supaya waktu air bereaksi dengan semen terjadi reaksi kimiawi yang menyebabkan adanya pengerasan antara semen dan bahan penyusun lainnya. Air yang baik dipakai untuk pembuatan adonan beton merupakan air yang sanggup diminum, karena air yang mengandung zat organik akan menghambat proses pengerasan beton.

2.1.5 Faktor Air Semen (FAS)

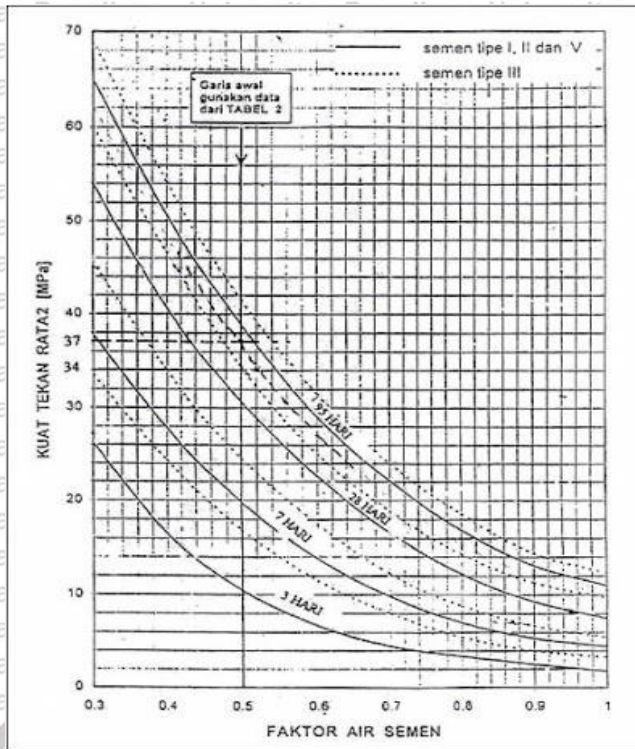
Faktor air semen merupakan perbandingan antara rasio total berat air dengan berat total semen. Menurut SNI-2834-2000 penentuan faktor air semen yang dibutuhkan agar mencapai kuat tekan rencana, yaitu:

1. Hasil penelitian lapangan berdasarkan bahan dan kondisi kerja sangat berhubungan erat dengan kuat tekan beton dan faktor air semen (FAS). Apabila tidak ada hasil penelitian maka digunakan sebagai berikut :

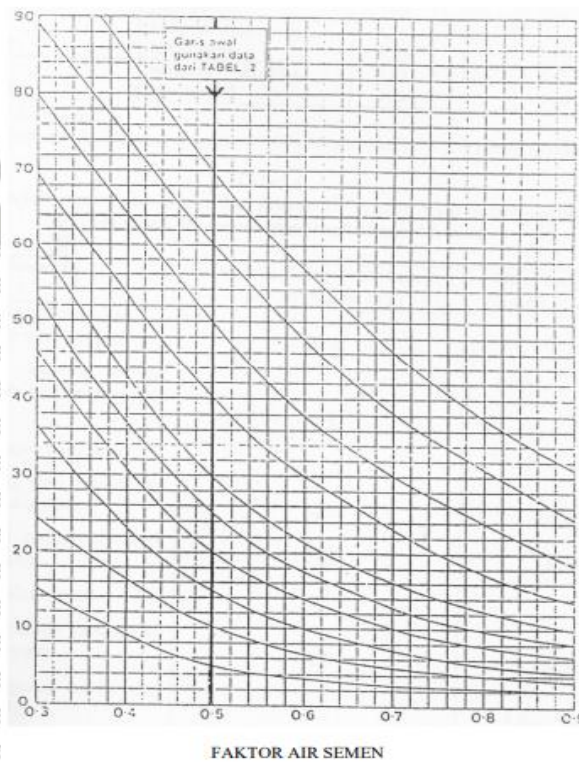
Tabel 2. 3
Perkiraan kuat tekan beton dengan faktor air semen

Jenis semen ...	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan Batu pecah	25	31	46	53	Kubus
	30	40	53	60		

Sumber : SNI-2834-2000



Gambar 2. 9 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30cm
Sumber : SNI-2834-2000



Gambar 2. 10 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen uji kubus dengan dimensi 15 X 15 X 15 cm.
Sumber : SNI-2834-2000

2. Pada lingkungan khusus, faktor air semen maksimal sesuai dengan SNI 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air.

2.2 Limbah Batu Onyx

2.2.1 Limbah

Limbah adalah sisa produksi atau bahan yang tidak digunakan lagi baik dalam pembuatan atau pemakaian atau barang rusak atau cacat dalam proses produksi.

Untuk memaksimalkan limbah yang semakin hari semakin banyak. Maka diterapkan 3R yaitu *Reduce*, *Reuse*, dan *Recycle*. Jika dilakukan dengan 3R maka penggunaan limbah tidak akan memberi dampak negatif tetapi juga bisa berdampak positif dan berguna.

2.2.2 Batuan

1. Batuan Beku

Batuan beku merupakan batuan jenis yang berasal dari magma yang telah mengalami proses pembekuan atau pendinginan. Batuan ini biasanya ditemukan di mantel atau kerak gunung berapi.

2. Batuan Sedimen

Batuan sedimen adalah batuan hasil proses pembekuan dan tekanan atmosfer yang rendah pada permukaan bumi.

3. Batuan Metamorf atau Batuan Malihan

Batuan metamorf merupakan batuan yang telah berubah dari wujud sebelumnya dengan proses metamorf. Bentuk dari batuan ini akan berubah dari bentuk aslinya.

2.2.3 Batu Onyx

Batu *Onyx* termasuk jenis batu metamorf. Batu onyx sendiri mirip dengan topaz dan terbentuk dari kuarsa, karena gas dalam magma, yaitu gas fluor, mengalami proses metamorf. Komposisi kimia onyx adalah CaCO_3 , yang terdiri dari mineral kalsit dengan lapisan ketebalan dan struktur yang berbeda. Warna dari batu *Onyx* berwarna putih kekuningan dan agak bening sehingga bisa tembus pandang.

Limbah onyx ini merupakan hasil sisa-sisa oleh pengrajin selama proses pembuatan batu onyx. Proses pembuatan batu onyx ini bisa dalam bentuk ditumbuk dan didorong dengan alat potong atau penghancur batu, sehingga karakteristik dan kekuatan batu onyx akan bergantung pada proses pembuatannya. Hasil dari limbah batu *Onyx* dapat berupa kerikil maupun berupa pasir. Unsur kimia yang terkandung dalam batu *Onyx* ditampilkan pada **Tabel 2.4** dan **Tabel 2.5**. Pada **Tabel 2.6**, ditampilkan hasil dari pengujian limbah batu *Onyx*.

Berikut spesifikasi limbah *Onyx* menurut Beton Modifikasi Limbah Batu Onix (2020) :

1. Mempunyai warna putih kecoklatan.
2. Memiliki permukaan yang keras dan tajam
3. Limbah batu *Onyx* bersih dari lumpur dan lempung
4. Pasir *Onyx* mempunyai ukuran 0,5 mm hingga 5mm.
5. Mempunyai ukuran 5 mm sampai 30 mm.
6. Relatif tidak mengandung bahan organik sehingga tidak menghambat proses pengerasan semen

Tabel 2. 4
Kandungan unsur kimia dalam batu *Onyx*

No	Unsur Kimia	Kandungan
1	Kalsium	98.95
2	Titan	0.06
3	Besi	0.724
4	Tembaga	0.052
5	Lutesium	0.23
	Jumlah	100

Sumber : Beton Modifikasi Limbah Batu Onix (2020)

Tabel 2. 5
Unsur yang terkandung pada batu onyx

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

Sumber : Hasil Pengujian XRF (Setyowati E. W.,2016)

Tabel 2. 6
Data pengujian limbah batu *Onyx*

Jenis Percobaan	<i>Onyx</i>	Kerikil
Berat Jenis Curah	2.609	4.192
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	2.632	4.319
Berat jenis semu	2.669	4.192
Penyerapan (%)	0.864	0.030

Sumber : Penelitian pengujian agregat (Setyowati E. W.,2016)



Gambar 2. 11 Batu Onyx.

Menurut *Marble Institute* (2016) menjelaskan tentang sifat mekanik dari beberapa batuan *onyx* di dunia yaitu :

Tabel 2. 7
Sifat Mekanik Onyx

Onyx Name	Country Of Origin	Absorption % by weight	Density		Compressive Strenght	
			kg/m ³	lb s/ft ³	Mpa	Lbs/in ²
Akhisar Onyx	Turkey	0,30	2,700	168,6	39,2	5,690
Songwe Onyx	Tanzania	0,07	2,770	172,9		
Onice Smeraldo	Iran	0,19	2,900	181,0	53,5	7,680
Onice Verde	Pakistan	0,15	2,548	159,1	48,1	6,970
Honey Onyx	Turkey	0,50	2,690	167,9	84,5	12,260
White Onyx	Iran	0,03	2,700	168,6	79,9	11,590
Orange Onyx	Iran	0,03	2,720	169,8	75,9	11,010
Light Green Onyx	Iran	0,03	2,730	170,4	105,1	15,240
Vista Grande Onyx	USA	0,11	2,589	161,6	46	6,668
Multicolor Onyx	Pakistan	0,12	2,730	170,4	133,1	19,300
Rosa Grande Onyx	USA	0,11	2,589	161,6	46	6,668
Light Green Onyx	Pakistan	0,01	2,728	170,3	20,208	20,208

Sumber : Marble Institute (2016)

2.3 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*Mix Desaign*) merupakan perbandingan agregat halus, agregat kasar, semen, air, dan bahan tambahan yang sesuai dengan rencana yang diinginkan.

Berikut komposisi material beton setiap 1 m³.

Tabel 2. 8
Komposisi material beton setiap 1 m³

No	Berat Material (Kg)				W/C	Total	Mutu
	Semen	Pasir	Kerikil	Air	Ratio	Berat (Kg)	
1	247	869	999	215	0,87	2.330,00	K 100
2	276	828	1.012	215	0,78	2.331,00	K 125
3	299	799	1.017	215	0,72	2.330,00	K 150
4	326	760	1.029	215	0,66	2.330,00	K 175

5	352	731	1.031	215	0,61	2.329,00	K 200
6	371	698	1.047	215	0,58	2.331,00	K 225
7	384	692	1.039	215	0,56	2.330,00	K 250
8	406	684	1.026	215	0,53	2.331,00	K 275
9	413	681	1.021	215	0,52	2.330,00	K 300
10	439	670	1.006	215	0,49	2.330,00	K 325
11	448	667	1	215	0,48	2.330,00	K 350

Sumber : SNI 7394 : 2008

2.4 Dinding Panel Beton

Dinding panel adalah komponen non-struktural yang terdiri atas gabungan dari sebuah panel menjadi satu blok dinding parsial. Material pada dinding pada umumnya adalah batu bata atau bata ringan dengan lapisan mortar di sisi luarnya. Kekurangan dari dinding batu bata atau bata ringan adalah pekerjaan yang lama, dengan biaya tinggi dan berat yang berlebih. Maka dari itu adanya dinding panel ini merupakan solusi untuk mengatasi kekurangan dari dinding batu bata atau bata ringan. Dinding panel pun juga cocok dijadikan bangunan tahan gempa.

Dinding panel merupakan campuran beton pada umumnya dan tulangan di dalamnya. Dinding panel pracetak adalah salah satu solusi untuk sebuah daerah yang rawan akan gempa. Keuntungan dari konstruksi beton pracetak adalah tidak banyak dibutuhkan tenaga kerja di lapangan karena sudah dicetak di pabrik sehingga mengurangi kesalahan teknis yang ada di lapangan. Dalam berbagai unsur struktur konstruksi beton harus memenuhi unsur-unsur kekuatan di antaranya kuat tekan, kuat lentur, kuat geser, dan pola keretakannya.

Biasanya pembuatan dinding panel beton ini dilakukan secara *precast* dengan tujuan menghemat biaya dan waktu. Berikut adalah beberapa kelebihan dalam penggunaan dinding panel beton yaitu :

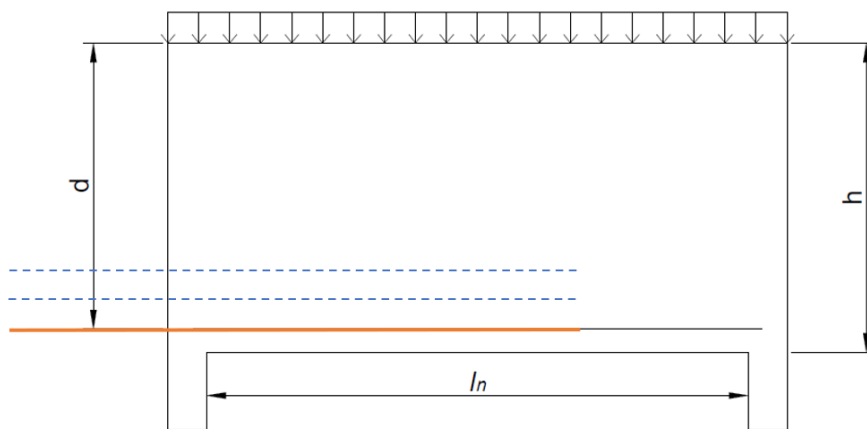
1. Dapat menghemat waktu dalam pemasangannya,
2. Menghemat penggunaan material,
3. Memiliki bentuk dan kualitas yang sama karena dibuat secara pabrikasi



Gambar 2. 12 Dinding Panel Beton.

2.5 Balok Tinggi

SNI 2847 2013 menyebutkan bahwa balok tinggi merupakan komponen struktur lentur dengan bentar bersih l_n (diukur dari muka ke muka tumpuan) tidak melebihi $4h$ ($l_n/h < 4$). Pada SNI 2847 2013 juga dijelaskan bahwa apabila pada balok yang memikul beban terpusat sejauh $2h$ dari muka tumpuan juga dikategorikan sebagai struktur balok tinggi. Untuk mendesain balok tinggi perlu mempertimbangkan distribusi tegangan non-linier serta tekuk lateral. Contohnya yaitu struktur balok tinggi yaitu dinding geser, dinding vertikal dengan beban gravitasi, balok bentang pendek dengan beban berat, dan pelat lantai yang terkena beban horizontal. (Agus Setiawan, 2013)



Gambar 2. 13 Balok tinggi ($l_n/h < 4$)

2.6 Sambungan

Sambungan adalah bagian penting untuk menyusun sebuah panel akan menjadi satu kesatuan. Sambungan yang digunakan pada umumnya adalah baut plat. Pada komponen sambungan baut plat diutamakan atau diharuskan agar tidak leleh pada saat proses pengerjaan atau beton masih dalam usia dibawah 28 hari . Karena apabila kondisi baut plat sudah leleh terlebih dahulu maka panel tidak akan kuat untuk diberi beban.

Tabel 2. 9
Tipe-tipe baut

Baut	Mutu	Diameter (mm)	Proof stress (Mpa)	Kuat tarik Min. (Mpa)
A307	Normal	6,35-10,4	-	60
A325	Tinggi	12,7-25,4	585	825
		28,6-38,1	510	725
A490	Tinggi	12,7-38,1	825	1035
Keling	Normal		-	370

Sumber : SNI 03-1729-2002

Fungsi sambungan baut mampu menahan adanya perilaku geser yang mungkin dapat terjadi. Gaya geser yang terjadi harus dapat ditahan oleh sejumlah penghubung geser (*shear connector*). Biasanya, penghubung geser digunakan dalam suatu komponen struktur komposit.

Untuk menentukan terjadinya perilaku aksi komposit penuh, maka besar gaya geser V_h adalah sebagai berikut.

$$V_h = A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times A_c \quad \dots \dots \dots (2-1)$$

Dimana :

- V_h = gaya geser yang terjadi
- A_s = Luas Penampang baja
- F_y = Mutu baja (Mpa)
- F'_c = Mutu beton (Mpa)
- A_c = Luas Penampang beton

Pada perencanaan sambungan, harus memperhatikan tahanan nominal baut.

Berikut merupakan syarat yang harus dipenuhi.

$$R_n \leq \phi R_n \dots \dots \dots (2-2)$$

Dimana :

- R_n = Tahanan baut nominal
- R_u = Beban terfaktor
- ϕ = faktor reduksi

Terdapat perbedaan nilai R_n tergantung pada masing-masing jenis sambungan,

yaitu :

1. Tahanan geser baut

$$R_n = m \times r_1 \times f_u^b \times A_b \dots \dots \dots (2-3)$$

Dengan,

- $r_1 = 0,5$ untuk baut tanpa ulir
- $r_1 = 0,4$ untuk baut dengan ulir
- f_u^b = kuat tarik baut (Mpa)
- A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir
- m = jumlah bidang geser

2. Tahanan tarik baut

$$R_n = 0,75 \times f_u^b \times A_b \dots \dots \dots (2-4)$$

3. Tahanan tumpu baut

$$R_n = 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \dots \dots \dots (2-5)$$

Keterangan :

- d_b = daerah baut tak berulir
- t_p = tebal plat
- f_u = kuat tarik putus terendah baut atau plat

Rumus tersebut berlaku pada semua baut, sedangkan pada lubang baut slot

panjang tegak lurus arah gaya

$$R_n = 2,0 \times d_b \times t_p \times f_u \dots \dots \dots (2-6)$$

Untuk menentukan letak antar baut (S) dan jarak baut ke tepi plat (S_1), harus memenuhi persyaratan berikut :

- Jarak antar baut (S) dalam mm
 $3d_b < S < 15 t_p$ atau 200 mm
- Jarak baut ke tepi plat (S_1) dalam mm
 $1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$ atau 200 mm

Dimana d_b adalah diameter baut, dan t_p adalah tebal plat sambung.

4. Kuat Geser dan Tarik

- Tegangan geser per-baut akibat beban

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n \times A_b} \leq (0,5 \times f_u^b \times m) \text{ (tanpa ulir) } \dots\dots\dots (2-7)$$

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n \times A_b} \leq (0,4 \times f_u^b \times m) \text{ (dengan ulir) } \dots\dots\dots (2-8)$$

- Tegangan geser per baut akibat beban terfaktor

$$\frac{T_u}{n} \leq A_b \times f_t = T_n \dots\dots\dots (2-9)$$

2.7 Kuat Tekan Karakteristik Beton

Perencana struktur apabila menggunakan material beton biasanya sekaligus mendesain kekuatan elemen struktur beton bertulang yaitu kekuatan tekan beton karakteristik yang diisyaratkan sebagai f'_c , dengan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (SNI 03-2834-2002). Pada Variabilitas distribusi normal kuat beton, hasil kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) tidak digunakan, sehingga kuat tekan harus ditentukan saya merencanakan campuran untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang direncanakan. Nilai kekuatannya harus lebih tinggi daripada nilai kuat tekan standar.

Selisih antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tekan pada rencana campuran disebut *margin* kekuatan yang didapatkan dari simpangan baku (*standart deviation*), dengan persamaan sebagai berikut :

$$f'_c = f'_{cr} - k \cdot s \dots\dots\dots (2-10)$$

Dengan,

f'_c = Kuat tekan karakteristik (Mpa)

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (Mpa)

k = Konstanta (1,64 untuk 5% benda uji yang diizinkan gagal)

s = Simpangan Baku (Mpa)

2.8 Retak

Kerusakan beton dapat terlihat apabila terjadi retak, dimana terjadi perpisahan material beton. Keretakan pada dinding mempunyai keretakan yang bermacam, wujudnya vertikal, retak menyimpang, retak halus dan lainnya.

2.8.1 Retak Dinding

Berikut jenis-jenis retak pada dinding, yaitu:

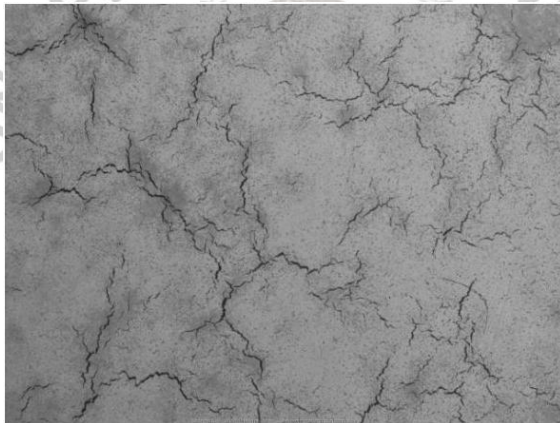
1. Retak non-struktur

Retak non-struktur hanya mengurangi nilai keindahan atau estetika bangunan.

Berikut macam-macam retak non-struktur, yaitu:

a. Retak Kulit Telur/Buaya (*Crazing*)

Retak ini terjadi karena plasteran terlalu banyak. Biasanya retak ini membentuk jaringan retak halus dengan pola hexagonal. Jarak pola tersebut dari 5 mm hingga 75 mm. Retak ini terjadi pada saat pengerasan plasteran.



Gambar 2. 14 Gambar Map Cracking

b. Retak Susut

Retak ini terjadi akibat mutu pasir yang tidak bagus dan kandungan semen tinggi. Penyebab retak susut dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- Susut plastis terjadi karena pada saat kondisi plastis, kadar air terlalu banyak.



Gambar 2. 15 Gambar Retak Susut Plastis

- Susut kering: terjadi akibat plasteran yang digunakan terlalu tebal. Susut ini terjadi ketika dinding yang telah mengeras terdampak oleh masuknya gas karbondioksida.



Gambar 2. 16 Gambar Retak Kering

c. Map Cracking

Retak terjadi karena semen berlebih. Ciri-ciri retaknya menyerupai map, struktur retak cenderung lebih dalam dan membentuk pola heksagonal.



Gambar 2. 17 Map Cracking

2. Retak Struktur

Retak struktur merupakan retak yang dapat membahayakan bangunan. Retak ini dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu retak struktural yang diakibatkan karena adanya kegagalan sehingga dapat membahayakan dan retak akibat adanya susut material.

Retak struktur mempunyai 2 jenis, yaitu :

a. Retak Tekan

Retak tekan terjadi pada saat tekanan dari atas dan bawah dinding bekerja secara bersamaan. Hal ini dikarenakan kolom pada bangunan tidak dapat menahan beban sehingga dinding harus memikul beban tersebut sementara dari bawah ada desakan akibat pergerakan tanah.

b. Retak Tarik

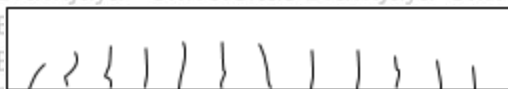
Retak tarik terjadi akibat permukaan tanah mengalami penurunan. Proses penurunan pada bangunan masih jarang terjadi. Namun hal tersebut dapat membahayakan jika penurunan tidak berkerja secara bersamaan sehingga mengakibatkan perubahan elevasi pada bangunan.

2.8.2 Pola Retak

Berikut jenis pola retak dan penyebab yang terjadi:

1. Retak Lentur (*flexural crack*)

Retak lentur diakibatkan oleh momen lentur terlalu besar dan gaya gesernya terlalu kecil sehingga beton tidak dapat menahan lentur. Retak lentur diawali dengan retak rambut dan arah retakan ini tegak lurus dengan tulangan.



Gambar 2. 18 Retak Lentur

2. Retak Geser (*shear crack*)

Retak geser merupakan retak vertikal yang arahnya menuju titik beban pada daerah garis netral penampang. Retak geser terjadi karena beton tidak dapat menahan gaya geser dikarenakan tegangan aksial yang sangat kecil pada garis netral.



Gambar 2. 19 Retak Geser

3. Retak Geser-Lentur (*flexural shear crack*)

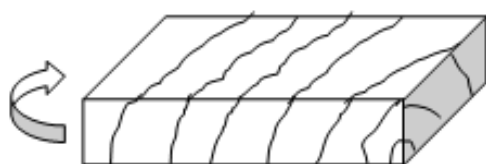
Retak geser lentur merupakan retak akibat perambatan retak lentur yang terjadi terlebih dahulu lalu merambat menjadi retak geser. Retak geser lentur merupakan kombinasi antara tegangan lentur dan tegangan geser.



Gambar 2. 20 Retak Geser Lentur

4. Retak Puntir (*torsion crack*)

Retak ini terjadi akibat torsi murni sehingga mengelilingi balok.



Gambar 2. 21 Retak Puntir

2.8.3 Lebar Retak

Terdapat ketentuan batas maksimum lebar retak yang diijinkan. Batas maksimum dari lebar retak tergantung kondisi lingkungan. Berikut petunjuk mengenai lebar retak maksimum yang diizinkan berdasarkan *ACI Commitee 224*.

Tabel 2.10
Toleransi lebar retak beton

No	Kondisi Lingkungan	Lebar Retak	
		Inch	Mm
1	Udara kering	0,016	0,41
2	Udara lembab tanah	0,012	0,3
3	Senyawa kimia	0,007	0,18
4	Air laut basah atau kering	0,006	0,15
5	Struktur penahan air	0,004	0,1

Sumber : Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar (2010)

Lebar retak yang dapat di analisa melalui perhitungan tegangan yang terjadi di daerah yang di amati.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (2-11)$$

$$\sigma_l = \frac{F}{(b-D)s} \dots \dots \dots (2-12)$$

Dimana :

σ = Tegangan

F = Gaya yang bekerja

A = Luas penampang

b = Lebar plat

D = Diameter plat

s = tebal plat

2.9 Pengukuran Lebar Retak pada Dinding Panel beton

Pengukuran lebar retak dapat dilakukan 2 cara. Dengan kasat mata menggunakan penggaris atau menggunakan alat berupa *Digital Microscope USB*. Untuk penggunaan dengan penggaris harus dilakukan secara detail karena lebar retak yang terjadi terkadang hanya berada dibawah 1cm. Maka biasanya digunakan *Digital Microscope USB* karena keakuratan dalam membaca atau melihat seberapa besar lebar retak terjadi.

Microscope ini dapat melakukan pembesaran hingga 500 kali. Maka dari itu pengukuran lebar retak dilakukan dengan *Digital Microscope USB* dengan cara :

1. Menyalakan PC/laptop dan menyambungkan USB dari mikroskop ke PC.
2. Tempelkan *microscope* pada bagian atau objek yang ingin diteliti. Hasilnya langsung muncul dilayar monitor.
3. Menjalankan program software aplikasi mikroskop digital.
4. Memutar fokus agar dilayar software lebih jelas.
5. Gambar selanjutnya disimpan.



Gambar 2. 22 Digital microscope USB

2.10 Hasil Penelitian Sebelumnya

Berikut merupakan penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini :

1. *Edhi Wahyuni Setyowati* dari Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya melakukan penelitian dengan judul “*Concrete with Onyx Waste Aggregate as Aesthetically Vallued Structural Concrete*” dan hasil penelitian menunjukkan bahwa:
 - a. Kekuatan yang dihasilkan mampu memenuhi syarat beton struktural
 - b. Pada struktur mikri beton agregat batu *Onyx*, tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

2. Badi⁷ Aushaf Luthfiah R. (2019). Pengaruh Proses *Finishing* Terhadap Pola Dan Lebar Retak Struktur Panel Beton Limbah *Onyx*. Sebagai hasil dari penelitian ini, di kondisi pembebanan awal, di kondisi pembebanan yang ditentukan dan kondisi pembebanan akhir, retak rata-rata dinding beton onyx sebelum pemolesan dan dinding beton onyx setelah pemolesan memiliki perbedaan. Semua sampel dan kondisi pengujian akhir menunjukkan bahwa lebar dinding beton *onyx* sebelum dipoles lebih kecil daripada setelah dipoles.
3. Wentri Asri Suryandari (2018). Melakukan penelitian tentang Pengaruh Limbah Batu *Onyx* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Beton Terhadap Lebar Retak Balok Beton Bertulang. Hasil penelitian ini didapatkan lebar retak balok *onyx* lebih kecil daripada lebar retak pada balok normal.
4. Jurnal berjudul “Kuat Tekan Beton Limbah Batu Onix Tulungagung” yang ditulis oleh Edhi Wahjuni Setyowati dari jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya. Penelitian ini menghasilkan nilai kuat tekan beton agregat batu *Onyx* memenuhi target, dengan memperbandingkan kekuatan beton normal yang beragregat batu pecah , dengan perbedaan nilai kuat tekan mencapai 2% dengan beton normal dan perencanaan beton yang sama.
5. Edhi Wahjuni Setyowati, pada tahun 2018 meneliti tentang Aplikasi Beton Limbah Batu *Onyx* Untuk Struktur Panel Beton. Penelitian menghasilkan bahwa pola retak panel beton limbah *onyx* adalah sama dengan pola retak pada beton normal yaitu retak lentur. Lebar retak maksimum yang terjadi pada panel beton limbah *onyx* adalah lebih besar daripada lebar retak maksimum pada panel beton normal, namun tidak signifikan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang dilaksanakan bulan Juli hingga Desember tahun 2020.

3.2 Alat dan Bahan penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan sebagai berikut :

- a. Satu set ayakan agregat halus dan kasar;
- b. Timbangan dengan kapasitas 5 Kg dengan ketelitian 1 gr dan timbangan kapasitas 300 Kg dengan ketelitian 100 gr;
- c. Cetakan silinder beton, diameter 150 mm, tinggi 100 mm;
- d. Satu set alat uji slump;
- e. Alat bantu pembuatan beton (ember, sendok semen, palu karet);
- f. Alat uji kuat tekan;
- g. Cetakan bekisting dinding panel;
- h. *Concrete mixer* (Alat pencampur bahan beton);
- i. *Loading Frame* untuk uji kuat lentur dinding panel;
- j. *LVDT* atau alat pembaca perpendekkan yang terjadi;
- k. *Digital Microscope USB*

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan sebagai berikut :

- a. Semen PPC merk semen gresik.
- b. Limbah batu *Onyx* dari Desa Gamping, Kec. Campur Darat, Kabupaten Tulungagung sebagai agregat kasar
- c. Agregat halus pasir dari Kabupaten Lumajang.
- d. Air bersih PDAM Laboratorium Struktur dan Bahan Kontruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

- e. Sambungan berupa Baut (6 mm, 8 mm, dan 10 mm), ring, dan plat baja (tebal 3 mm).
- f. Tulangan polos dengan diameter 6 mm
- g. Kawat Bendrat

3.3 Analisis Bahan

1. Semen

Menggunakan semen PPC merk Semen Gresik tidak dilakukan pengujian, namun hanya dilakukan pengamatan secara visual apakah semen dalam kondisi yang baik.

2. Air

Menggunakan air dari PDAM yang sesuai standar peraturan yang ditetapkan.

3. Agregat Kasar

Limbah batu *onyx* 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

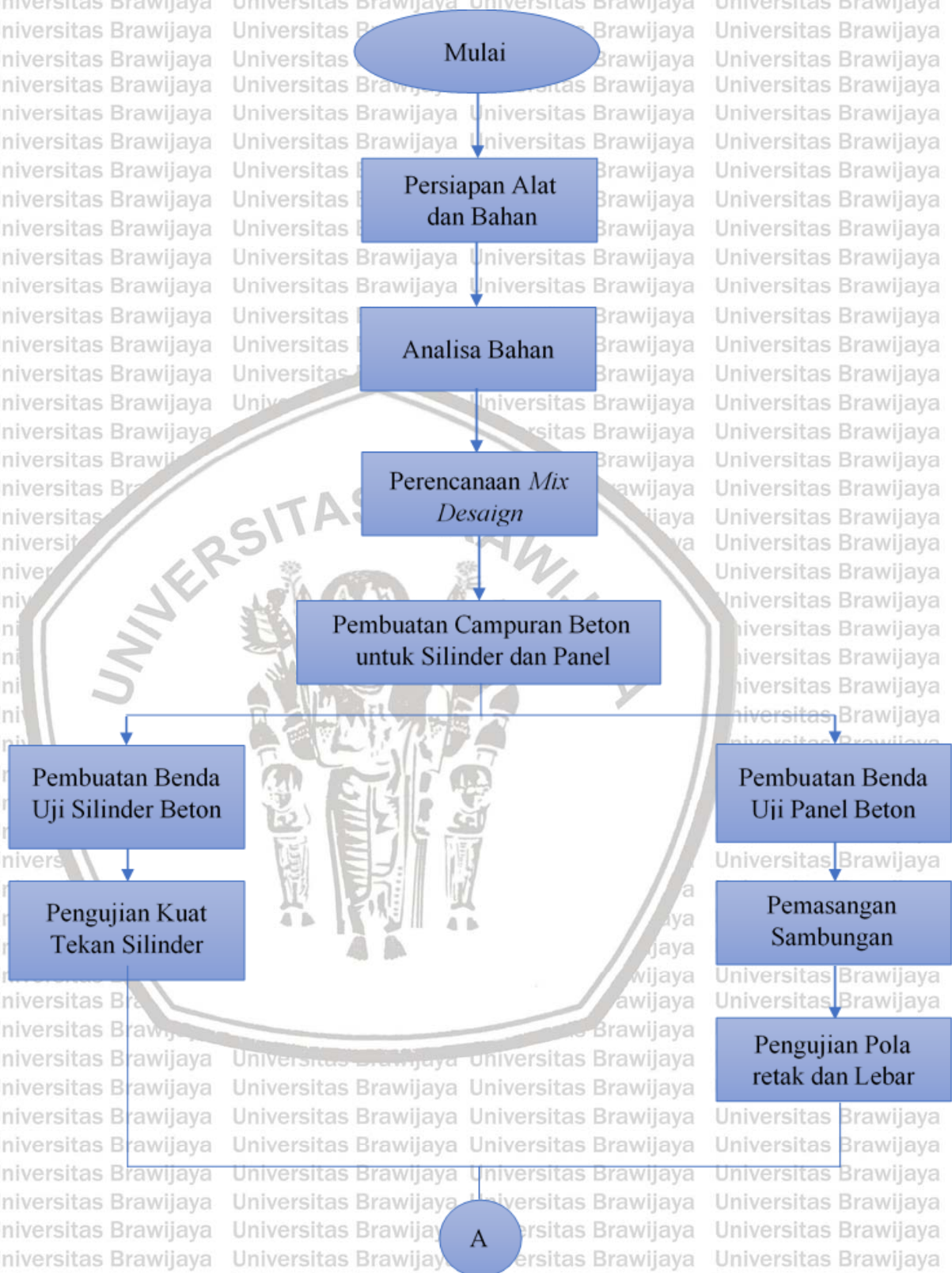
Baja yang digunakan adalah baja standar yang sesuai dengan yang ditetapkan pada peraturan SNI 07-2052-2002.

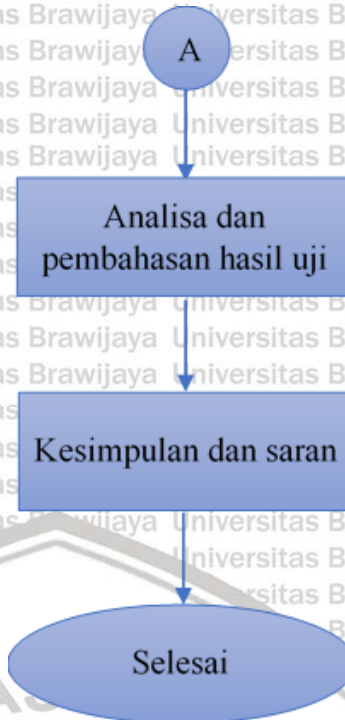
6. Baut

Baut yang dipakai tidak dilaksanakan pengujian secara detail, hanya dilakukan pengamatan secara visual kondisi baut yang digunakan.

3.4 Tahap Penelitian

1. Tahap 1 persiapan alat dan bahan.
2. Tahap 2 analisa bahan agregat dan tulangan.
3. Tahap 3 Perencanaan campuran dan pembuatan benda uji (benda uji silinder dan panel beton *Onyx*).
4. Tahap 4 pengujian benda uji kuat tekan silinder beton dan panel beton dengan pemberian berat per 100 kg hingga maksimum.
5. Tahap 5 Analisa dan pembahasan.



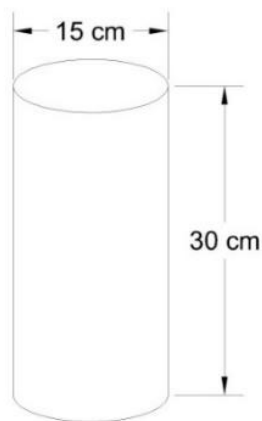


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Rancangan Penelitian

1. Uji Kuat tekan silinder beton

Sampel pengujian yang digunakan berjumlah 15 buah benda uji.



Gambar 3. 2 Silinder Beton

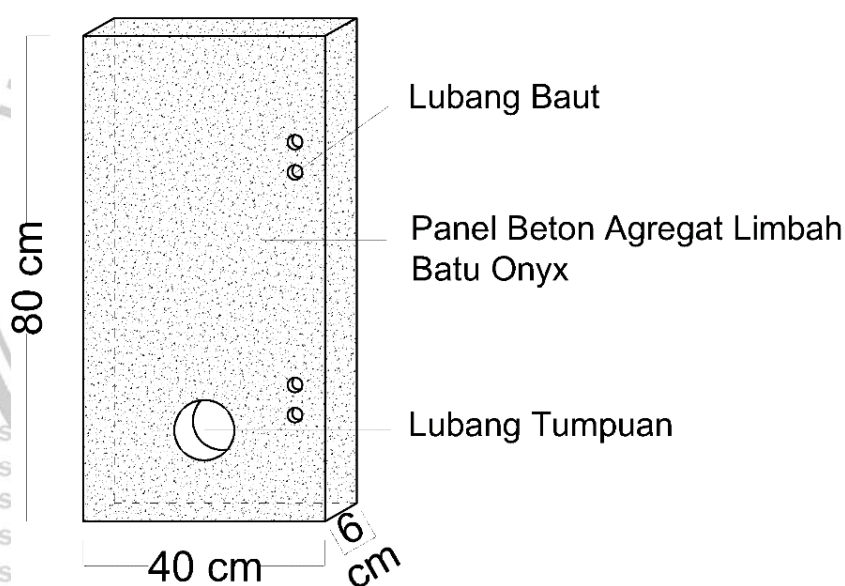
2. Pengujian pola dan lebar retak panel beton *onyx*

Jumlah benda uji panel beton *onyx* ukuran 80 cm x 40 cm x 6 cm dengan 3 pasang panel benda uji untuk masing-masing panel dengan sambungan diameter 6 mm, 8 mm, dan 10mm. Cara pembebanan yang digunakan adalah dengan *three point*

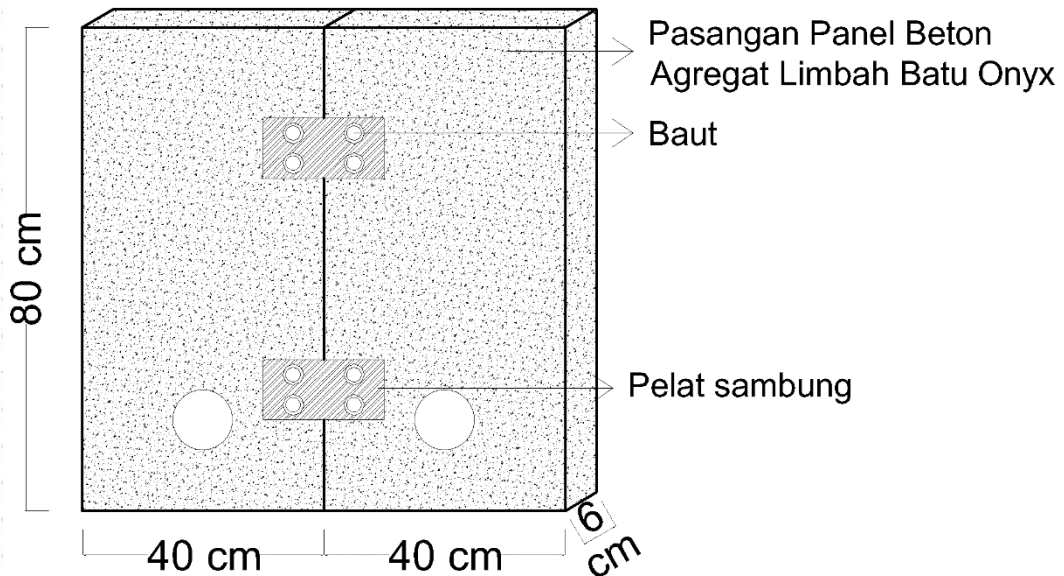
loading yang dilakukan hingga panel mengalami retak hingga pembebanan berhenti pada titik maksimum. Berikut adalah tabel rincian jumlah benda uji yang digunakan :

Tabel 3. 1
Jumlah Benda Uji Panel Beton Onyx

No	Nama Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø6 mm	6 buah / 3 pasang panel
2	Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø8 mm	6 buah / 3 pasang panel
3	Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø10 mm	6 buah / 3 pasang panel



Gambar 3. 3 Dimensi dinding panel beton



Gambar 3. 4 Susunan dinding panel beton

Tabel 3. 2
Volume Benda Uji

No	Nama Pengujian	Jenis Benda Uji	Volume (M ³) 1 Benda Uji	Jumlah Benda Uji (Buah)	Total Volume (m ³)
1	Kuat Tekan <i>Onyx</i>	Silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm	0,005304	15	0,07956
2	Retak Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø6 mm	Panel Beton (80x40x6) cm	0,0192	6	0,1152
3	Retak Panel beton onyx dengan	Panel Beton (80x40x6) cm	0,0192	8	0,1536

	sambungan baut Ø8 mm				
4	Retak Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø10 mm	Panel Beton (80x40x6) cm	0,0192	6	0,1152

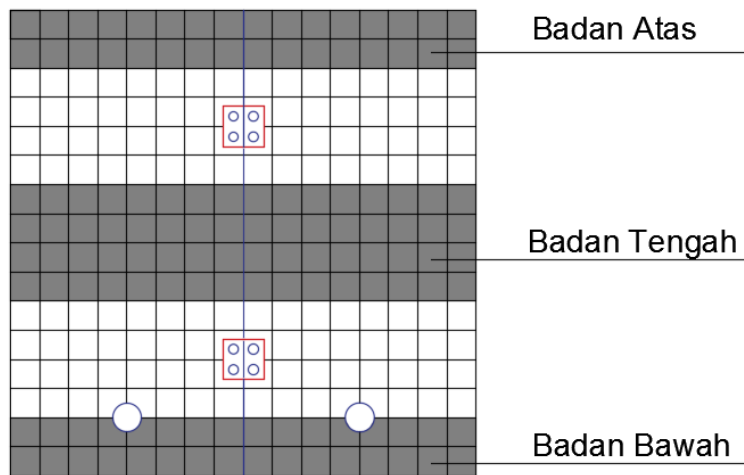
Tabel 3. 3
Kebutuhan Material Benda Uji

No	Nama Pengujian	Jenis Benda Uji	Kebutuhan Material Beton (kg)			
			Onyx	Ag. Halus	Semen	Air
			749,51	449,71	196,30	160,61
1	Kuat Tekan <i>Onyx</i>	Silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm	5,567	3,340	1,458	1,192
2	Retak Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø6 mm	Panel Beton (80x40x6) cm	20,160	12,096	5,280	4,320
3	Retak Panel beton onyx dengan sambungan baut Ø8 mm	Panel Beton (80x40x6) cm	20,160	12,096	5,280	4,320
4	Retak Panel beton onyx dengan	Panel Beton	20,160	12,096	5,280	4,320

sambungan	(80x40x6)			
baut Ø10 mm	cm			

3. Daerah dan form pengujian

Pada pengujian yang akan dilakukan di fokuskan pada bagian badan susunan panel beton. Bagian badan merupakan bagian yang diarsir seperti pada **Gambar 3.5**. Form pengujian ditampilkan pada **Tabel 3.4**.



Gambar 3. 5 Daerah badan susunan panel beton

Tabel 3. 4
Form Pengujian

Beban (kg)	Lebar Retak (mm)	Nomor Pola
100		1
200		2
300		3
400		4
500		5
600		6
700		7
800		8
900		9
1000		10
Dst.		Dst.

3.6 Persiapan Benda Uji

3.6.1 Pengujian Kuat Tekan

Berikut langkah-langkah uji kuat tekan selindir.

1. Pengujian inildilakukan setelah beton berumur 28 hari.
2. Benda uji telah di *Curing*.
3. Meratakanlpermukaan silinder dengan *capping*.
4. Membuat *form* pengisian data kuat tekan dan nilai *LVDT* untuk memudahkan dalam pencatatan data penelitian.
5. Mengeset alat *compressometer* pada angka 0 danlkemudian meletakkan benda uji ke bawah *load cell*.
6. Melakukan uji dengan beban secara naik dengan kecepatan konstan.
7. Mencatat nilai besarnya pembeban maksimum.
8. Dengan pengujian ini didapatkan nilai tegangan dengan rumus :

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

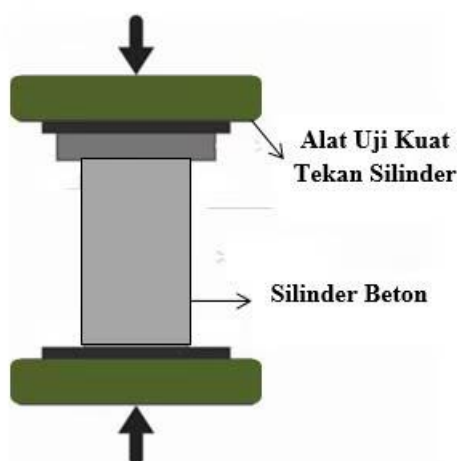
Keterangan :

σ = Tegangan (kN/cm²)

P = Beban yang diberikan (kN)

A = Luas permukaan silinder (cm²)

9. Hasil beban yang diberikan diakumulasikan seluruhnya.

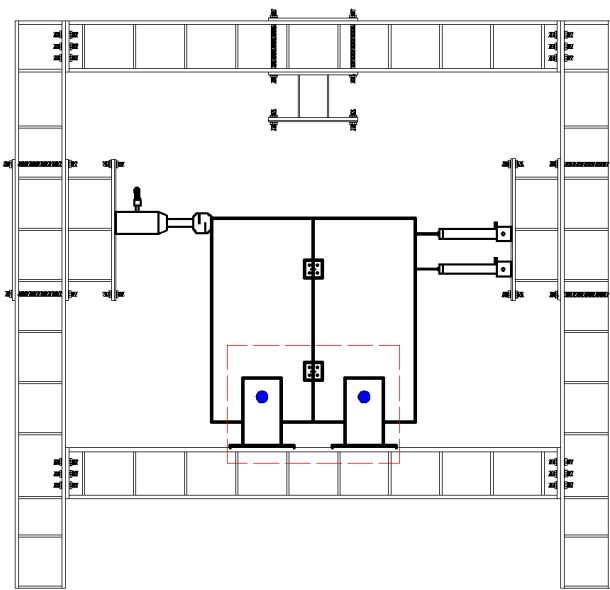


Gambar 3. 6 Setting Pengujian Kuat Tekan

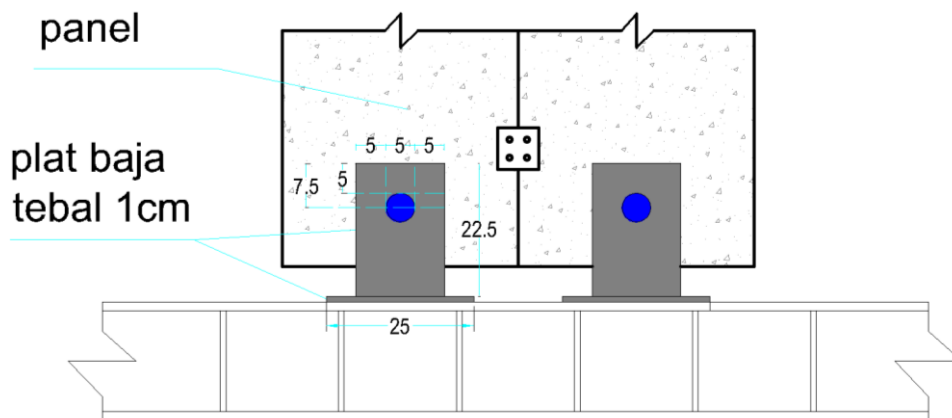
3.6.2 Pengujian Lebar dan Pola Retak Panel Beton Onyx

Pengujian retak panel beton onyx sebagai berikut :

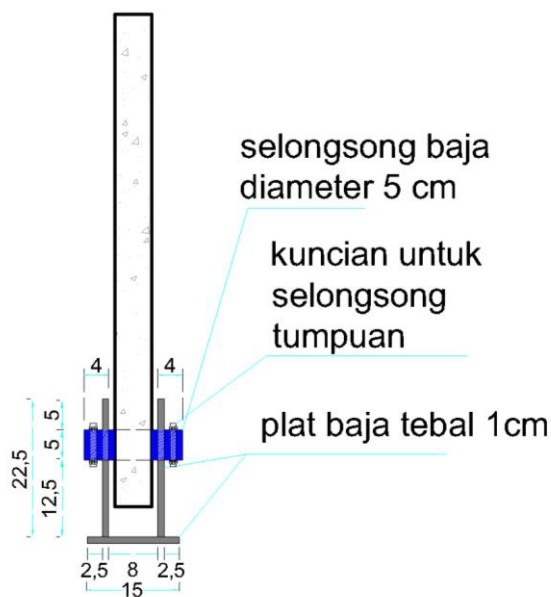
1. Uji dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
2. Meletakkan benda uji di frame pengujian
3. Menyiapkan benda uji 3 *point loading*, dengan setting pengujian pada *loading frame*.
4. Melaksanakan pengujian dengan memberi beban kelipatan 100 kg hingga melampaui beban *ultimate*, melihat keretakan yang terjadi dan mengukur lebar retak yang terjadi menggunakan *Digital Microscope USB*.



Gambar 3. 7 Pengujian Kuat Lentur Panel Beton Onyx.



Gambar 3. 8 Tumpuan tampak depan Panel Beton Onyx



Gambar 3. 9 Tumpuan tampak samping Panel Beton Onyx.

3.7 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas adalah variabel untuk dianalisa dan dibuat berbeda oleh peneliti untuk melihat perilaku yang sedang diteliti. Pada penelitian ini variabel bebanya adalah sambungan dengan diameter baut 6 mm, 8mm, dan 10 mm.
2. Variabel terikat atau disebut sebagai variabel output merupakan hal-hal yang diamati oleh peneliti yang disebabkan karena adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah pola retak dan lebar retak panel beton *onyx*.

Tabel 3. 5
Variabel Penelitian

No	Jenis Variabel	Keterangan
1	Variabel Bebas	Diameter Baut 6 mm
		Diameter Baut 8 mm
		Diameter Baut 10 mm
2	Variabel Terikat	Pola Retak
		Lebar Retak

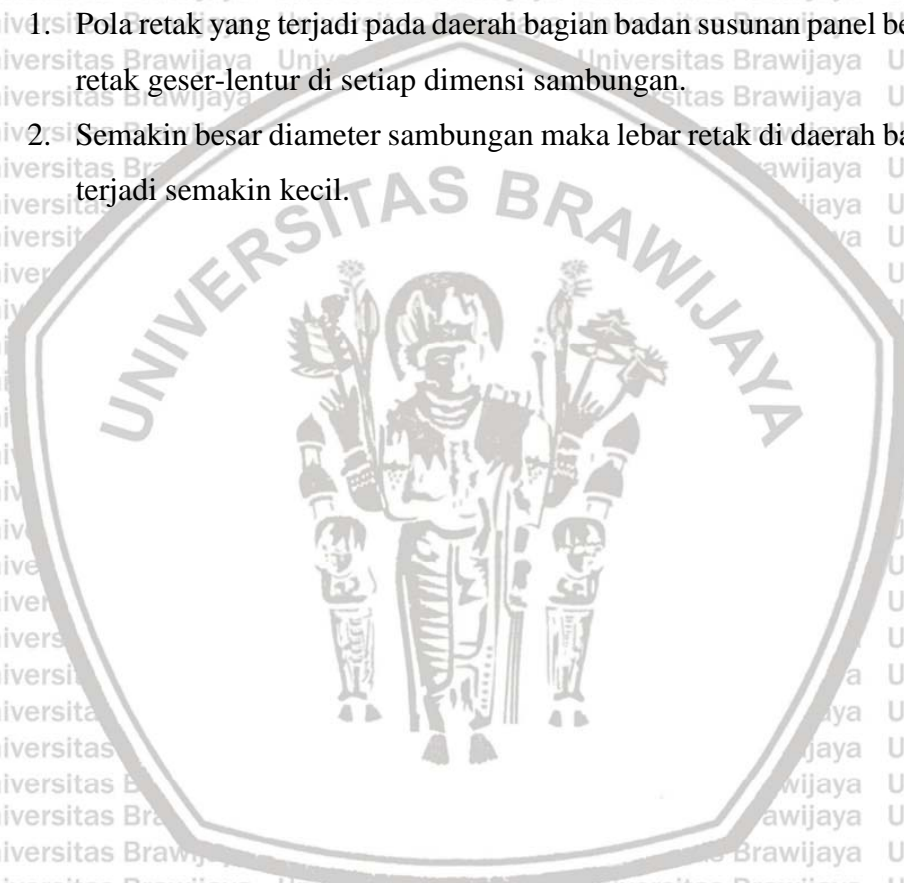
3.8 Metode Pengumpulan Data

Dimulai dengan menganalisa bahan, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Lalu, dibuat silinder beton dan panel beton dengan mutu rencana 32 MPa dan telah melewati masa *curing* 28 hari data awal yang diambil adalah uji tekan silinder beton *onyx*, setelah itu dilaksanakan uji pola retak dengan *loading frame* dan lebar retak dengan *Digital Microscope USB*.

3.9 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka maka penulis berhipotesis sebagai berikut :

1. Pola retak yang terjadi pada daerah bagian badan susunan panel beton adalah pola retak geser-lentur di setiap dimensi sambungan.
2. Semakin besar diameter sambungan maka lebar retak di daerah badan panel yang terjadi semakin kecil.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Komponen Dasar Campuran Beton

Pengujian pokok atau penting penelitian ini adalah pengujian pembebanan terpusat secara horizontal terhadap pasangan dinding panel beton *onyx* untuk mengetahui pola dan lebar retaknya. Beberapa pengujian penunjang yang dilakukan untuk melengkapi data dalam pengujian pokok. Pengujian penunjang tersebut antara lain analisa agregat kasar, analisa agregat halus, pengujian kekentalan beton dengan uji slump, dan uji kuat tekan beton silinder.

4.1.1 Semen

Semen yang dipakai adalah *Portland Pozzoland Cement* (PPC) jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik yang pada umumnya sering digunakan oleh karena itu tidak dilaksanakan pengujian. Semen ini 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

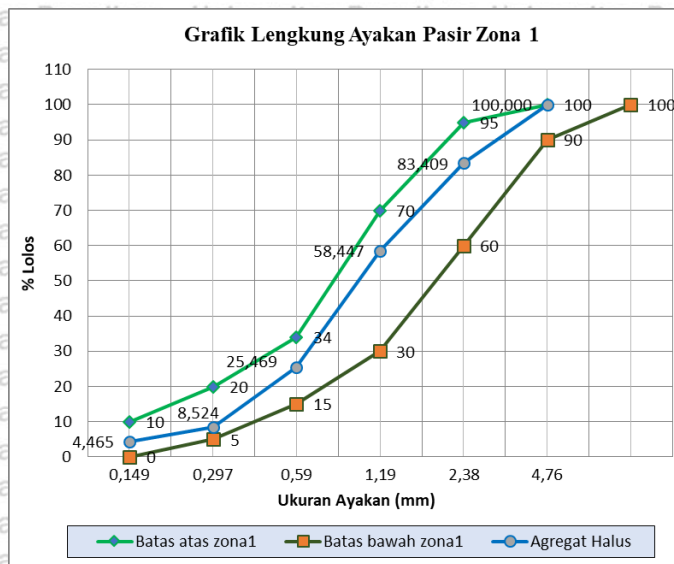
Air yang dipakai adalah air PDAM Kota Malang yang sudah sesuai dengan standar yang ditentukan peraturan dan tidak dilakukan pengujian terhadap air.

4.1.3 Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai merupakan pasir Lumajang. Berikut adalah hasil pengujian agregat halus, yaitu :

1. Analisis gradasi agregat halus

Hasil pengujian agregat halus termasuk dalam Zona 1 dan memiliki nilai modulus halus pasir sebesar 3,2730 yang memenuhi syarat modulus halus butir dalam ASTM C-33 yaitu 2,20 – 3,10.



Gambar 4.1 Grafik Analisis Gradasi Agregat Halus

2. Pengujian kadar Air dan Berat Isi Agregat Halus

Kadar air agregat yaitu perbandingan antara agregat sebelum dan sesudah agregat dikeringkan. Berat isi agregat halus adalah perbandingan antara berat agregat halus dengan volume air.

Tabel 4. 1

Uji Kadar Air dan Berat Isi Agregat Halus

Pengujian	Nilai	Satuan
Kadar Air Rata-rata	4,674	%
Berat Isi yang Dipakai	2,0298	gr/cc

3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis jenuh dengan keadaan *saturated surface dry* (SSD), dan berat jenis semu, yang masing-masing dapat ditentukan menggunakan perbandingan antara berat agregat dengan keadaan masing – masing terhadap berat air suling yang isinya sama dengan isi agrgat pada kondisi tertentu.

Tabel 4. 2

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Keterangan	Kode	Satuan	Nilai
Berat Benda Uji Kering Permukaan	Bj	(gr)	500,0
Jenuh			

Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	(gr)	495,0
Berat Piknometer + Air (Pada Suhu Kamar)	B	(gr)	677,0
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (Pada Suhu Kamar)	Bt	(gr)	972,5

Keterangan	Kode	Nilai
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(B+Bj-Bt)$	2,421
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$Bj/(B+Bj-Bt)$	2,445
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$Bk/(B+Bk-Bt)$	2,481
Penyerapan (%) (Absorption)	$(Bj-Bk)/Bk \times 100\%$	1,01

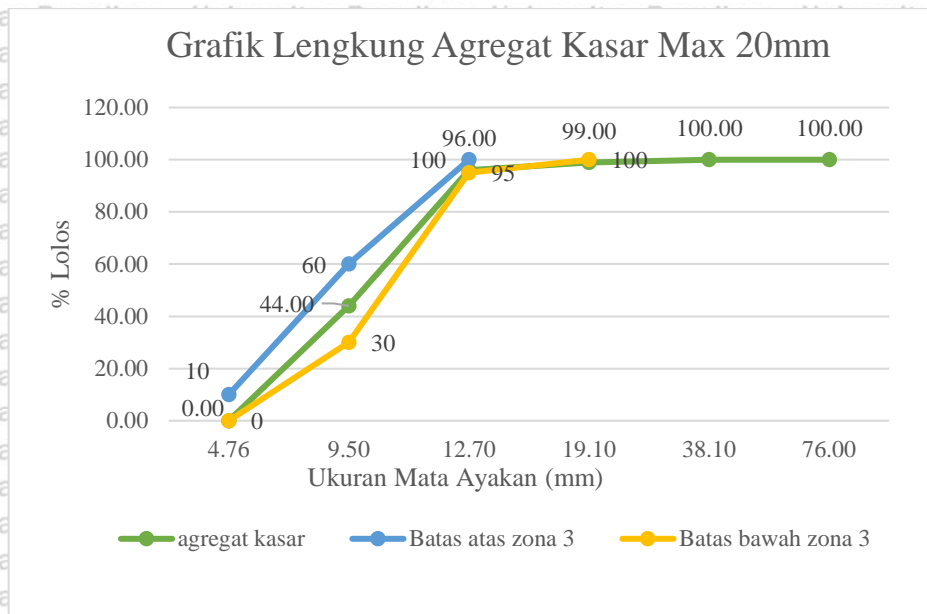
Dari tabel tersebut didapat hasil berat jenis kering permukaan jenuh sebesar 2,445 dimana hasil tersebut sudah sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu 1,60-3,20. Dan penyerapan air sebesar 1,010% yang juga telah memenuhi syarat yaitu 0,2% - 2,0%.

4.1.4 Agregat Kasar

Agregat limbah batu *onyx* yang berasal dari Tulungagung merupakan agregat kasar pada penelitian kali ini. Pengujian agregat kasar yaitu untuk menganalisis gradasi serta pengujian kadar air dan berat isi, dan juga pengujian berat jenis dan penyerapan agregat.

1. Analisis gradasi agregat kasar *onyx*

Dari gambar tersebut didapat nilai modulus kehalusan dari limbah *onyx* tersebut sebesar 6,67 yang memenuhi persyaratan ASTM C-33 yaitu berkisar antara 5,5 - 8,5.



Gambar 4. 2 Grafik Analisis Agregat Kasar Onyx

2. Pengujian kadar air dan berat isi agregat kasar onyx

Kadar air agregat yaitu perbandingan antara agregat sebelum dan sesudah agregat dikeringkan. Berat isi agregat onyx adalah perbandingan antara berat agregat onyx dengan volume air.

Tabel 4. 3

Pemeriksaan Kadar Air dan Berat Isi Agregat Onyx

Pengujian	Nilai	Satuan
Kadar Air Rata-rata	2,0915	%
Berat Isi Rata-rata	2,2917	gr/cc

3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat onyx

Percobaan bertujuan untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis jenuh dengan keadaan *saturated surface dry* (SSD), dan berat jenis semu, yang masing

– masing dapat ditentukan menggunakan perbandingan antara berat agregat dengan keadaan masing – masing terhadap berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan tertentu.

Tabel 4.4
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Onyx

Keterangan	Kode	Satuan	A	B
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	5000	5000
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4984,1	4984,6
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3114,5	3117,5

Keterangan	Kode	A	B	Rata - Rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2,643	2,648	2,6455
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2,652	2,656	2,654
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2,666	2,67	2,668
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100 %	0,32	0,31	0,315

Hasil pengujian berat jenis kering permukaan jenuh agregat kerikil sebesar 2,654 yang telah memenuhi syarat ASTM C-33 yaitu 1,60-3,20. Dan penyerapan air sebesar 0,315% yang juga sudah sesuai dengan syarat ASTM C-33 yaitu kurang dari 1%.

4.2 Perancangan Campuran Beton (Mix Design)

Mix design merupakan perencanaan dalam membuat campuran beton yang ideal.

Komposisi beton limbah batu onyx yang didapatkan pada penelitian ini adalah yang tertera pada **Tabel 4.6**, dengan perbandingan semen : air : pasir : agregat kasar *onyx* yakni, 1 : 0,8 : 2,29 : 3,82 dengan faktor air semen (FAS) 0,55.

Tabel 4.5
Perhitungan Mix Design Agregat Onyx

NO	URAIAN	TABEL / GRAFIK	NILAI	SATUAN
1	Kuat tekan yang disyaratkan (2 HR, 5%)	Ditetapkan	20	Mpa
2	Deviasi standar	Diketahui	-	Mpa
3	Nilai Tambah (Margin)	Diketahui	12,000	Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	(1) + (3)	32,000	Mpa
5	Jenis Semen	Ditetapkan	Normal (Tipe I)	-
6	Jenis Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah	-
	Jenis Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir	-
7	Faktor Air Semen Bebas	Tabel 2, Grafik 1/2	0,55	-
8	Faktor Air Semen Maksimum	Ditetapkan	0,60	-
9	Slump	Ditetapkan	60 - 180	mm
10	Ukuran Agregat Kasar Maksimum	Ditetapkan	20	mm
11	Kadar Air Bebas	TABEL 6	225	kg/m ³
12	Kadar semen	(11) : (7)	375,00	kg/m ³
13	Jumlah Semen Maksimum	Ditetapkan	-	-
14	Jumlah Semen Minimum	Ditetapkan	275	kg/m ³
15	FAS yg disesuaikan	-	-	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 - 6	Zona 1	-
17	Persen agregat halus	Grafik 13 - 15	37,5%	-
18	Berat jenis relatif gabungan (SSD)	Diketahui	2,655	kg/m ³
19	Berat isi beton	Grafik 16	2280	kg/m ³

20	Kadar agregat gabungan	(19) - (11) - (12)	1680	kg/m ³
21	Kadar agregat halus	(17) * (20)	630	kg/m ³
22	Kadar agregat kasar	(20) - (21)	1050	kg/m ³

Tabel 4. 6
Campuran Beton Onyx

Banyaknya Bahan (Teoritis)	Semen (kg)	Air (kg/m ³)	Ag. Halus (kg)	Ag. Kasar (kg)
Tiap m ³ dg ketelitian 5kg (Teoritis)	275,00	225,00	630,00	1050,00
Tiap campuran benda uji	25,49	0,09	58,40	97,34
Tiap m ³ dg ketelitian 5kg (Aktual)	275,00	225,00	630,00	1050,00
Tiap campuran benda uji	35,69	29,20	81,77	136,28
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1	0,8	2,3	3,8
Proporsi (Aktual)	1	0,8	2,29	3,82

4.3 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm bermaksud untuk mengetahui mutu kuat beton yang telah direncanakan. Dengan alat *Compression Testing Machine* pengujian ini dilakukan, setelah beton berusia 28 hari. Pada pengujian kuat tekan silinder beton digunakan 15 benda uji beton agregat onyx.

Tabel 4. 7
Kuat Tekan Silinder Beton Onyx

No	Tanggal Pengecoran	Kode Beton	Beban (kN)	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	24/09/2020	SO-1	293	12,62	176,786	16,57	18,55
2	24/09/2020	SO-2	220	12,33		12,44	
3	24/09/2020	SO-3	302	12,37		17,08	
4	24/09/2020	SO-4	303	12,56		17,14	

5	24/09/2020	SO-5	307	12,32	17,37
6	28/09/2020	SO-6	379	12,57	21,44
7	28/09/2020	SO-7	370	12,64	20,93
8	28/09/2020	SO-8	341	12,66	19,29
9	28/09/2020	SO-9	230	12,65	13,01
10	28/09/2020	SO-10	362	12,81	20,48
11	01/10/2020	SO-11	391	12,73	22,12
12	01/10/2020	SO-12	293	12,42	16,57
13	01/10/2020	SO-13	439	12,82	24,83
14	01/10/2020	SO-14	359	12,69	20,31
15	01/10/2020	SO-15	331	12,5	18,72

Pengujian tekan tekan silinder beton diperoleh nilai rata-rata kekuatan tekan beton agregat *onyx* sebesar 18,55 MPa. Nilai rata-rata kuat tekan yang dihasilkan kurang dari nilai kuat tekan yang ditargetkan ($f'c = 32$ MPa). Tidak memenuhi target kuat tekan yang direncanakan karena pada saat pembuatan benda uji dilakukan uji tes slump. Dan didapatkan bahwa tidak sesuai dengan *mix design* yang telah direncanakan. Maka dari itu ditambahkannya material agregat kasar, agregat halus, dan semen. Sehingga mencapai uji slump yang ditargetkan.

Tabel 4. 8

Perhitungan Nilai Rata-rata Kuat Tekan Beton

No	Kode	X	Xrt	X-Xrt	(X-Xrt) ²
1	SO-1	16,574	18,55	-2,033	4,131
2	SO-2	12,444		-6,162	37,969
3	SO-3	17,083		-1,524	2,321
4	SO-4	17,139		-1,467	2,152
5	SO-5	17,366		-1,241	1,539
6	SO-6	21,438		2,832	8,021
7	SO-7	20,929		2,323	5,396
8	SO-8	19,289		0,683	0,466
9	SO-9	13,010		-5,596	31,318
10	SO-10	20,477		1,870	3,499

11	SO-11	22,117	3,511	12,326
12	SO-12	16,574	-2,033	4,131
13	SO-13	24,832	6,226	38,763
14	SO-14	20,307	1,701	2,893
15	SO-15	18,723	0,117	0,014
Jumlah				154,938

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

$$Sd = \sqrt{\frac{154,938}{(15-1)}}$$

$$= 3,3267 \text{ Mpa}$$

Perhitungan kuat tekan karakteristik beton

$$f^c = f^{cr} - k.s$$

$$f^{cr} = 18,55 \text{ Mpa}$$

$$k = 1,64$$

$$f^c = 18,55 - 1,64(3,3267)$$

$$= 13,094 \text{ Mpa}$$

Dari hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton, didapatkan kuat tekan karakteristik beton lebih kecil daripada kuat tekan beton rata-rata sebesar 13,094 MPa.

4.4 Analisis Perhitungan Sambungan Baut

4.4.1 Pemeriksaan Kekuatan Pelat

- Ditetapkan :

Pelat Baja BJ 37

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Panjang} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 3 \text{ mm}$$

- Luas

$$A_g = 3 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_n = U \cdot A_e = A_g - n \cdot d \cdot t \rightarrow U = 1, \text{ sehingga } A_n = A_e$$

$$A_n-\phi 6 \text{ mm} = 300 - 2(6 + 2)(3) = 252 \text{ mm}^2$$

$$A_n-\phi 8 \text{ mm} = 300 - 2(8 + 2)(3) = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_n-\phi 10 \text{ mm} = 300 - 2(10 + 2)(3) = 228 \text{ mm}^2$$

- Kekuatan Pelat

Leleh : $T_n = f_y \cdot A_g = 240 \cdot 300 = 72000 \text{ N} = 7,2 \text{ ton}$

Fraktur $\phi 6 \text{ mm}$: $T_n = f_u \cdot A_e = 370 \cdot 252 = 93240 \text{ N} = 9,324 \text{ ton}$

Fraktur $\phi 8 \text{ mm}$: $T_n = f_u \cdot A_e = 370 \cdot 240 = 88800 \text{ N} = 8,880 \text{ ton}$

Fraktur $\phi 10 \text{ mm}$: $T_n = f_u \cdot A_e = 370 \cdot 228 = 84360 \text{ N} = 8,436 \text{ ton}$

Fraktur rata-rata = 8,88 ton

4.4.2 Tahanan Nominal Baut

- Geser

$$R_n = m \times r_l \times f_u^b \times A_b$$

Maka didapatkan nilai tahanan geser baut tiap diameter sebagai berikut :

$$R_n \phi 6 \text{ mm} = 0,170 \text{ ton / baut}$$

$$R_n \phi 8 \text{ mm} = 0,302 \text{ ton / baut}$$

$$R_n \phi 10 \text{ mm} = 0,471 \text{ ton / baut}$$

Dari perhitungan Tahanan Nominal Geser, maka digunakan tahanan nominal geser baut

$$R_n \phi 6 \text{ mm} = 0,170 \text{ ton / baut}$$

$$R_n \text{ baut } \phi 6 \text{ mm} = 0,170 \times 0,85 \times 8 \text{ baut} = 1,156 \text{ ton} = 1156 \text{ kg}$$

$$R_n \phi 8 \text{ mm} = 0,302 \text{ ton / baut}$$

$$R_n \text{ baut } \phi 8 \text{ mm} = 0,302 \times 0,85 \times 8 \text{ baut} = 2,0536 \text{ ton} = 2053,6 \text{ kg}$$

$$R_n \phi 10 \text{ mm} = 0,471 \text{ ton / baut}$$

$$R_n \text{ baut } \phi 10 \text{ mm} = 0,471 \text{ ton} \times 0,85 \times 8 \text{ baut} = 3,2028 \text{ ton} = 3202,8 \text{ kg}$$

4.4.3 Perletakan Baut

Perletakan baut pada plat sebagai berikut :

- Baut $\phi 6 \text{ mm}$

Digunakan jarak antar baut (S) = 40 mm

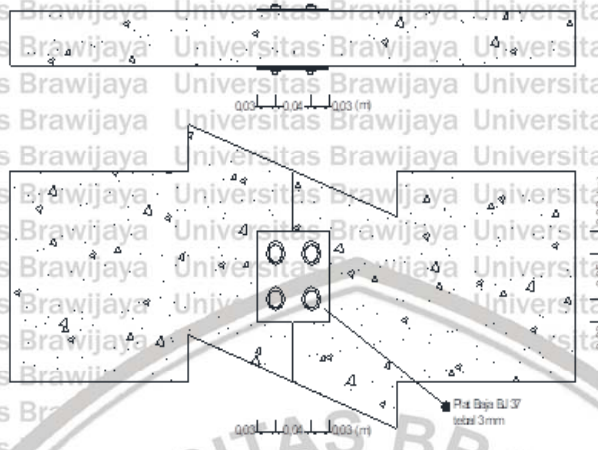
Digunakan jara baut ke tepi plat = 30 mm

- Baut $\phi 8 \text{ mm}$

Digunakan jarak antar baut (S) = 40 mm

Digunakan jara baut ke tepi plat = 30 mm

- Baut $\phi 10$ mm
- Digunakan jarak antar baut (S) = 40 mm
- Digunakan jara baut ke tepi plat = 30 mm

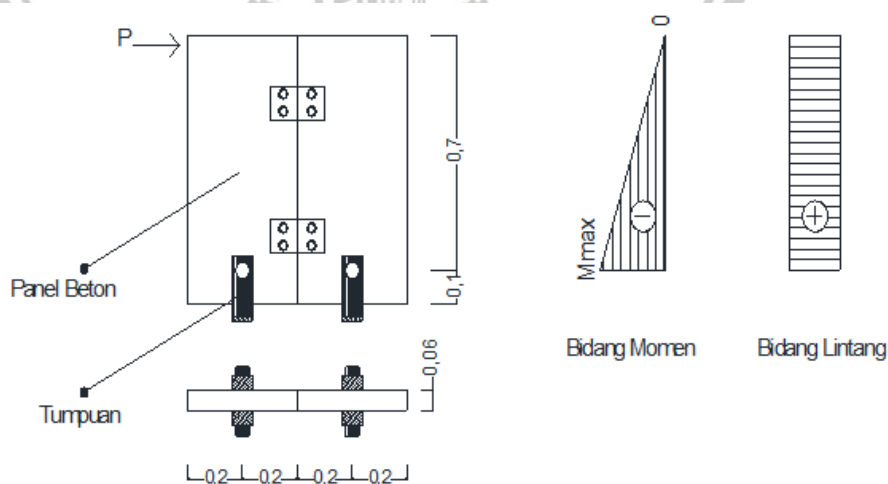


Gambar 4. 3 Letak Sambungan Baut

4.5 Analisis Perhitungan Beban Maksimum Panel Beton (P) Teoritis

4.5.1 Pemodelan struktur

Susunan panel ditumpu dengan tumpuan sendi pada tiap panelnya, sehingga ketika disambungkan tumpuan berlaku menjadi jepit. Seperti pada gambar panel ditumpu oleh dua tumpuan yaitu jepit.



Gambar 4. 4 Model Pembebanan Struktur

4.5.2 Analisis beban P maksimum

Diketahui :

$$\text{Panjang Struktur (L)} = (2 \times 40 \text{ cm}) = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar Panel (b)} = 6 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi Panel (h)} = 80 \text{ cm}$$

Perhitungan P_u teoritis panel onyx dengan f'_c aktual

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c}$$

Dengan :

- harga λ (*lamda*) sebesar = 1, untuk beton normal

$$f'_c = 18,55 \text{ Mpa}$$

Didapatkan perhitungan modulus hancur beton

$$f_r = 0,62 \times 1 \times \sqrt{18,55}$$

$$= 2,6703 \text{ Mpa}$$

$$= 26703 \text{ kg/m}^2$$

Nilai f_r juga dapat disama dengankan nilai σ maka, kita dapat menentukan momennya sebagai berikut :

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

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

$$= \frac{26703 \times \frac{1}{12} \times 0,06 \times 0,8^3}{0,4} = 1709,0061 \text{ kgm}$$

$$M_u = PL$$

$$P_u = \frac{1709,0061}{0,7}$$

$$= 2441,4373 \text{ kg}$$

Maka untuk kapasitas teoritis susunan panel beton sebesar $P_u = 2441,4373 \text{ kg}$

4.6 Pengujian Pasangan Panel Beton

Pengujian pola dan lebar retak dilakukan dengan cara menempatkan beban terpusat pada ujung bentang arah horizontal. Susunan Panel Beton Berdimensi Total

80 x 80 x 6 cm yang telah mencapai umur 28 hari di persiapkan sedemikian rupa di atas tumpuan jepit.

4.6.1 Data pengukuran dimensi aktual panel beton

Ukuran atau dimensi aktual panel beton agregat limbah batu *Onyx* ditampilkan pada **Tabel 4.9**.

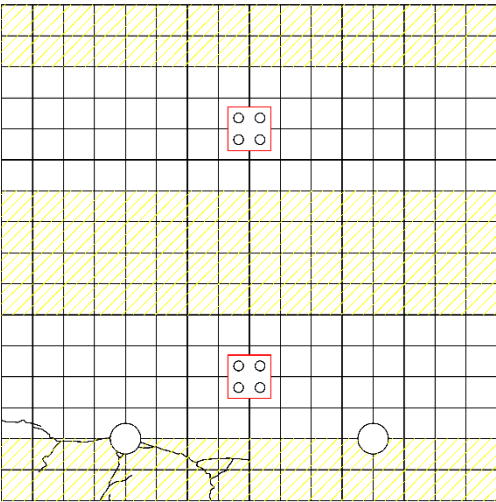
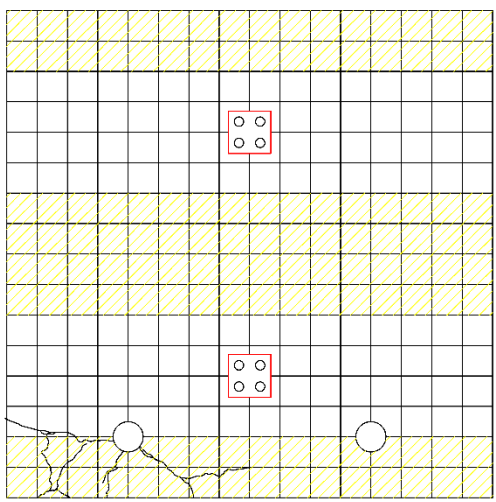
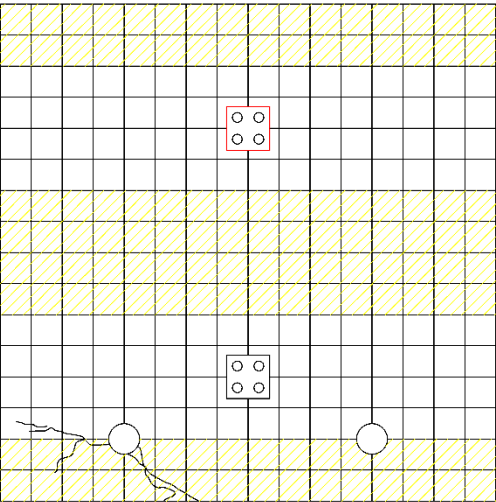
Tabel 4. 9
Dimensi Aktual Panel Beton Onyx

Kode Benda Uji	Panjang (cm)		Lebar (cm)			Tinggi (cm)			Panjang Total (cm)
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Rata-rata	Kiri	Kanan	Rata-rata	
PO-I Ø8	40,2	40,3	6,3	6	6,15	80,3	80,1	80,2	80,5
PO-II Ø10	40,3	40,3	6,1	6,2	6,15	80,7	80,5	80,6	80,7
PO-III Ø6	40	40,2	6,1	6,4	6,25	80,1	80,5	80,3	80,6
PO-1 Ø8	40,5	40,7	6,4	6,4	6,4	80,5	80,3	80,4	81,4
PO-2 Ø10	40,2	40,2	6,9	6,5	6,7	80,5	80,4	80,45	80,8
PO-3 Ø6	40,5	40,2	6,9	6,3	6,6	80,4	80,5	80,45	81
PO-A Ø8	40	40,5	6,2	6,4	6,3	80	80,2	80,1	80,7
PO-B Ø10	40,2	40	6,5	6,3	6,4	80,5	80,4	80,45	80,2
PO-C Ø6	40,2	40,2	6,1	6,4	6,25	80,4	80,3	80,35	80,5

4.6.2 Hasil Pengujian Pola Retak

Hasil pengujian pola retak pada beton dari penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 4.10** sampai **Tabel 4.15**. Panel maupun sambungan baut diameter 6 mm, diameter 8 mm, dan diameter 10 mm menunjukkan retakan yang terjadi di daerah badan susunan panel beton (bagian berwarna kuning) berada hanya di bagian bawah badan. Tidak terjadi keretakan di daerah tengah maupun atas badan susunan panel beton. Pola retak yang ditunjukkan merupakan pola retak geser-lentur. Pada **Tabel 4.16**, **Tabel 4.17**, dan **Tabel 4.18** merupakan pada saat beban beberapa panel akan retak.

Tabel 4. 10
Pola Retak Tampak Depan panel I, II, dan III

Benda Uji	Kode	Pola Retak
Sambungan diameter 6 mm	POIII -Ø6	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal crack line at the bottom. Two circular reinforcement points are located at the bottom. A red box highlights a 2x2 area of four small circles in the upper-middle section of the grid.</p>
Sambungan diameter 8 mm	POI -Ø8	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal crack line at the bottom. Two circular reinforcement points are located at the bottom. A red box highlights a 2x2 area of four small circles in the upper-middle section of the grid.</p>
Sambungan diameter 10 mm	POII - Ø10	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal crack line at the bottom. Two circular reinforcement points are located at the bottom. A red box highlights a 2x2 area of four small circles in the upper-middle section of the grid.</p>

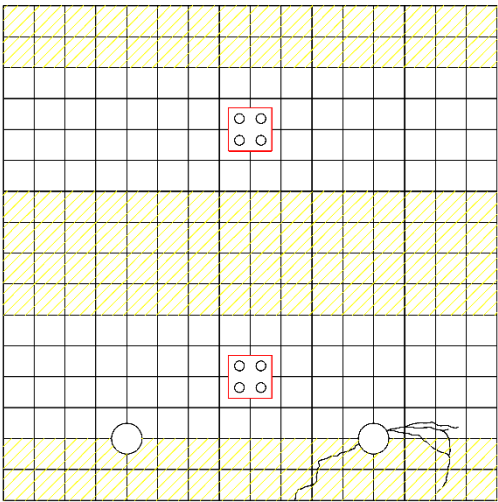
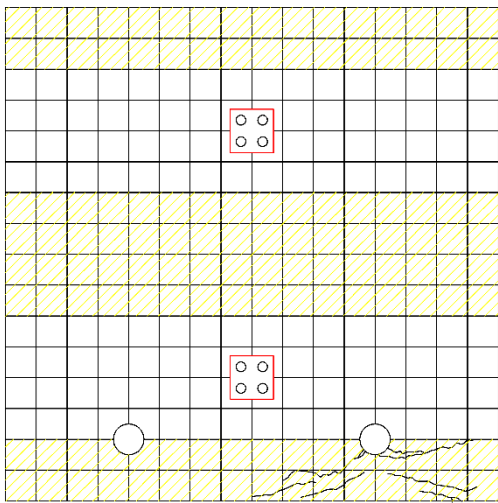
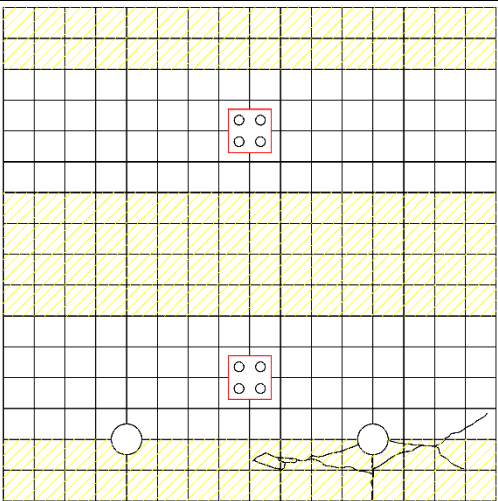
Tabel 4. 11
Pola Retak Tampak Belakang panel I, II, dan III

Benda Uji	Kode	Pola Retak
Sambungan diameter 6 mm	P0III - \varnothing 6	
Sambungan diameter 8 mm	P0I - \varnothing 8	
Sambungan diameter 10 mm	P0II - \varnothing 10	

Tabel 4. 12
Pola Retak Tampak Depan panel 1, 2, dan 3

Benda Uji	Kode	Pola Retak
Sambungan diameter 6 mm	P03 - \varnothing 6	
Sambungan diameter 8 mm	P01 - \varnothing 8	
Sambungan diameter 10 mm	P02 - \varnothing 10	

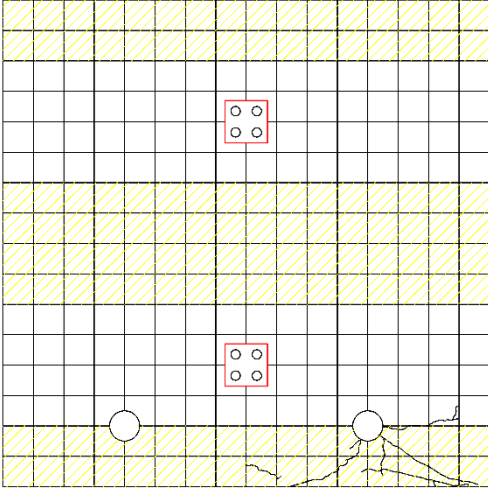
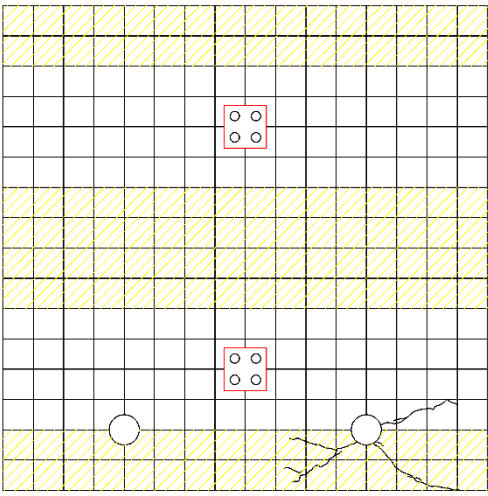
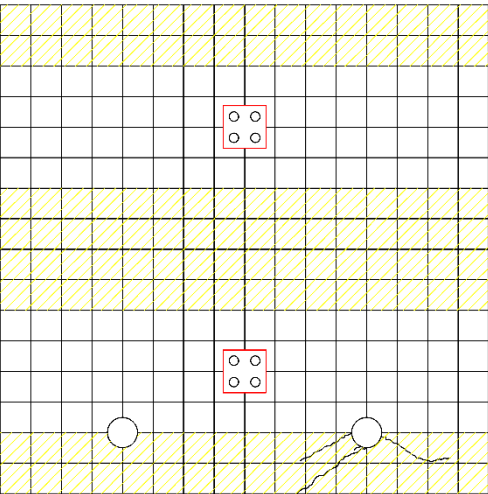
Tabel 4. 13
Pola Retak Tampak Belakang panel 1, 2, dan 3

Benda Uji	Kode	Pola Retak
Sambungan diameter 6 mm	P03 - \emptyset 6	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal crack line at the bottom. A red box highlights a 2x2 grid of four small circles in the upper right quadrant. Two larger circles are positioned on the bottom edge of the grid, with a jagged crack line extending from the right one towards the center.</p>
Sambungan diameter 8 mm	P01 - \emptyset 8	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal crack line at the bottom. A red box highlights a 2x2 grid of four small circles in the upper right quadrant. Two larger circles are positioned on the bottom edge of the grid, with a jagged crack line extending from the right one towards the center.</p>
Sambungan diameter 10 mm	P02 - \emptyset 10	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal crack line at the bottom. A red box highlights a 2x2 grid of four small circles in the upper right quadrant. Two larger circles are positioned on the bottom edge of the grid, with a jagged crack line extending from the right one towards the center.</p>

Tabel 4. 14
Pola Retak Tampak Depan panel A, B, dan C

Benda Uji	Kode	Pola Retak
Sambungan diameter 6 mm	P0C - \varnothing 6	
Sambungan diameter 8 mm	P0A - \varnothing 8	
Sambungan diameter 10 mm	P0B - \varnothing 10	

Tabel 4. 15
Pola Retak Tampak Belakang panel A, B, dan C

Benda Uji	Kode	Pola Retak
Sambungan diameter 6 mm	POC - $\emptyset 6$	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal shaded band across the middle. Two circular markers are placed on the bottom edge. A red box highlights a crack pattern consisting of two vertical lines, each with two small circles at the top and bottom, indicating the location of the 6 mm diameter weld.</p>
Sambungan diameter 8 mm	POA - $\emptyset 8$	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal shaded band across the middle. Two circular markers are placed on the bottom edge. A red box highlights a crack pattern consisting of two vertical lines, each with two small circles at the top and bottom, indicating the location of the 8 mm diameter weld.</p>
Sambungan diameter 10 mm	POB - $\emptyset 10$	 <p>The diagram shows a 10x10 grid with a horizontal shaded band across the middle. Two circular markers are placed on the bottom edge. A red box highlights a crack pattern consisting of two vertical lines, each with two small circles at the top and bottom, indicating the location of the 10 mm diameter weld.</p>

Tabel 4. 16
Beban pada saat terjadi di Diameter 6

No	Depan			Belakang		
	Kode	Retak yang terlihat (Kg)	Retak Selesai (Kg)	Kode	Retak yang terlihat (Kg)	Retak Selesai (Kg)
1	P0III - Ø6	1020	1101	P0III - Ø6	1101	1101
2	P03 - Ø6	1308	1400	P03 - Ø6	1308	1400
3	P0C - Ø6	1114	1478	P0C - Ø6	1243	1478
	Min	1020	1101	Min	1101	1101
	Max	1308	1478	Max	1308	1478

Tabel 4. 17
Beban pada saat terjadi di Diameter 8

No	Depan			Belakang		
	Kode	Retak yang terlihat (Kg)	Retak Selesai (Kg)	Kode	Retak yang terlihat (Kg)	Retak Selesai (Kg)
1	P0III - Ø8	1025	1125	P0III - Ø8	1025	1125
2	P03 - Ø8	1219	1300	P03 - Ø8	1219	1300
3	P0C - Ø8	1478	1599	P0C - Ø8	1478	1599
	Min	1025	1125	Min	1025	1125
	Max	1478	1599	Max	1478	1599

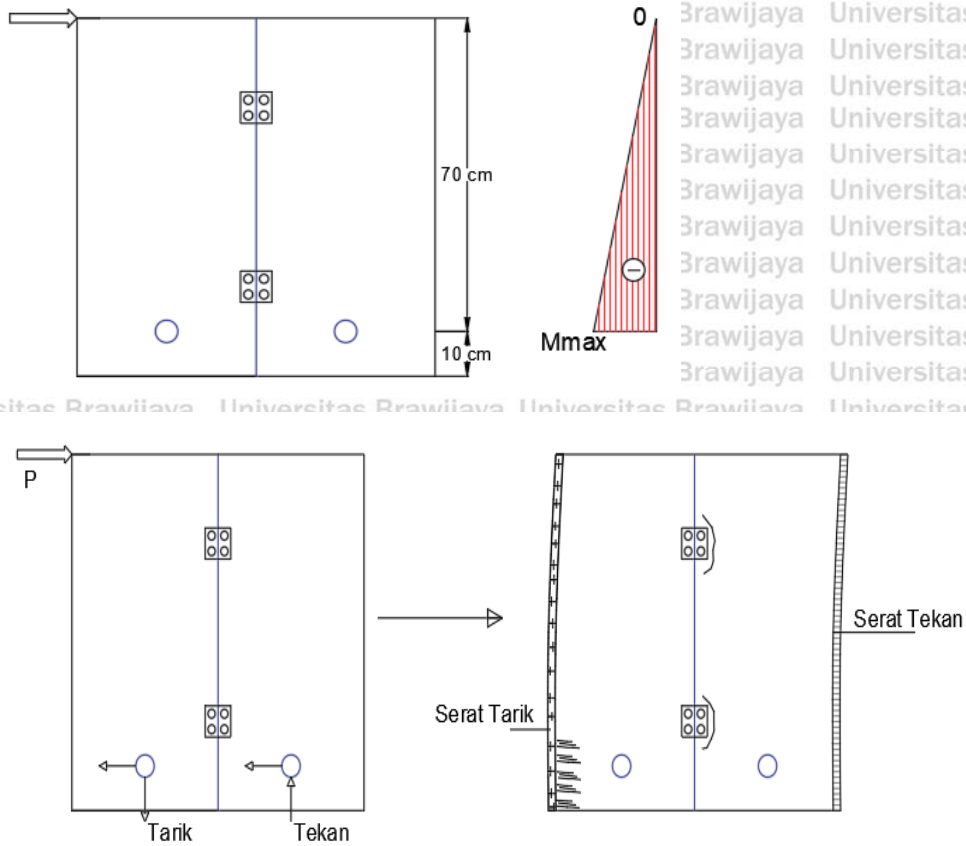
Tabel 4. 18
Beban pada saat terjadi di Diameter 10

No	Depan			Belakang		
	Kode	Retak yang terlihat (Kg)	Retak Selesai (Kg)	Kode	Retak yang terlihat (Kg)	Retak Selesai (Kg)
1	P0III - \emptyset 10	1404	1500	P0III - \emptyset 10	1404	1500
2	P03 - \emptyset 10	1264	1300	P03 - \emptyset 10	1264	1300
3	P0C - \emptyset 10	810	904	P0C - \emptyset 10	810	904
	Min	810	904	Min	810	904
	Max	1404	1500	Max	1404	1500

Dari tabel retak pertama yang terjadi pada daerah badan susunan panel dengan sambungan baut diameter 6 yaitu 1020 kg sampai dengan 1308 kg, sambungan baut diameter 8 yaitu 1025 kg sampai dengan 1478 kg, dan sambungan baut diameter 10 yaitu 810 kg sampai dengan 1404 kg.

Beban yang diberikan hingga pengamatan retak selesai dilakukan untuk sambungan baut diameter 6 yaitu 1001 kg sampai dengan 1478 kg, sambungan baut diameter 8 yaitu 1125 kg sampai dengan 1599 kg, dan sambungan baut diameter 10 yaitu 904 kg sampai dengan 1500 kg.

Pada tabel hasil pola retak tidak ada retak yang terjadi di bagian atas dan bawah badan susunan panel beton melainkan hanya ada di bagian bawah. Hal ini terjadi pada bagian bawah badan panel beton karena nilai momen pada tumpuan lebih besar daripada nilai momen pada bagian badan tengah maupun atas. Pada tumpuan ini berlaku tumpuan jepit, maka momen terbesar berada pada tumpuan. Meskipun tumpuan bukan tumpuan jepit murni.



Gambar 4. 5 Gaya Yang terjadi

Pada **Gambar 4.5**, diketahui bahwa retak pada bagian bawah badan susunan panel beton terjadi karena beban yang mengakibatkan gaya tarik yang cukup besar pada daerah tumpuan. Pada dasarnya beton kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik sehingga mengakibatkan retak awal pada daerah yang mengalami tarik.

Retak geser lentur yang terjadi dibagian tumpuan atau dibagian bawah panel juga diakibatkan oleh kombinasi tegangan lentur dan tegangan geser, dengan memperhitungkan kontribusi penyeimbang dari komponen horisontal gaya tumpuan. Retak berawal dari tumpuan yang bermula dari retak kecil lentur horisontal. Setelah retak stabil, retak diagonal menjadi lebih besar menjadi retak tarik diagonal utama (geser) yang akan menjalar ke serat atas (daerah sekitar pembebanan).

4.6.3 Hasil Lebar Retak

Pemberian beban tidak hanya melihat pola retak saja. Tetapi, dapat melihat lebar retak dengan bantuan alat *Digital Microscope USB*. Pembacaan ini dilakukan di luar dimensi plat yang menumpu tumpuan. Dikarenakan tertutupnya daerah pada plat yang menumpu tumpuan sehingga tidak dapat terbaca. Pembacaan dilakukan hanya dibagian bawah panel karena retak yang terjadi hanya didaerah bawah panel.

Tabel 4. 19
Data pengujian Lebar Retak

No	Kode	Lebar Retak	
		Depan (mm)	Belakang (mm)
1	P0I - $\emptyset 8$	0.967	0.295
		0.294	0.127
		0.331	0.618
2	P0II - $\emptyset 10$	0.484	-
3	P0III - $\emptyset 6$	0.602	0.178
		0.415	0.323
		0.259	
4	P01 - $\emptyset 8$	0.445	0.465
		0.465	-
		0.7	
5	P02 - $\emptyset 10$	0.458	0.322
		0.513	0.542
6	P03 - $\emptyset 6$	0.554	1.32
		0.555	0.364
7	P0A - $\emptyset 8$	0.514	1.32
		0.169	0.243
8	P0B - $\emptyset 10$	0.337	0.414
		0.281	0.606
9	P0C - $\emptyset 6$	1.056	0.316
		-	0.233

Perbedaan lebar retak yang terjadi di setiap diameter. Baik perbedaan maksimum, minimum dan rata-rata lebar retak setiap diameter.

Tabel 4. 20
Lebar Retak maksimum dan minimum di Diameter 6

No	Lebar retak (mm)		
	Kode	Depan (mm)	Belakang (mm)
1	P0III - $\emptyset 6$	0.602	0.323
2	P03 - $\emptyset 6$	0.555	1.32
3	P0C - $\emptyset 6$	1.056	0.316
	Min	0.555	0.316
	Max	1.056	1.32

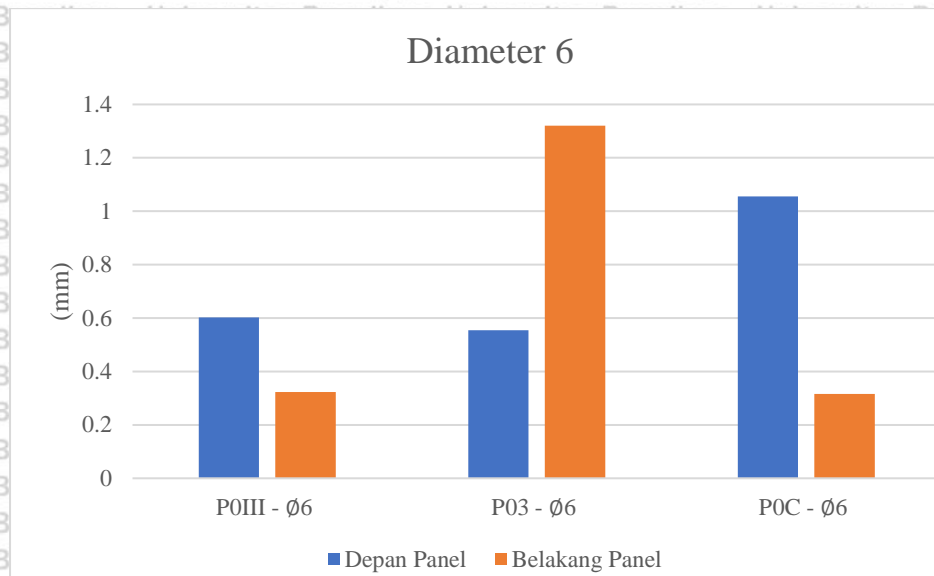
Tabel 4. 21
Lebar Retak maksimum dan minimum di Diameter 8

No	Lebar retak (mm)		
	Kode	Depan (mm)	Belakang (mm)
1	P0I - $\emptyset 8$	0.967	0.618
2	P01 - $\emptyset 8$	0.7	0.465
3	P0A - $\emptyset 8$	0.514	1.32
	Min	0.514	0.465
	Max	0.967	1.32

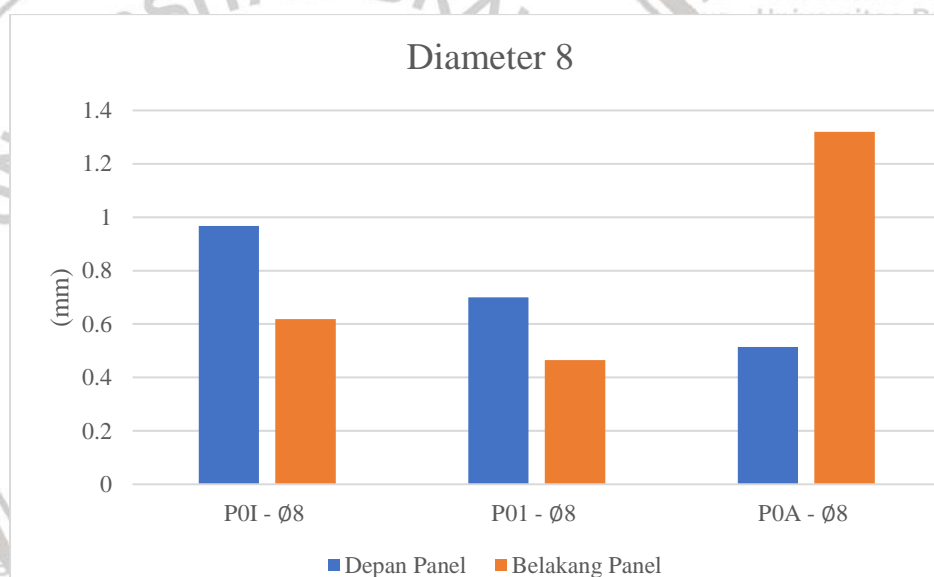
Tabel 4. 22
Lebar Retak maksimum dan minimum di Diameter 10

No	Lebar retak (mm)		
	Kode	Depan (mm)	Belakang (mm)
1	P0II - $\emptyset 10$	0.484	-
2	P02 - $\emptyset 10$	0.513	0.542
3	P0B - $\emptyset 10$	0.337	0.606
	Min	0.337	0.542
	Max	0.513	0.606

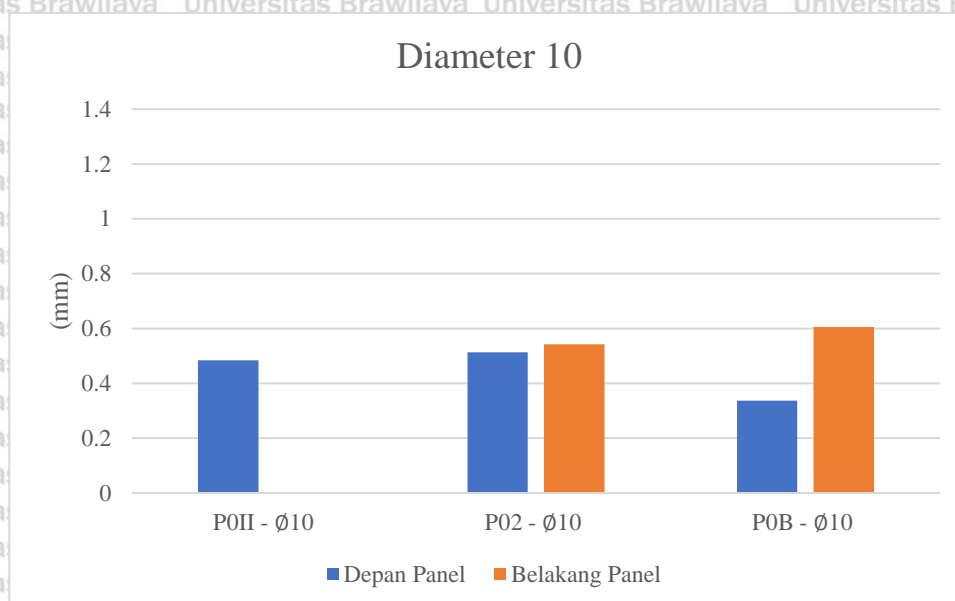
Berdasarkan pada Tabel 4.20, Tabel 4.21, dan Tabel 4.22, berikut adalah hasil diagram batang perbandingannya.



Gambar 4. 6 Diagram Lebar Retak Maksimal Panel sambungan Diameter 6



Gambar 4. 7 Diagram Lebar Retak Maksimal Panel sambungan Diameter 8



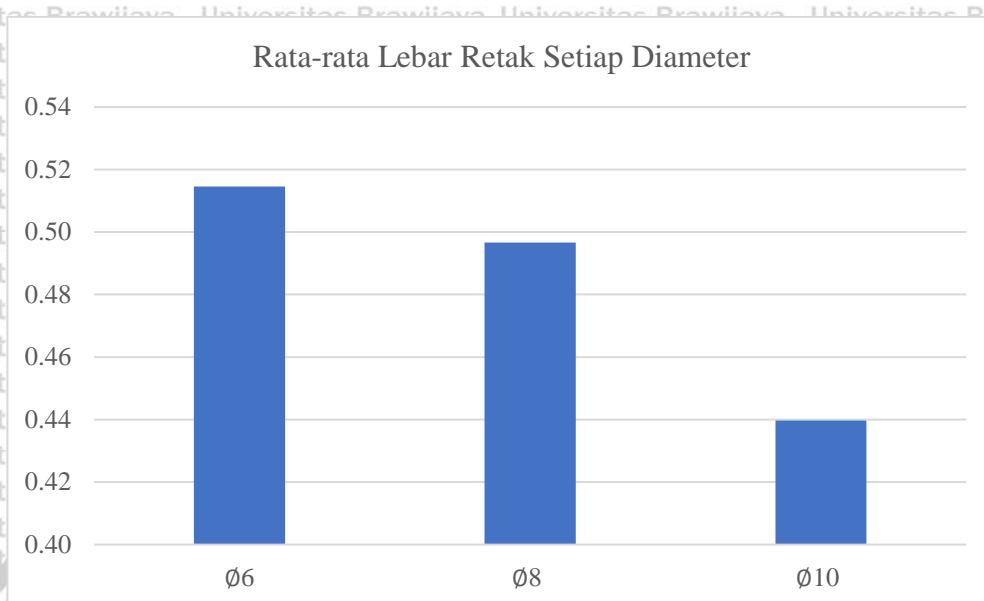
Gambar 4. 8 Diagram Lebar Retak Maksimal Panel sambungan Diameter 10

Dari tabel diatas, pada diameter 6 lebar retak maksimum yaitu 1,32 mm dan lebar retak mininum yaitu 0,316 mm. Untuk diameter 8 lebar retak maksimum 1,32 mm dan lebar retak mininum yaitu 0,465 mm. Diameter 10 lebar retak maksimum yaitu 0,606 mm dan lebar retak mininum yaitu 0,337 mm. Pada panel II dengan sambungan diameter 10 pada panel belakang sebenarnya memiliki retak. Tetapi karena tertutup oleh tumpuan maka tidak bisa dilakukan pembacaan lebar retak oleh *Digital Microscope USB*.

Tabel 4. 23
Rata-rata Lebar Retak Setiap Diameter

Diameter	Lebar Retak	Diameter	Lebar Retak	Diameter	Lebar Retak
Ø6	0.602	Ø8	0.967	Ø10	0.484
	0.415		0.294		0.337
	0.259		0.331		0.281
	0.178		0.295		0.414
	0.323		0.618		0.606
	0.554		0.127		0.458
	0.555		0.445		0.513
	1.32		0.465		0.322
	0.364		0.7		0.542
	1.056		0.465		
	0.316		0.514		
	0.233		0.169		

			1.32		
			0.243		
Rata-rata	0.5146	Rata-rata	0.4966	Rata-rata	0.4397



Gambar 4. 9 Diagram Rata-rata Lebar Retak setiap diameter

Dari diagram di atas terlihat lebar rata-rata di daerah bawah badan susunan panel beton diameter 6 adalah 0,5146 mm, diameter 8 adalah 0,4966 mm, dan diameter 10 adalah 0,4397 mm. Dapat terlihat dari diagram diatas bahwa semakin besar sambungan yang digunakan maka semakin kecil lebar retak yang terjadi.

Lebar retak dipengaruhi oleh tegangan yang terjadi. Tegangan yang terjadi di suatu titik dapat diminimalisir dengan cara memberikan atau di *trasfer* tegangan kepada sambungan. Semakin besar diameter sambungan maka tegangan dapat diminimalisir.

Untuk perhitungan tegangan pada salah satu sambungan baut :

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$D = 6 \text{ mm}$$

$$s = 3 \text{ mm}$$

$$n = \text{jumlah baut} = 4 \text{ baut}$$

$$F_{P0111-\phi 6} = 1101 \text{ g}$$

$$\tau = \frac{F}{(b-n.D)s}$$

$$= \frac{1101}{(100 - 6.4)^3}$$

$$= 4,8289 \text{ Kg/mm}^2$$

Tabel 4. 24

Tegangan pada salah satu sambungan panel diameter 6

No	Kode	Retak Selesai (Kg)	Tegangan (Kg/mm ²)
1	P0III - Ø6	1101	4.8289
2	P03 - Ø6	1400	6.1404
3	POC - Ø6	1478	6.4825
Rata-rata			5.8173

Tabel 4. 25

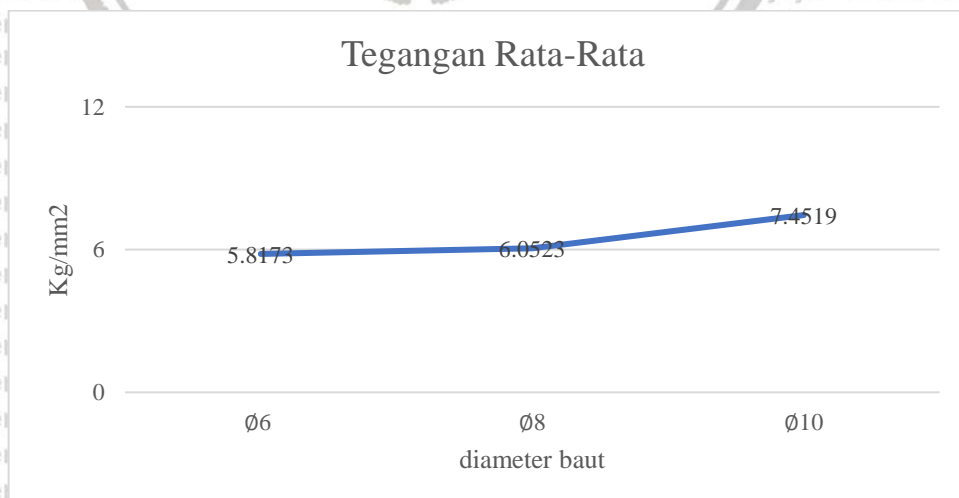
Tegangan pada salah satu sambungan panel diameter 8

No	Kode	Retak Selesai (Kg)	Tegangan (Kg/mm ²)
1	P0I - Ø8	1125	6.2500
2	P01 - Ø8	1300	7.2222
3	P0A - Ø8	1599	8.8833
Rata-rata			7.4519

Tabel 4. 26

Tegangan pada salah satu sambungan panel diameter 10

No	Kode	Retak Selesai (Kg)	Tegangan (Kg/mm ²)
1	P0II - Ø10	1500	7.3529
2	P02 - Ø10	1300	6.3725
3	P0B - Ø10	904	4.4314
Rata-rata			6.0523



Gambar 4. 10 Tegangan Rata-rata pada sambungan.

Dari grafik tersebut diperoleh bahwa semakin besar sambungan diameter baut maka semakin besar juga tegangan yang ada di sambungan. Ini menjelaskan bahwa tegangan yang ada di panel dapat disalurkan ke sambungan dan dapat diterima oleh sambungan lebih besar apabila diameter semakin besar. Sehingga lebar retak yang terjadi akan semakin kecil apabila diameter baut semakin besar karena tegangan yang ada di panel semakin kecil.





(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini disimpulkan mengenai pola dan lebar retak dari susunan panel beton batu *onyx* dengan sambungan baut yang berdiamter 6 mm, 8 mm, dan 10 mm sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa pola retak yang terjadi hanya berada pada bagian bawah badan panel sedangkan bagian tengah dan atas badan tidak terjadi retak. Bagian bawah badan panel mengalami pola retak geser-lentur. Dimana pola retak geser-lentur yang terjadi berada pada semua panel dengan baut diameter 6 mm, 8 mm, dan 10 mm. Hal ini terjadi karena nilai momen pada tumpuan (bagian bawah badan) lebih besar daripada nilai momen pada bagian badan tengah maupun atas.
2. Hasil pengamatan pengujian lebar retak rata-rata pada susunan dinding panel beton *onyx* dibagian bawah badan panel pada sambungan diameter 6 lebar rata-rata adalah 0,5146 mm, diameter 8 adalah 0,4966 mm, dan diameter 10 adalah 0,4397 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar diameter sambungan maka semakin kecil lebar retak yang terjadi pada daerah badan dikarenakan tegangan yang terjadi pada badan panel semakin kecil apabila diameter baut semakin besar.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, diberikan beberapa saran bagi pembaca agar dapat digunakan pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Pada penelitian selanjutnya agar lebih teliti dalam memperhitungkan komposisi material dan pencampuran beton di laboratorium untuk mencapai hasil yang maksimal dan mencegah terjadinya kerusakan pada beton.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat di gunakan jenis sambungan yang berbeda sehingga dapat di bandingkan dengan penggunaan sambungan plat dan baut.

3. Diharapkan ketelitian dalam merancang tumpuan sehingga pada penelitian berikutnya bisa mengurangi resiko beton yang hancur pada daerah tumpuan.



DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-1729-2002. Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 7394 : 2008. Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan dan perumahan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Aqli, Kharimatul. (2018). *Pengaruh Limbah Batu Onyx Pengganti Agregat Kasar Beton Terhadap Lebar Retak Balok Beton Bertulang*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Malang.
- Chelcea, Amelia (2017). *Studi Perbandingan Pola Retak Pada Beton Normal dan Beton dengan Sambungan Model Takik Akibat Beban Siklik Lateral*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Marble Institute of America. (2011). *Calcareous Onyx*. Ohio. Technical Bulletin.
- Marble Institute of America. (2016). *Marble and Onyx*. Ohio. An excerpt from the dimension stone design manual version VIII.
- R, Badi' Aushaf Luthfiah. (2019). *Pengaruh Proses Finishing Terhadap Pola dan Lebar Retak Struktur Panel Beton Limbah Onix*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Malang.
- Setyowati, E W; Soehardjono A dan Wisnumurti. 2017. *Concrete with Onyx Waste Aggregate as Aesthetically Valued Structural Concrete* ; Jurnal Jurusan Teknik Sipil.
- Setyowati, Edhi Wahjuni. (2016). *Kuat tekan Beton Limbah Batu Onix Tulungagung*: Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Malang.
- Setyowati, Edhi Wahjuni. 2020. *Beton Modifikasi Limbah Batu Onix*. Malang : Penerbit Media Nusa Creative
- SK Standar Nasional Indonesia 04-1989-F. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Standarisasi Nasional . (2004). *SNI 15-2049-2004. Semen Portland*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Suryandri, Wenti Asri. (2018). *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Lebar Retak Balok Beton Bertulang*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Malang.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Tabel L.1.1
Gradasi agregat halus

Lubang Saringan		Pasir			
no	mm	Tertinggal gram	% Tertinggal	% Kumulatif Tertinggal	% Kumulatif 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	75	7,610	7,610	92,390
8	2,38	88,50	8,980	16,591	83,409
16	1,19	246	24,962	41,553	58,447
20	0,59	325	32,978	74,531	25,469
50	0,297	167	16,946	91,476	8,524
100	0,149	40	4,059	95,535	4,465
200	0,075	36	3,653	99,188	0,812
Pan		8	0,812	100,000	0,000
Σ =		985,5	100	327,296	

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan no. } \frac{3}{8} \text{ hingga sampai no. } 100}{100}$$

$$= \frac{327,296}{100} = 3,273$$

Maka ditentukan dari grafik termasuk dalam zana = 1

Lampiran 2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Tabel L.2. 1

Gradasi agregat kasar

Lubang Saringan		ONYX			
no	mm	Tertinggal gram	% %	% Kumulatif 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	100,00	1,00	1,00	99,00
0,5	12,7	300,00	3,00	4,00	96,00
0.375"	9,5	5200,00	52,00	56,00	44,00
4	4,76	4400,00	44,00	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		-	-	-	-
Σ =		10000	100,0	761,00	

$$\text{Modulus halus pasir} = \frac{\% \text{ yang tertahan ayakan no. } \frac{3}{4} \text{ hingga sampai no. } \frac{3}{8}}{100}$$

$$= \frac{761}{100} = 7,61$$

Maka ditentukan dari grafik, termasuk dalam zona = 3

Lampiran 3 Kadar air Agregat

- Kadar Air Onyx

Tabel L.3. 1

Kadar air agregat kasar onyx

Nomor Talam	Satuan	A	B
Berat talam + Contoh basah	(gr)	32	28,5
Berat talam + Contoh kering	(gr)	31,5	28
Berat Air	(gr)	0,5	0,5
Berat talam	(gr)	6	5,5
Berat contoh kering	(gr)	25,5	22,5
Kadar air	(%)	0,0196	0,0222
Kadar air rata-rata	(%)	0,0209	

- Kadar Air Pasir

Tabel L.3. 2

Kadar air agregat halus pasir

Nomor Talam	Satuan	A	B
Berat talam + Contoh basah	(gr)	45,5	40
Berat talam + Contoh kering	(gr)	43,5	38,5
Berat Air	(gr)	2	1,5
Berat talam	(gr)	3,5	4
Berat contoh kering	(gr)	40	34,5
Kadar air	(%)	0,0500	0,0435
Kadar air rata-rata	(%)	0,0467	

Lampiran 4 Berat Isi

- Berat isi *onyx*

Tabel L.4. 1

Berat isi agregat kasar onyx

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT KASAR ONYX			
1	Berat takaran	(kg)	1,65
2	Berat takaran + air	(kg)	4,8
3	Berat air = (2) - (1)	(kg)	3,15
4	Volume air = (3) / (1)	(cc)	1,909

	TAHAPAN		RODDED	SHOVELED
5	Berat takaran	(kg)	1,65	1,65
6	Berat takaran + benda uji	(kg)	6,30	5,75
7	Berat benda uji = (6) - (5)	(kg)	4,65	4,1
8	Berat isi agregat kasar <i>onyx</i> = (7) / (4)	(kg/cc)	2,436	2,148
9	Berat isi agregat halus rata-rata	(kg/cc)	2,2917	

- Berat isi pasir

Tabel L.4. 2

Berat isi agregat halus pasir

PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT HALUS				
1	Berat takaran	(kg)	1,65	1,65
2	Berat takaran + air	(kg)	4,8	4,8
3	Berat air = (2) - (1)	(kg)	3,15	3,15
4	Volume air = (3) / (1)	(cc)	1,909	1,909
	TAHAPAN		RODDED	SHOVELED
5	Berat takaran	(kg)	1,65	1,65
6	Berat takaran + benda uji	(kg)	5,90	5,15
7	Berat benda uji = (6) - (5)	(kg)	4,25	3,5
8	Berat isi agregat halus = (7) / (4)	(kg/cc)	2,226	1,833
9	Berat isi agregat halus rata-rata	(kg/cc)	2,0298	

Lampiran 5 Pengujian Pasangan Panel

- PO 3-06

Tanggal pengecoran : 01/10/2020

Tanggal pengujian : 23/12/2020

Tabel L.5. 1

Data hasil pengujian psangan panel PO 3-06

BEBAN (Kg)	LVDT Jarak 20 cm dari	Pola Retak				Keterangan retak	LVDT Jarak 5 cm dari
		Depan		Belakang			
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri		



	atas (mm)			atas (mm)
0	0			0
50	-0,25			-0,63
100	-0,5			-1,23
150	-0,68			-1,69
200	-0,83			-2,05
250	-0,99			-2,47
300	-1,19			-2,97
350	-1,29			-3,22
400	-1,43			-3,58
450	-1,54			-3,85
500	-1,68			-4,18
550	-1,7			-4,24
600	-1,76			-4,41
650	-1,82			-4,55
700	-1,89			-4,73
750	-1,96			-4,9
800	-2,04			-5,09
850	-2,14			-5,34
900	-2,26			-5,54
950	-2,39			-5,96
1000	-2,46			-6,13
1100	-2,67			-6,67
1200	-2,85			-7,11
1300	-3,03	V	V	-7,56

Retak pertama terlihat dan panel runtuh

PO 1-Ø8

Tanggal pengecoran : 01/10/2020

Tanggal pengujian : 23/12/2020

Tabel L.5. 2

Data hasil pengujian psangan panel PO 1-Ø8

BEBAN (Kg)	LVDT Jarak 20 cm dari atas (mm)	Pola Retak				Keterangan retak	LVDT Jarak 5 cm dari atas (mm)
		Depan		Belakang			
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri		
0	0						0
100	-0,97						-2,4
200	-1,22						-3,07
300	-1,46						-3,68
400	-1,64						-4,11
500	-1,79						-4,48
600	-1,98						-4,93
700	-2,28						-5,64
800	-2,52						-6,2
900	-2,71						-6,66
1000	-2,99						-7,33
1100	-3,21						-7,85
1200	-3,43		v			Retak pertama terlihat dan panel runtuh	-8,38

▪ PO I - Ø8

Tanggal pengecoran : 28/09/2020

Tanggal pengujian : 28/12/2020

Tabel L.5. 3

Data hasil pengujian psangan panel PO I-Ø8

BEBAN (Kg)	LVDT Jarak 20 cm dari atas (mm)	Pola Retak				Keterangan retak	LVDT Jarak 5 cm dari atas (mm)
		Depan		Belakang			
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri		
0	-1,23						0

100	-2,46						-4,15
200	-2,58						-4,46
300	-2,76						-4,9
400	-2,97						-5,43
500	-3,2						-5,98
600	-3,39						-6,46
700	-3,69						-7,29
800	-3,8						-7,58
900	-3,98						-8,03
1000	-4,32	V		V		Retak pertama terlihat dan panel runtuh	-8,97

▪ PO II - Ø10

Tanggal pengecoran : 28/09/2020

Tanggal pengujian : 28/12/2020

Tabel L.5. 4

Data hasil pengujian psangan panel PO II-Ø10

BEBAN (Kg)	LVDT Jarak 20 cm dari atas (mm)	Pola Retak				Keterangan retak	LVDT Jarak 5 cm dari atas (mm)
		Depan		Belakang			
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri		
0	0						0
100	-1,58						-4,24
200	-1,95						-5,25
300	-2,23						-5,93
400	-2,6						-6,81
500	-2,83						-7,34
600	-3,07						-7,94
700	-3,4						-8,5
800	-3,64						-9,44

900	-3,84					-9,69
1000	-3,93					-9,84
1100	-4,41					-10,92
1200	-4,44					-11,1
1300	-4,63					-11,56
1400	-4,76		v	v	Retak pertama terlihat dan panel runtuh	-12,01

▪ PO III - $\emptyset 6$

Tanggal pengecoran : 28/12/2020

Tanggal pengujian : 28/09/2020

Tabel L.5.5

Data hasil pengujian psangan panel PO III- $\emptyset 6$

BEBAN (Kg)	LVDT Jarak 20 cm dari atas (mm)	Pola Retak				Keterangan retak	LVDT Jarak 5 cm dari atas (mm)
		Depan		Belakang			
		Kanan	Kiri	Kanan	Kiri		
0	0					0	
100	-1,08					-2,91	
200	-1,34					-3,66	
300	-1,5					-3,98	
400	-1,61					-4,38	
500	-1,87					-4,87	
600	-2,06					-5,33	
700	-2,23					-5,75	
800	-2,41					-6,16	
900	-2,66					-6,83	
1000	-3,34		V	V	Retak pertama terlihat dan panel runtuh	-8,58	

PO A - Ø8

Tanggal pengecoran : 24/09/2020

Tanggal pengujian : 29/12/2020

Tabel L.5. 6

Data hasil pengujian psangan panel PO A-Ø8

Beban (Kg)	LVDT Jarak 20 cm dari atas (mm)	Pola Retak				Keterangan retak	LVD T Jarak 5 cm dari atas (mm)	Strain Vertika l Atas x 10 ⁻⁶ (µε)	Strain Horizonta l Atas x 10 ⁻⁶ (µε)	Strain Vertika l Bawah x 10 ⁻⁶ (µε)	Strain Horizonta l Bawah x 10 ⁻⁶ (µε)
		Depan		Belakang							
		Kana n	Kiri	Kana n	Kiri						
0	0					0	0,0	0,0	0,0	0,0	
100	-1,45					-3,8	-3,0	-6,0	0,0	0,0	
200	-1,55					-4,04	-6,0	-9,0	0,0	-2,0	
300	-1,7					-4,43	-8,0	-9,0	-1,0	-2,0	
400	-1,84					-4,8	-11,0	-14,0	-2,0	-2,0	
500	-2,05					-5,16	-12,0	-15,0	-1,0	-4,0	
600	-2,19					-5,5	-12,0	-21,0	-10,0	-2,0	
700	-2,37					-5,98	-14,0	-25,0	-18,0	-3,0	

800	-2,5					-6,34	-19,0	-32,0	-27,0	-4,0
900	-2,63					-6,68	-22,0	-42,0	-39,0	-6,0
1000	-2,81					-7,13	-31,0	-56,0	-49,0	-1,0
1100	-3,02					-7,69	-45,0	-73,0	-66,0	9,0
1200	-3,21					-8,19	-57,0	-77,0	-82,0	10,0
1300	-3,41					-8,71	-64,0	-75,0	-94,0	34,0
1400	-3,69					-9,5	-64,0	-68,0	-106,0	49,0
1500	-3,97	v	v			-10,16	-46,0	-38,0	-101,0	51,0

Retak pertama terlihat dan panel runtuh

■ PO B-Ø10

Tanggal pengecoran : 24/09/2020

Tanggal pengujian : 29/12/2020

Tabel L.5. 7

Data hasil pengujian psangan panel PO B-Ø10

BEBAN (Kg)	LVD T Jarak 20 cm	Pola Retak				Keterangan retak	LVD T Jarak 5 cm	Strain Vertika l Atas x 10 ⁻⁶ (µε)	Strain Horizonta l Atas x 10 ⁻⁶ (µε)	Strain Vertika l Bawah 10 ⁻⁶ (µε)	Strain Horizonta l Bawah x 10 ⁻⁶ (µε)
		Depan Kana Kir n i	Belakang Kana Kir n i								

	dari atas (mm)			dari atas (mm)			$\times 10^{-6}$ ($\mu\epsilon$)	
0	0			0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	-0,96			-2,73	-25,0	-7,0	-2,0	-7,0
200	-1,36			-3,74	-26,0	-4,0	1,0	-9,0
300	-1,6			-4,42	-31,0	-8,0	3,0	-14,0
400	-2,65			-4,23	-33,0	-11,0	4,0	-19,0
500	-2,13			-5,44	-35,0	-14,0	4,0	-25,0
600	-1,91			-5,02	-33,0	-18,0	4,0	-32,0
700	-1,98			-5,32	-30,0	-20,0	7,0	-35,0
800	-2,13	v	v	-5,55	-23,0	-22,0	14,0	-42,0

Retak pertama terlihat dan panel runtuh

PO C-Ø6

Tanggal pengecoran : 24/09/2020

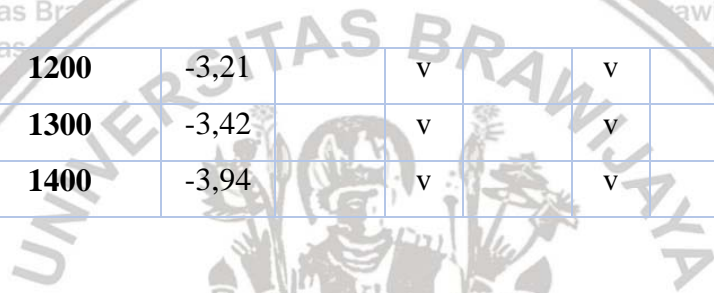
Tanggal pengujian : 30/12/2020

Tabel L.5. 8

Data hasil pengujian psangan panel PO C-Ø6

BEBAN (Kg)	LVD T Jarak 20 cm dari atas (mm)	Pola Retak				Keterangan retak	LVD T Jarak 5 cm dari atas (mm)	Strain Vertika l Atas x 10 ⁻⁶ (μϵ)	Strain Horizonta l Atas x 10 ⁻⁶ (μϵ)	Strain Vertika l Bawah x 10 ⁻⁶ (μϵ)	Strain Horizonta l Bawah x 10 ⁻⁶ (μϵ)
		Depan		Belakang							
		Kana n	Kiri i	Kana n	Kiri i						
0	0					0	0,0	0,0	0,0	0,0	
100	-0,28					-0,69	-2,0	-3,0	7,0	-1,0	
200	-0,51					-1,25	-5,0	-6,0	8,0	-2,0	
300	-0,65					-1,58	-5,0	-5,0	9,0	0,0	
400	-0,83					-1,96	-4,0	-3,0	11,0	2,0	
500	-0,99					-2,34	-2,0	-1,0	15,0	6,0	
600	-1,09					-2,62	-3,0	-3,0	15,0	5,0	
700	-1,25					-2,93	-5,0	-6,0	15,0	5,0	
800	-1,39					-3,27	-6,0	-6,0	14,0	4,0	
900	-1,53					-3,6	-9,0	-10,0	13,0	3,0	
1000	-1,72					-4,01	-8,0	-10,0	15,0	7,0	
1100	-2,26				Retak pertama terlihat	-4,2	-8,0	-18,0	14,0	7,0	

1200	-3,21	v	v		-6,56	-7,0	-21,0	14,0	7,0
1300	-3,42	v	v		-7,7	-4,0	-18,0	16,0	11,0
1400	-3,94	v	v	Beton runtuh	-8,33	-7,0	-24,0	14,0	9,0



Tabel L.5. 9
Data Lebar retak

Kode	Depan (mm)	belakang
P0I - Ø8	0.967	0.295
	0.294	0.127
	0.331	0.618
P0II - Ø10	0.484	
P0III - Ø6	0.602	0.178
	0.415	0.323
	0.259	
P0I - Ø8	0.445	0.465
	0.465	
	0.7	
P02 - Ø10	0.458	0.322
	0.513	0.542
P03 - Ø6	0.554	1.32
	0.555	0.364
P0A - Ø8	0.514	1.32
	0.169	0.243
P0B - Ø10	0.337	0.414
	0.281	0.606
P0C - Ø6	1.056	0.316
		0.233

Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian



Gambar L.6. 1 Pengujian kadar air agregat pasir



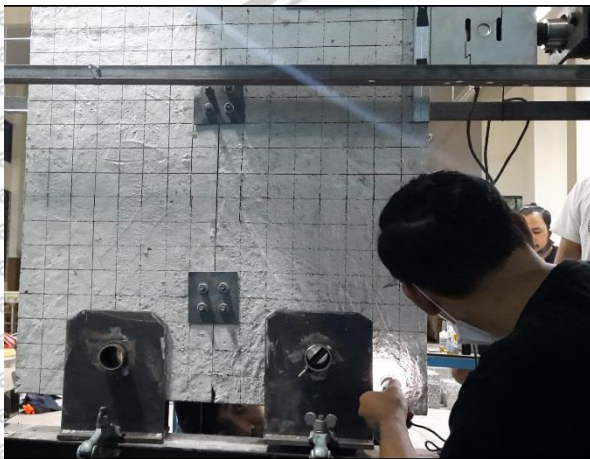
Gambar L.6. 2 Benda uji silinder beton



Gambar L.6. 3 Pengujian kuat tekan silinder beton



Gambar L.6. 4 Pengujian pasangan panel beton onyx



Gambar L.6. 5 Pembacaan Lebar retak



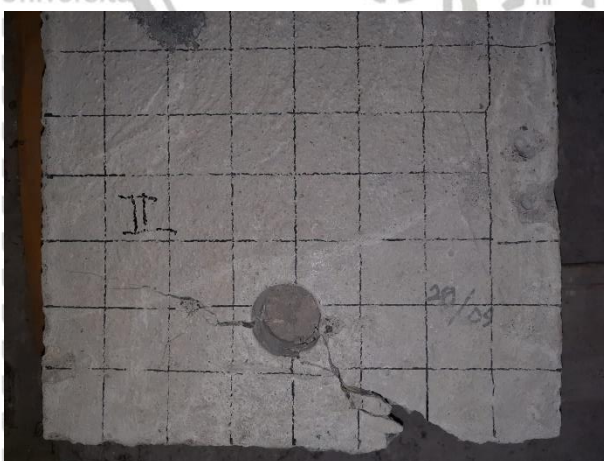
Gambar L.6. 6 Susunan panel beton onyx setelah dilakukan pengujian



Gambar L.6. 7 Pola Retak P0I - Ø8 Depan



Gambar L.6. 8 Pola Retak P0I - Ø8 Belakang

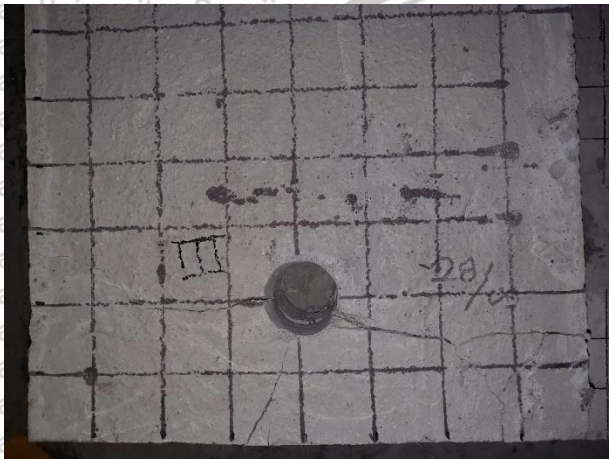


Gambar L.6. 9 Pola Retak P0II - Ø10 Depan





Gambar L.6. 10 Pola Retak POII - Ø10Belakang



Gambar L.6. 11 Pola Retak POIII - Ø6 Depan



Gambar L.6. 12 Pola Retak POIII - Ø6 Belakang



Gambar L.6. 13 Pola Retak P01 - Ø8 Depan



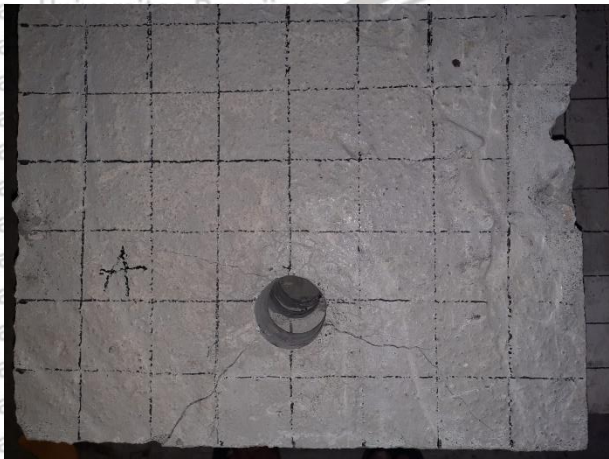
Gambar L.6. 14 Pola Retak P01 - Ø8 Belakang



Gambar L.6. 15 Pola Retak P03 - Ø6 Depan



Gambar L.6. 16 Pola Retak P03 - Ø6 Belakang



Gambar L.6. 17 Pola Retak P0A - Ø8 Depan



Gambar L.6. 18 Pola Retak P0A - Ø8 belakang



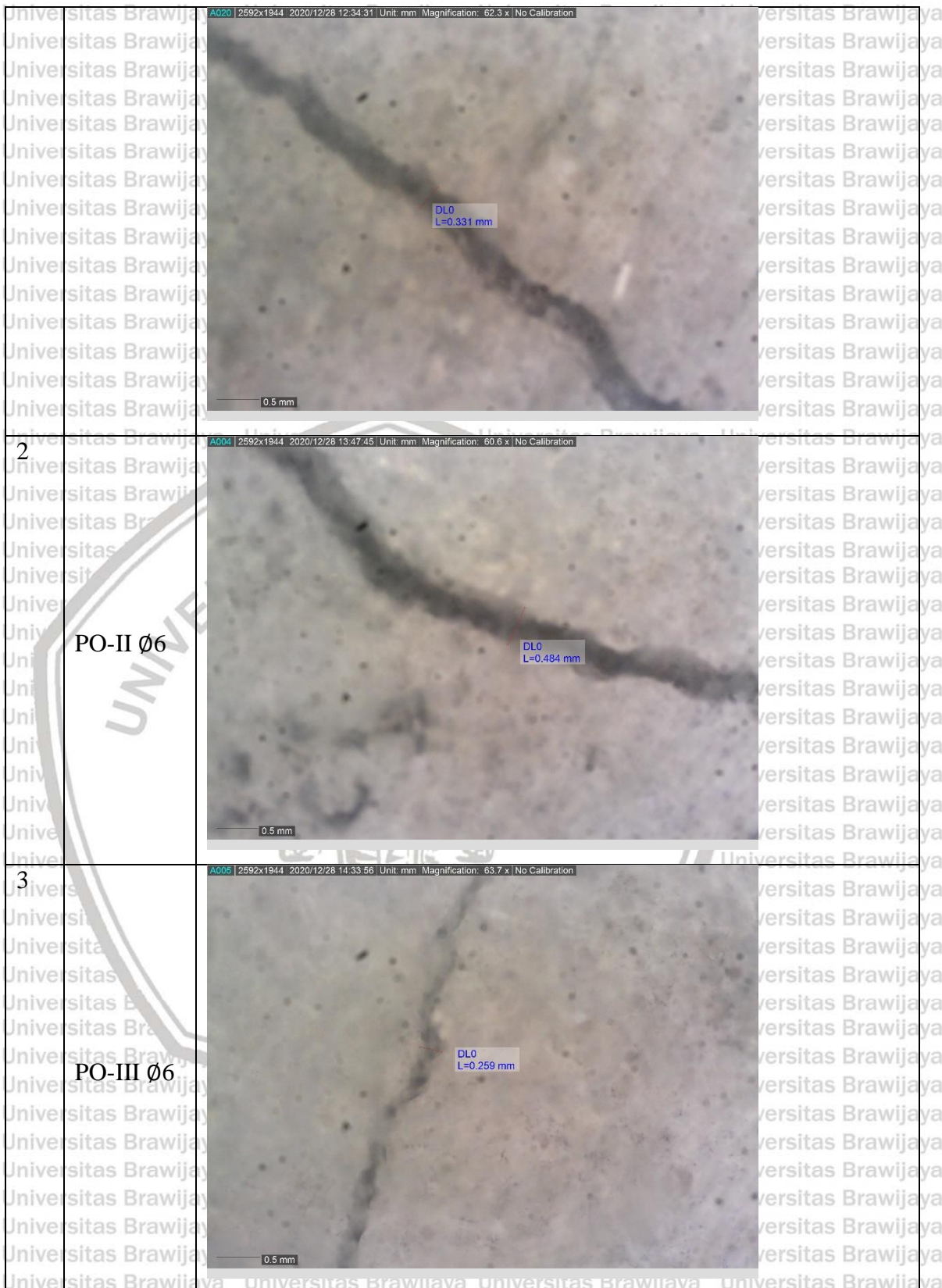
Gambar L.6. 19 Pola Retak P0B - \varnothing 10 Depan

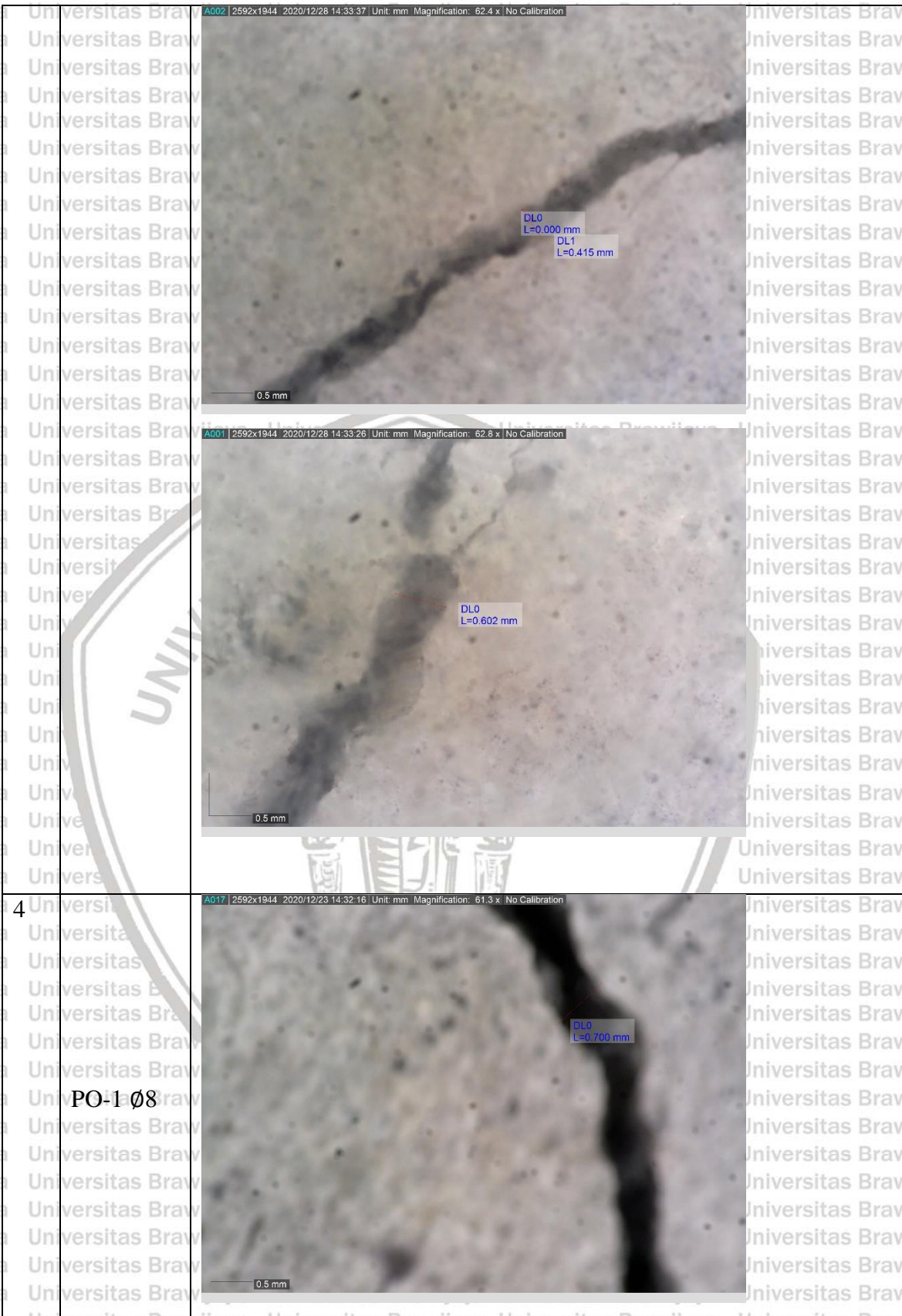


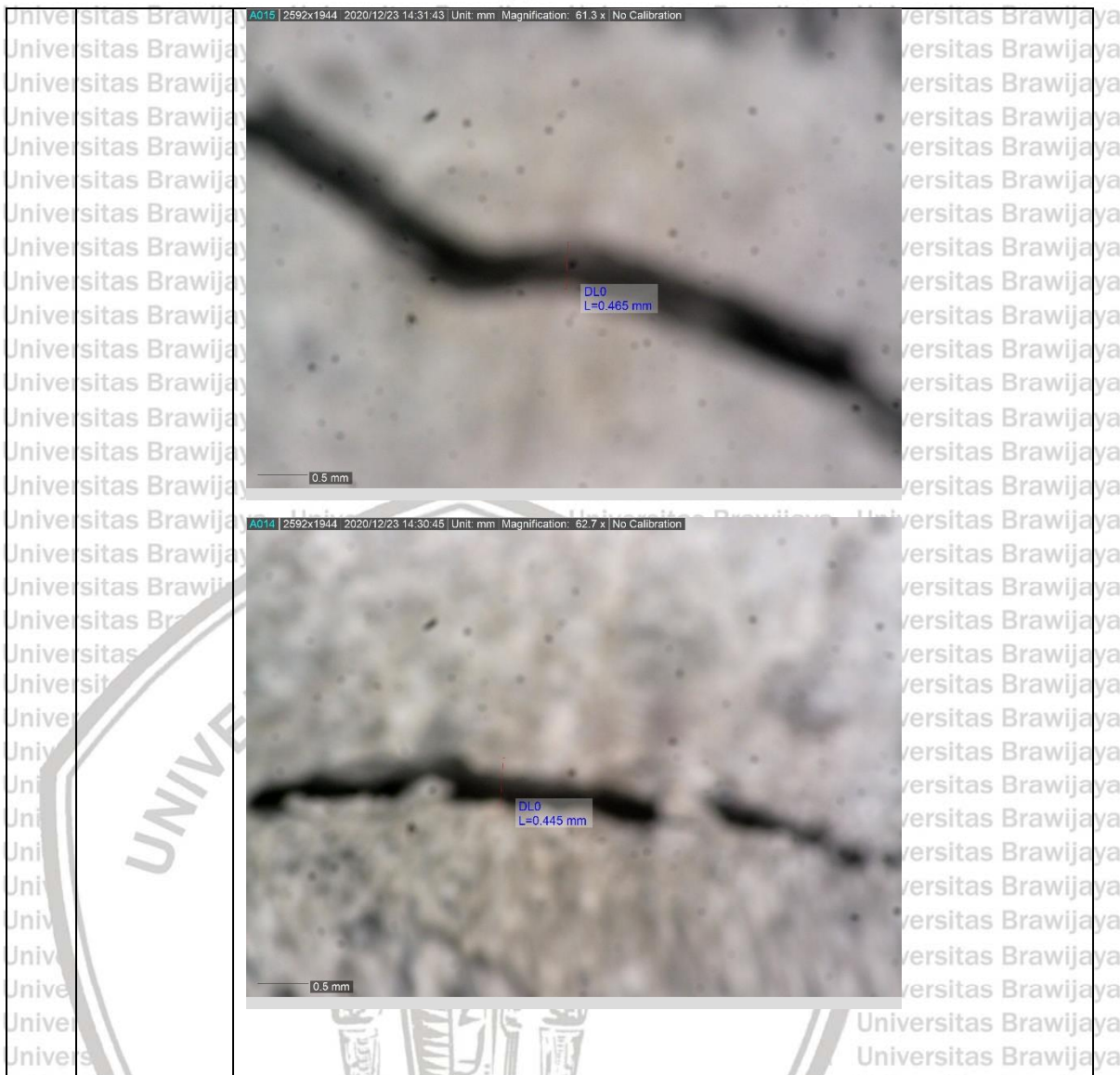
Gambar L.6. 20 Pola Retak P0B - \varnothing 10 Belakang



Gambar L.6. 21 Pola Retak P0C - \varnothing 6 Depan







5



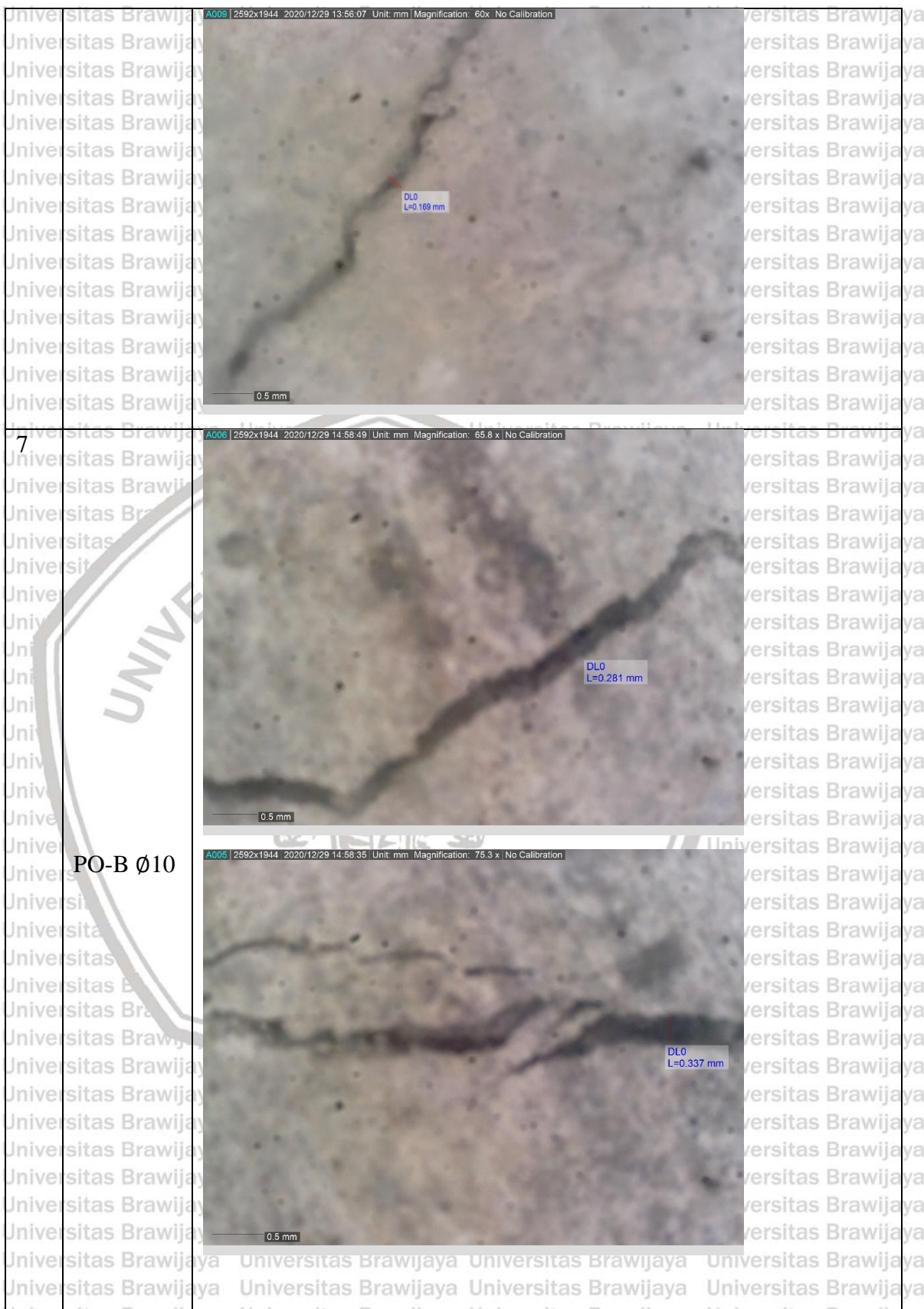
PO-3 Ø6



6



PO-A Ø8







Tabel L.6. 2
Lebar Retak panel daerah badan bagian Belakang

NO	Kode Panel	Gambar Lebar Retak
1	PO-I Ø8	



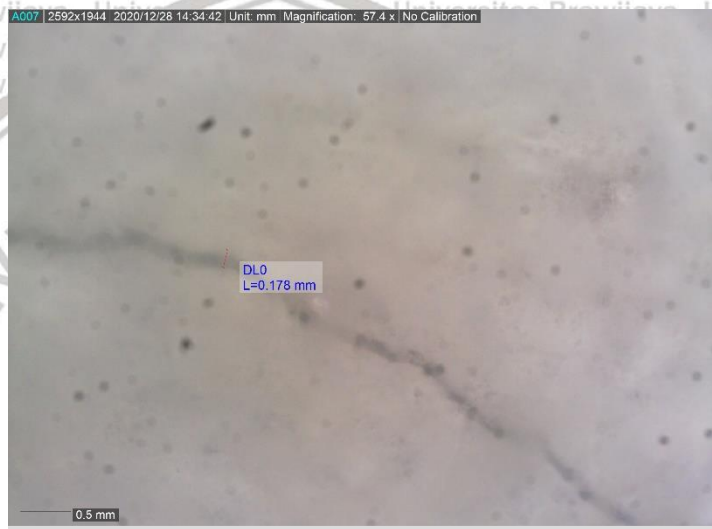
	Universitas Brawijaya	
	Universitas Brawijaya	
2	PO-II Ø6	-



3



PO-III Ø6






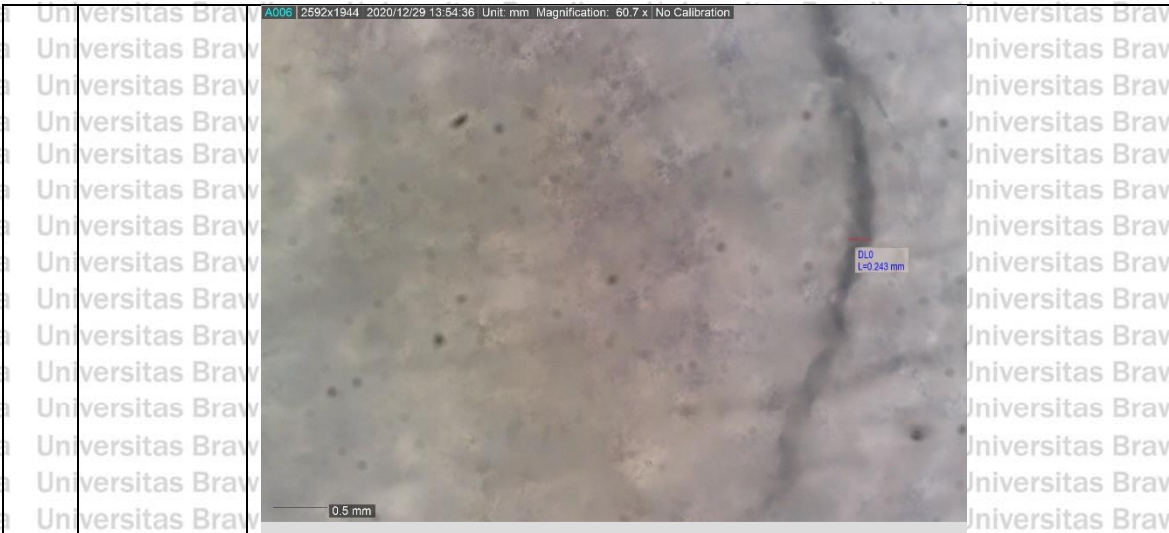
4



PO-1 Ø8



5	
PO-3 Ø6	
6 PO-A Ø8	



PO-B ϕ 10



