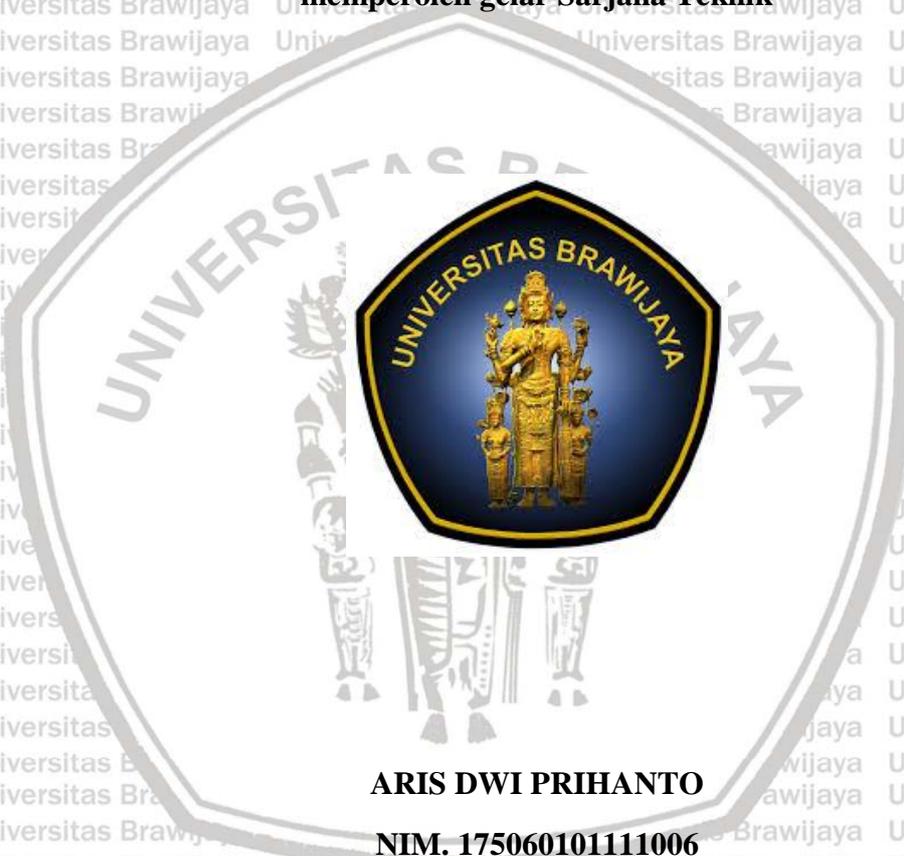


**PENGARUH PENGGUNAAN STYRENE BUTADIENE RUBBER LATEX
TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON POROUS DENGAN
MENGUNAKAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

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



ARIS DWI PRIHANTO

NIM. 175060101111006

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2021



LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENGGUNAAN *STYRENE BUTADIENE RUBBER* *LATEX* TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON POROUS DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ARIS DWI PRIHANTO

NIM. 175060101111006

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 4 Juni 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Eva Arifi, ST., MT.
NIK. 201002771203 2 001

Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.
NIK. 201102 841203 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



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

Jangan pernah berhenti melakukan sesuatu karena lelah,

Berhentilah ketika semua sudah selesai

Terimakasih untuk Keluarga Tercinta

Bapak dan Ibu Dosen

Sahabat Seperjuangan Kuliah

Seluruh Elemen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Brawijaya



HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

Judul Skripsi :
**PENGARUH PENGGUNAAN *STYRENE BUTADIENE RUBBER LATEX* TERHADAP
 KUAT TARIK BELAH BETON POROUS DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT
 KASAR DAUR ULANG**

Nama Mahasiswa : Aris Dwi Prihanto

NIM : 175060101111006

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

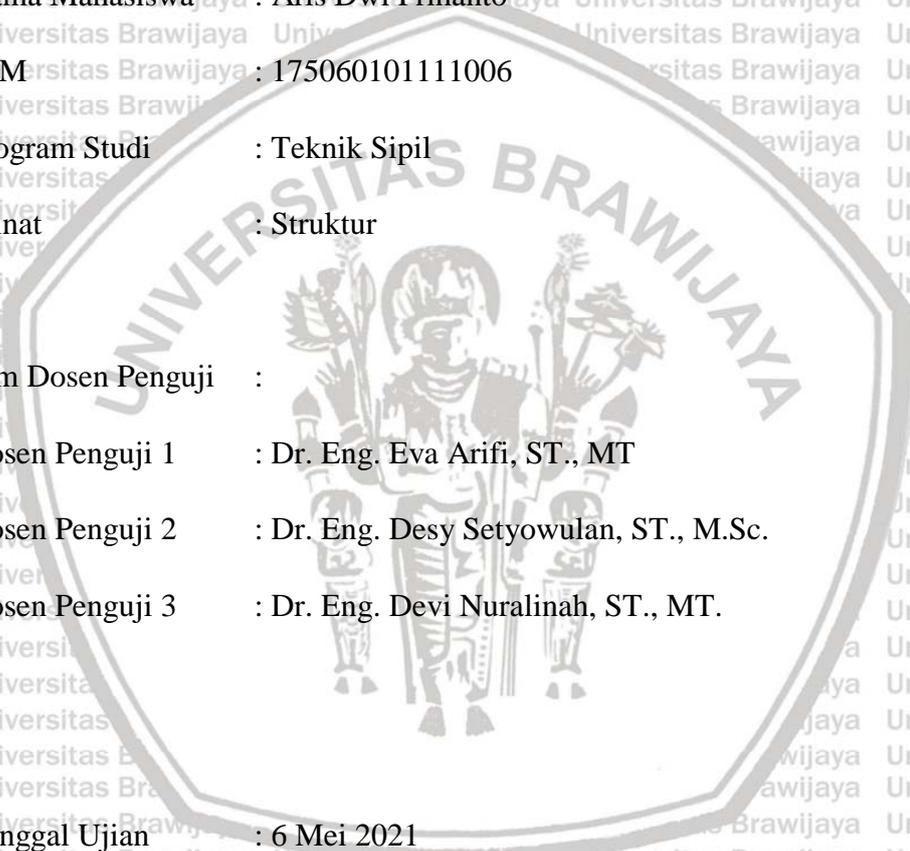
Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Eva Arifi, ST., MT

Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.

Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Devi Nuralinah, ST., MT.

Tanggal Ujian : 6 Mei 2021

SK Penguji : 706/UN10.F07/KP/2021



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas 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 plagiasi, 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, 4 Juni 2021

Mahasiswa,



Aris Dwi Prihanto

NIM. 175060101111006

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGARUH PENGGUNAAN *STYRENE BUTADIENE RUBBER LATEX* TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON *POROUS* DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG” sebagai syarat mahasiswa untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) dan mendapatkan gelar sarjana di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Dalam Penyusunan skripsi tentu banyak hambatan dan rintangan akan tetapi berkat adanya bimbingan dan bantuan baik secara moral maupun spiritual penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi. Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat, doa serta dukungan moral.
2. Bapak Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr.Eng. Eva Arifi ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, dan dosen pembimbing 1.
4. Bapak Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng(Prac), selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Ibu Dr. Eng. Desy Setyowulan ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2.
6. Ibu Dr. Eng. Devi Nuralinah, ST., MT. selaku ketua majelis.
7. Bapak Dr. Eng. Ir. Ming Narto Wijaya, ST., MT., M.Sc., selaku kepala laboratorium struktur dan bahan bangunan.
8. Bapak Sugeng, Bapak Dino, Bapak Hadi selaku Laboran laboratorium struktur.
9. Rekan dan sahabat sesama penelitian dan tugas akhir beton porous (Dito, Nyoman, Mas Julius, Mbak Tasya) yang telah berjuang bersama.
10. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil FT-UB dan seluruh mahasiswa angkatan 2017 jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dan memberikan semangat serta doa dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap agar nantinya hasil yang telah didapatkan pada skripsi ini bisa bermanfaat untuk pribadi dan para pembaca, baik menjadi referensi ataupun bahan bacaan

ilmiah. Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan guna memperoleh hasil yang lebih baik.

Malang, Maret 2021

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Beton Porous	7
2.1.1 Keleccakan (Workability)	8
2.1.2 Void Ratio	9
2.1.3 Permeabilitas	9
2.1.4 Gradasi agregat	10
2.1.5 Faktor Air Semen	11
2.2 Semen Portland Komposit	12
2.3 Agregat Kasar Alami	13
2.4 Agregat Kasar Daur Ulang	13

2.5	Air.....	14
2.6	Bahan Tambah.....	14
2.6.1	Styrene Butadiene Rubber Latex.....	15
2.7	Uji Kuat Tarik Belah.....	15
2.8	Penelitian Terdahulu.....	16
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Variabel Penelitian.....	21
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.4	Analisis Bahan.....	22
3.4.1	Agregat Kasar Daur Ulang.....	22
3.4.2	Agregat Kasar Alami.....	22
3.4.3	Semen Portland Komposit (PCC).....	22
3.4.4	Air.....	22
3.4.5	Styrene Butadiene Rubber (SBR) Latex.....	22
3.5	Rancangan Penelitian.....	23
3.6	Mix Design Beton Porous.....	24
3.7	Pengujian Bahan Dasar.....	25
3.7.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	25
3.7.2	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....	26
3.8	Tahapan Pembuatan Benda Uji.....	26
3.9	Pengujian Terhadap Beton Segar (<i>Fresh Concrete</i>).....	27
3.9.1	Uji Slump (Slump Test).....	27
3.9.2	Pengujian Density dan Void Ratio Pada Beton Segar (<i>Fresh Concrete</i>).....	27
3.10	Pengujian Beton Keras (<i>Hardened Concrete</i>).....	28
3.10.1	Uji Kuat Tarik Belah.....	28
3.10.2	Tahap Curing.....	30

3.11	Tabulasi Hasil Pengujian	30
3.12	Diagram Alir Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Penelitian Pendahuluan	37
4.1.1	Hasil Analisis Berat Isi Agregat Kasar	37
4.1.2	Hasil Analisis Berat Jenis dan Penyerapan	38
4.2	Kelecekan (Workability)	40
4.3	Berat Volume dan <i>Void Ratio</i> Beton Segar	41
4.4	Berat Isi Benda Uji	44
4.5	Kuat Tarik Belah Beton Porous	46
4.6	Hubungan <i>Void Ratio</i> dengan Kuat Tarik Belah	52
4.7	Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Porous	53
BAB V PENUTUP		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		59





Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Syarat Fisika Semen Portland Komposit	12
Tabel 3. 1	Variasi Penelitian	23
Tabel 3. 2	Variasi Benda Uji	24
Tabel 3. 3	Jumlah Sampel Benda Uji	24
Tabel 3. 4	Faktor Benda Uji	25
Tabel 3. 5	Form Kuat Tarik Belah	29
Tabel 3. 6	Form Kuat Tarik Belah Rata-rata	29
Tabel 3. 7	Form Uji Slump	30
Tabel 3. 8	Form Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	31
Tabel 3. 9	Tabel Berat Jenis dan Penyerapan	32
Tabel 3. 10	Tabel Rata-Rata Void Ratio	33
Tabel 3. 11	Form Berat Isi Agregat Kasar	34
Tabel 3. 12	Form Massa Total Campuran	35
Tabel 4. 1	Berat Isi Agregat Kasar Alami	37
Tabel 4. 2	Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang	38
Tabel 4. 3	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami	39
Tabel 4. 4	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang	39
Tabel 4. 5	Hasil Slump Test Fresh Concrete	40
Tabel 4. 6	Void Ratio Beton Porous Agregat Kasar Alami	42
Tabel 4. 7	Void Ratio Beton Porous Agregat Kasar Daur Ulang	42
Tabel 4. 8	Berat Isi Benda Uji Silinder	44
Tabel 4. 9	Berat Isi Rata-Rata	45
Tabel 4. 10	Pengukuran Benda Uji Silinder	47
Tabel 4. 11	Hasil Uji Kuat Tarik Belah	47
Tabel 4. 12	Kuat Tarik Belah Rata-Rata Beton Porous	49
Tabel 4. 13	Data Kuat Tarik Belah Dan Void Ratio Beton Porous	52
Tabel 4. 14	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah	53





Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Beton porous	7
Gambar 2. 2	Hubungan void ratio dengan permeabilitas.....	9
Gambar 2. 3	Hubungan laju permabilitas dengan beton porous.....	10
Gambar 2. 4	Grafik gradasi agregat.....	11
Gambar 2. 5	Uji kuat tarik belah	16
Gambar 3. 1	Ukuran benda uji.....	23
Gambar 3. 2	Uji kuat tarik belah	28
Gambar 3. 3	Bagan alir tahapan penelitian.....	36
Gambar 4. 1	Pengukuran nilai slump beton segar.....	41
Gambar 4. 2	Pengambilan data M_c	41
Gambar 4. 3	Hubungan void ratio dengan variasi SBR latex.....	43
Gambar 4. 4	Grafik berat isi beton porous	46
Gambar 4. 5	Benda uji beton porous	47
Gambar 4. 6	Grafik pengaruh variasi penambahan styrene butadiene rubber latex terhadap kuat tarik belah beton porous	49
Gambar 4. 7	Grafik pengaruh penggunaan agregat kasar alami dan agregat kasar daur ulang pada kuat tarik belah beton porous	50
Gambar 4. 8	Pengujian kuat tarik belah beton porous	51
Gambar 4. 9	Benda uji setelah terbelah.....	51
Gambar 4. 10	Hubungan kuat tarik belah beton dengan void ratio	52
Gambar 4. 11	Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah	54





Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar alami.....	61
Lampiran 2	Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang	62
Lampiran 3	Data hasil pengujian berat isi agregat kasar alami	63
Lampiran 4	Data hasil pengujian berat isi agregat kasar daur ulang.....	63
Lampiran 5	Berat Volume (Density) Beton Porous.....	64
Lampiran 6	Massa Total Campuran Beton Porous.....	65
Lampiran 7	Persentase Void Ratio.....	66
Lampiran 8	Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Porous.....	67
Lampiran 9	Hubungan Void Ratio, Kuat Tekan, dan Kuat Tarik Belah.....	75
Lampiran 10	Logbook pembuatan benda uji beton porous.....	76
Lampiran 11	Logbook Pengujian Benda Uji.....	82
Lampiran 12	Dokumentasi Penelitian.....	86
Lampiran 13	Foto Mikroskop Beton SBR Latex 0%.....	93
Lampiran 14	Foto Mikroskop Beton SBR Latex 5%.....	93
Lampiran 15	Foto Mikroskop Beton SBR Latex 10%.....	93
Lampiran 16	Foto SEM (Scanning Electrone Microscope)	94
Lampiran 17	Foto Mikroskop Agregat Kasar	97





Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Gaya atau beban	Newton atau N	N
Kuat tarik belah	Megapascal atau Mpa	t
Panjang	milimeter atau mm	l
Diameter	milimeter atau mm	d
Density	kilogram per meter kubik atau kg/m ³	D
Berat benda uji	kilogram atau kg	Mc
Berat wadah dan benda uji	kilogram atau kg	Mm
Berat total campuran	kilogram atau kg	Ms
Berat jenis teoritis	kilogram per meter kubik atau kg/m ³	T
Persentase rongga	persen atau %	U
Volume alat ukur	meter kubik atau m ³	Vm
Volume total absolut	meter kubik atau m ³	Vs
Berat benda uji SSD	gram atau gr	Bj
Berat benda uji kering oven	gram atau gr	Bk
Berat benda uji dalam air	gram atau gr	Ba





Halaman ini sengaja dikosongkan.

RINGKASAN

Aris Dwi Prihanto, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Maret 2021, *Pengaruh Penggunaan Styrene Butadiene Rubber Latex terhadap Kuat Tarik Belah Beton Porous dengan Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang*, Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Eva Arifi, ST., MT dan Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.

Pembangunan infrastruktur terutama di daerah perkotaan berpotensi untuk menimbulkan permasalahan lingkungan. Berkurangnya daerah resapan air karena bahan perkerasan yang digunakan kebanyakan memiliki sifat yang kedap air menyebabkan permasalahan seperti limpasan permukaan yang tinggi. Sehingga, salah satu solusi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah beton *porous*. Adanya pori pada beton porous adalah akibat dari penggunaan sedikit atau tanpa agregat halus. Oleh karena itu, beton porous mampu untuk mengurangi limpasan permukaan dan mengisi kembali air tanah. Penggunaan agregat kasar daur ulang dalam campuran beton *porous* merupakan bentuk usaha dalam menunjang konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction*). Salah satu bentuk dari konstruksi berkelanjutan yaitu pemanfaatan material secara optimal dan efisiensi sumber daya. Namun, beton *porous* memiliki kekurangan yang terletak pada ikatan antar agregat yang lemah. *Styrene butadiene rubber latex* merupakan bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton dengan tujuan meningkatkan daya rekat antar agregat penyusun beton. Oleh karena itu, penelitian ini menyelidiki pengaruh penambahan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton *porous* dengan menggunakan agregat kasar daur ulang sebagai solusi dari masalah-masalah di atas.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap beton porous dengan variasi *styrene butadiene rubber latex* sebesar 0%, 5%, dan 10% terhadap berat semen serta variasi penggunaan agregat kasar daur ulang sebesar 0% dan 100%. Standar yang digunakan dalam uji kuat tarik belah adalah SNI 2491-2014. Selain itu, dilakukan uji berat isi, berat jenis, penyerapan, dan void ratio berdasarkan SNI 1969:2008, ASTM C29, dan ASTM C1688. Pembuatan sampel beton menggunakan perbandingan semen dengan agregat sebesar 1:4 dan nilai faktor air semen (FAS) sebesar 0,27.

Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin banyak penambahan *styrene butadiene rubber latex* terbukti dapat meningkatkan kuat tarik belah beton porous. Penggunaan agregat kasar daur ulang mengurangi kuat tarik belah beton porous dibandingkan penggunaan agregat kasar alami. Hal ini disebabkan karena agregat kasar daur ulang masih mengandung mortar dari beton asli, sehingga agregat kasar daur ulang lebih berpori dibandingkan agregat kasar alami. Semakin banyak penggunaan *styrene butadiene rubber latex* juga menurunkan void ratio dari beton porous. Hal tersebut terjadi karena *styrene butadiene rubber latex* menutupi pori-pori di dalam beton porous.

Kata kunci : beton porous, agregat kasar daur ulang, *styrene butadiene rubber latex*, kuat tarik belah, void ratio.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

SUMMARY

Aris Dwi Prihanto, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Brawijaya University, March 2021, The Influence of Styrene Butadiene Rubber Latex on the Splitting Tensile Strength of Porous Concrete Using Recycled Coarse Aggregate, Supervisor: Dr. Eng. Eva Arifi, ST., MT and Dr. Eng. Desy Setyowulan, ST., M.Sc.

Infrastructure growth, especially in urban areas, has the potential to damage the environment. Reduction of catchment areas due to infrastructure built using impermeable materials causes surface runoff. Therefore, one solution to solve this problem is porous concrete. The presence of pores in concrete is the result of using little or no fine aggregate. Therefore, it reduces surface run off and provides groundwater recharge. The use of recycled coarse aggregate in porous concrete is proposed to support sustainable construction. However, the bond between aggregate in porous concrete is relatively weak. Therefore, styrene butadiene rubber latex is added to increase the bonding between the aggregates. Thus, this study is investigated the effect of adding styrene butadiene rubber latex on the splitting tensile strength of porous concrete using recycled coarse aggregate as a solution to the those problems.

In this research, the splitting tensile strength of porous concrete tested with variations in the use of 0%, 5%, and 10% styrene butadiene rubber latex by the weight of cement and variations of recycled coarse aggregate was 0% and 100%. The splitting tensile strength test was carried out after 28 days according to SNI 2491-2014. Furthermore, the standards used in determining unit weight, specific gravity, absorption, and void ratio based on SNI 1969:2008, ASTM C29, and ASTM C1688. The cement aggregate ratio that used to made the concrete sample in this research was 1:4, with 0,27 for its water –to- cement ratio (w/c).

The results show that the increasing percentage of styrene butadiene rubber latex was proven to increase the splitting tensile strength of porous concrete. The use of recycled coarse aggregate reduces the splitting tensile strength of porous concrete compared to natural coarse aggregate. Since recycled coarse aggregate still contains hardened mortar, therefore the recycled coarse aggregate is more pores than natural coarse aggregate. In addition, the increased use of styrene butadiene rubber latex reduced the void ratio of porous concrete as styrene butadiene rubber latex covers the pores in the porous concrete.

Keywords : porous concrete, recycled coarse aggregate, styrene butadiene rubber latex, splitting tensile strength, void ratio



Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk pada suatu daerah akan selalu didukung dengan pembangunan infrastruktur guna memenuhi kebutuhan. Terlebih di daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang sangat padat memerlukan berbagai infrastruktur seperti perumahan, jalan, bandara, dan lain sebagainya. Sebagian besar infrastruktur tersebut dibangun menggunakan bahan dasar beton. Beton merupakan bahan yang bersifat kedap air sehingga tidak mampu untuk meloloskan air. Dengan semakin banyaknya infrastruktur yang dibangun maka berkurangnya daerah yang mampu untuk meresapkan air ke dalam tanah. Sehingga, permasalahan lingkungan akan banyak terjadi khususnya pada saat terjadi hujan.

Hujan merupakan peristiwa yang sangat berdampak pada berbagai aspek dalam kehidupan. Hujan dapat memberikan dampak negatif dan positif tergantung terhadap cara penanganannya. Indikator dalam mengukur adalah curah hujan. Curah hujan merupakan satuan ketinggian dalam menentukan jumlah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Adanya curah hujan yang tinggi berdampak adanya jumlah air yang berlimpah. Penanganan yang kurang baik terutama di daerah perkotaan akan menyebabkan permasalahan seperti limpasan permukaan yang tinggi, erosi dan lain sebagainya. Dalam bidang konstruksi untuk mengatasi hal tersebut dilakukan beberapa tindakan seperti membangun drainase yang baik sehingga air dapat mengalir dan tidak menyebabkan kerusakan. Akan tetapi, pada masa sekarang sering dijumpai drainase yang tidak berfungsi sebagai mana mestinya yang disebabkan oleh berbagai faktor. Salah satu faktor penyebabnya adalah banyak sampah yang masuk ke dalam drainase sehingga membuat aliran air terhambat. Pada struktur jalan juga sering ditemukan inlet drainase yang tersumbat oleh sampah sehingga air tidak dapat masuk ke drainase dan merusak struktur jalan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu terobosan untuk mengatasi permasalahan akibat adanya air yang berlimpah dari proses hujan. Dengan adanya beton porous diharapkan mampu menjadi jalan keluar dari permasalahan-permasalahan yang ada.

Beton porous adalah beton yang memiliki porositas tinggi yang digunakan untuk perkerasan yang memungkinkan air untuk melaluinya sehingga dapat mengurangi limpasan air dan mengisi kembali air tanah (Obla, 2010). Rongga pada beton porous berguna untuk

meningkatkan permeabilitas yaitu kemampuan dalam mengalirkan air melewatinya. Kekurangan beton porous yang menggunakan hanya sedikit atau tanpa agregat halus tersebut dapat menyebabkan turunnya kekuatan dari beton. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukannya bahan tambah atau admixture agar dapat memperbaiki kelemahan dari beton porous. Faktor utama yang menyebabkan rendahnya kekuatan beton porous terdapat pada ikatan antar agregat yang lemah. Maka dari itu, agar menambah daya lekat antar agregat dapat menggunakan bahan tambah styrene butadiene rubber latex (SBR latex).

Styrene butadiene rubber latex (SBR latex) adalah suatu bahan tambah dalam campuran beton yang berupa larutan lem mutu tinggi dan tahan terhadap tekanan air. SBR latex digunakan dalam campuran beton memiliki keunggulan yaitu meningkatkan daya rekat antar partikel penyusun beton, mengurangi susut, meningkatkan elastisitas dan ketahanan terhadap zat kimia serta abrasi. SBR latex merupakan rantai polimer dengan komposisi 23,5% yaitu perbandingan 1 *styrene* ($\text{CH}_2\text{CHC}_6\text{H}_5$) yang dikelilingi oleh 6 atau 7 *butadiene* ($\text{CH}_2\text{CHCHCH}_2$). Ketika SBR latex dicampurkan dengan takaran yang optimum ke dalam adukan beton maka akan meningkatkan kekuatan beton karena material penyusun beton akan lebih merekat sehingga sukar untuk terlepas.

Limbah beton dari pembangunan infrastruktur sangat banyak jumlahnya diperkirakan sebesar 31,5 juta ton setiap tahun. Masalah lingkungan akan terjadi dalam beberapa dekade apabila limbah beton tidak segera diatasi. Sehingga, menggunakan kembali limbah beton yang telah diolah akan menjadi solusi untuk mengurangi penggunaan bahan-bahan alami. Pemanfaatan limbah beton dengan cara mendaur ulang masih jarang dilakukan di Indonesia. Limbah beton yang di hancurkan akan menghasilkan agregat dengan berbagai jenis ukuran yang masih dapat dimanfaatkan. Berbagai negara maju telah memanfaatkan agregat daur ulang dengan tujuan mengatasi masalah lingkungan. Sehingga, dengan pemakaian yang tepat dan pengolahan yang benar dapat memaksimalkan pemanfaatan agregat daur ulang. Oleh karena itu, pemakaian agregat daur ulang pada beton *porous* diharapkan mampu menjadi solusi dari permasalahan lingkungan dan kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi.

Agregat kasar daur ulang merupakan agregat kasar yang diperoleh dari pembongkaran dan penghancuran puing-puing beton dari suatu struktur gedung, perkerasan, dan jembatan (Opara, 2016). Kualitas agregat kasar daur ulang bergantung dari kualitas limbah beton yang diambil. Umumnya agregat kasar daur ulang memiliki kualitas yang lebih

rendah dibandingkan agregat kasar alami. Hal tersebut disebabkan karena sebagian mortar yang masih menempel pada agregat. Sehingga, penggunaan agregat kasar daur ulang dihindari untuk menjadi bagian struktural yang menahan beban sangat besar. Selain dari segi kualitas, untuk mendaur ulang limbah beton agar menjadi agregat kasar yang bisa digunakan memerlukan biaya yang tidak murah.

Limbah beton yang telah diolah dan menjadi agregat kasar daur ulang dapat digunakan dalam pembuatan beton *porous*. Hal ini merupakan salah satu langkah dalam mendukung adanya *sustainable construction*. Pengertian *sustainable construction* adalah kegiatan konstruksi yang memperhatikan aspek lingkungan salah satunya adalah pemanfaatan material secara optimal dan efisiensi sumber daya. Sebagian besar kegiatan konstruksi yang dilakukan menggunakan bahan material beton. Pada umumnya penggunaan material beton menggunakan bahan-bahan yang berasal dari alam. Bahan-bahan tersebut merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, maka apabila digunakan secara terus menerus maka lama kelamaan akan habis. Sehingga, pemanfaatan agregat kasar daur ulang dalam beton *porous* dapat mengoptimalkan penggunaan bahan – bahan pembuatan beton serta membantu mengontrol adanya limbah beton.

Di daerah perkotaan banyak ditemukan infrastruktur yang belum memenuhi standar dan tidak dapat berfungsi sesuai kegunaannya. Contohnya seperti banyaknya perkerasan jalan yang rusak, drainase jalan tidak berfungsi, tidak adanya trotoar, kurangnya daerah resapan air dan lain sebagainya. Dengan kondisi negara yang memiliki curah hujan yang tinggi dan kurang baiknya penanganan air akibat hujan maka akan menyebabkan hal-hal seperti erosi, muka air tanah yang turun, dan limpasan permukaan. Oleh karena itu, salah satu solusi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah beton *porous* dengan ditambahkan suatu bahan tambah *styrene butadiene rubber latex* dan menggunakan agregat kasar daur ulang. Sehingga, diperlukan penelitian yang berjudul “*Pengaruh Penggunaan Styrene Butadiene Rubber Latex terhadap Kuat Tarik Belah Beton Porous dengan Menggunakan Agrgeat Kasar Daur Ulang*”.

1.2 Identifikasi Masalah

Meningkatnya jumlah penduduk akan selalu diimbangi dengan pembangunan infrastruktur. Namun, hal tersebut sejalan dengan kondisi lingkungan yang semakin memburuk. Contoh beberapa hal yang menunjukkan kualitas lingkungan yang memburuk yaitu menyusutnya daerah resapan air dan banyaknya limbah beton yang dihasilkan setiap

tahun. Salah satu penyebab menyusutnya daerah resapan air yaitu karena infrastruktur yang dibangun menggunakan bahan-bahan material yang memiliki sifat kedap air. Semua bahan material yang digunakan untuk membuat beton juga diambil dari alam dan lama-kelamaan pasti akan habis. Daur ulang limbah konstruksi merupakan solusi alternatif dalam menghadapi kondisi lingkungan yang buruk serta mendukung terciptanya konstruksi berkelanjutan (*sustainable construction*). Pemanfaatan agregat kasar daur ulang dalam beton porous menjadi solusi tepat karena dapat mengurangi jumlah pemakaian bahan material yang berasal dari alam dan juga menjadi bahan material yang dapat menginfiltrasi air dari permukaan ke dalam tanah dengan cara meloloskan air melalui rongga-rongga yang dimiliki beton *porous*. Namun, beton *porous* memiliki kekurangan yaitu kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal. Lemahnya beton *porous* disebabkan ikatan antar agregat dalam beton yang lemah. Sehingga, diperlukan material tambahan yang dapat meningkatkan kekuatan ikatan antar agregat dari beton *porous*. Bahan Tambah atau *admixture* yang sesuai untuk digunakan adalah *styrene butadiene rubber latex* (SBR *latex*). Material ini cocok ditambahkan ke dalam campuran karena dapat meningkatkan daya rekat antar partikel penyusun beton, mengurangi susut, meningkatkan elastisitas dan tahan terhadap zat kimia serta abrasi.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat kasar daur ulang terhadap kuat tarik belah beton porous ?
1. Bagaimana pengaruh penambahan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton porous ?

1.4 Batasan Masalah

1. Agregat kasar yang digunakan memiliki ukuran seragam yaitu 0,5–1 cm.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar daur ulang dan agregat kasar alami.
3. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari
4. Semen menggunakan jenis PCC.
5. *Styrene butadiene rubber latex* yang digunakan adalah merk AM70 Bonding Agent.
6. Variasi SBR *latex* yang digunakan adalah 0%, 5%, dan 10%.
7. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
8. Faktor air semen (FAS) yang digunakan sebesar 0,27.
9. Perbandingan semen dan agregat adalah 1 : 4.

10. Benda uji setiap mix berjumlah 3 benda uji

11. Agregat kasar daur ulang didapat dari limbah beton dengan mutu minimal K-300.

1.5 Tujuan Penelitian

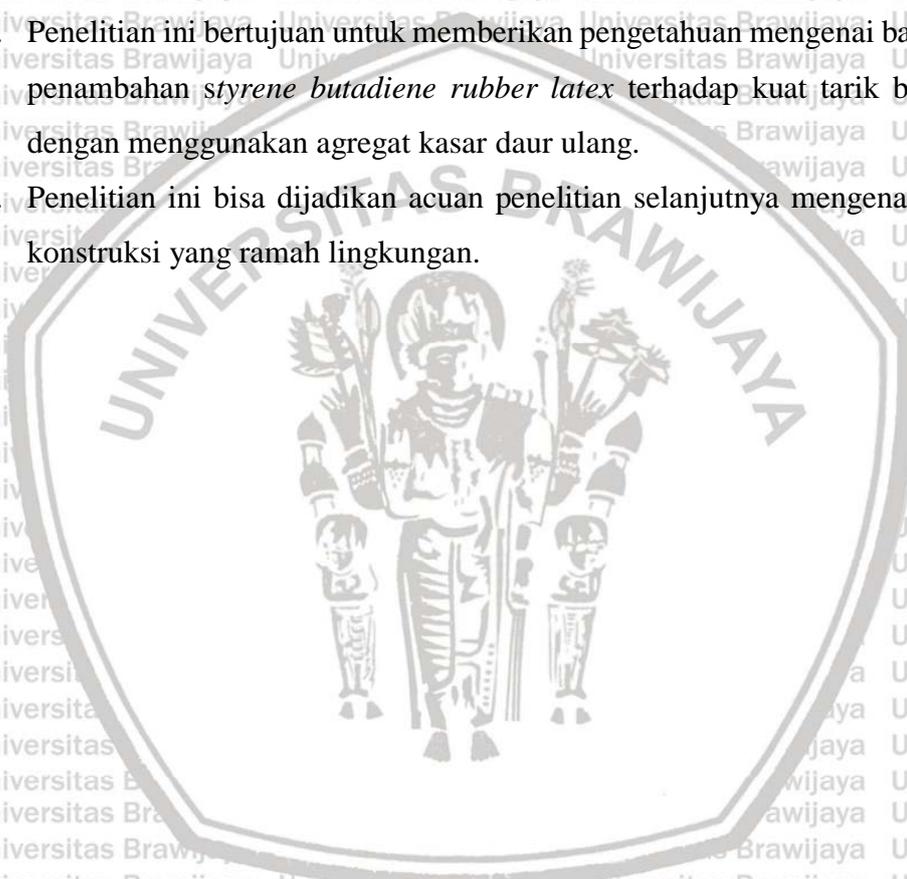
1. Mengetahui pengaruh penggunaan agregat kasar daur ulang terhadap kuat tarik belah beton porous.

2. Mengetahui pengaruh penambahan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton porous.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan mengenai bagaimana pengaruh penambahan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton porous dengan menggunakan agregat kasar daur ulang.

2. Penelitian ini bisa dijadikan acuan penelitian selanjutnya mengenai salah satu bahan konstruksi yang ramah lingkungan.





Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Porous

Beton porous atau *pervious concrete* adalah campuran dari semen portland, air, agregat kasar dan terkadang menggunakan bahan kimia tambahan (Rasayan, 2017). Dengan sedikit atau tanpa adanya agregat halus didalam beton menyebabkan beton porous menjadi berongga sehingga hanya pasta yang menjadi pengikat antar agregat kasar. Beton porous didesain memiliki banyak rongga bertujuan agar lebih mudah ditembus oleh air seperti pada gambar 2.1. Manfaat utama yang diberikan oleh beton porous yaitu kemampuannya dalam menginfiltrasi air dalam jumlah besar melalui bahan material, sehingga mengurangi atau menghilangkan masalah yang terkait dengan limpasan permukaan dari air hujan (Powell, 1985).



Gambar 2. 1 Beton porous

Sumber : <https://www.younginventorsjournal.com>

Beton porous atau *pervious concrete* adalah sebuah jenis perkerasan yang memiliki void ratio tinggi yang disebabkan karena penggunaan sedikit agregat halus dalam campuran sehingga memungkinkan air hujan dapat masuk ke dalam tanah (Arifi dkk, 2020). Beton ini memiliki nilai slump yang sangat kecil atau hampir mendekati nol. Pori-pori yang terdapat pada beton porous sebesar 10%-25% dari total volume sehingga membuatnya memiliki porositas yang tinggi, nilai kekuatan dari beton porous sendiri tergantung dari massa jenis antara 1,4 Mpa sampai 14 Mpa (Ginting, 2015). Oleh karena itu, beton porous tidak dijadikan sebagai bagian struktural pada suatu bangunan. Umumnya beton porous digunakan pada perkerasan jalan dengan beban lalu lintas rendah, trotoar, tempat parkir,

selokan, pinggiran kolam renang, dan lain sebagainya.

Hal yang diutamakan dalam beton porous yaitu pada sifat permeabilitasnya. Besar kecilnya permeabilitas berhubungan erat dengan adanya *void ratio* yang mana terdiri dari ukuran agregat yang digunakan dan jenis pengikat antar partikel agregat. Hal ini memberikan dampak yang baik karena dapat mengalirkan air dan mengurangi limpasan permukaan (*run off*) dibanding beton pada umumnya. Beton porous juga mampu meredam suara dari roda kendaraan karena rongga yang tidak teratur (Purnamasari, 2020).

Banyaknya pembangunan infrastruktur baik berupa gedung maupun jalan menyebabkan hilangnya daerah resapan air. Hal ini berdampak pada pembuatan drainase yang lebih besar guna mengalirkan seluruh limpasan air terutama yang berasal dari air hujan dan juga hanya sedikit atau bahkan tidak ada air yang meresap ke dalam tanah karena bahan material pembangunan yang bersifat kedap air. Penggunaan beton porous merupakan suatu solusi dalam mengatasi air limpasan. Beton porous atau beton berpori adalah teknologi yang sudah lama ada. Selain dapat memberikan pemanfaatan lahan yang lebih efektif, beton porous dapat mengatasi banyak permasalahan polutan atau sampah yang biasanya tersumbat pada inlet yang dapat mengganggu aliran air masuk ke dalam drainase. Dengan adanya pori pada beton porous dapat menyalurkan air dan juga udara masuk ke dalam tanah dan mencapai akar tanaman sehingga pohon atau tanaman akan tetap subur.

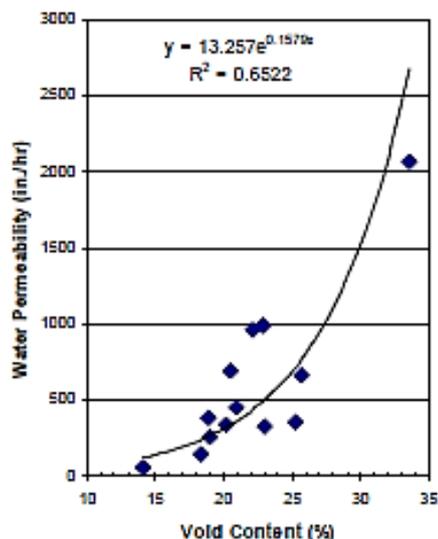
Beton porous sudah banyak digunakan di banyak negara maju yang mendukung dalam program pembangunan berkelanjutan. Konsep dari pembangunan berkelanjutan yaitu memenuhi kebutuhan generasi yang sekarang tanpa harus mengorbankan generasi yang akan datang. Dalam bidang infrasturktur tujuan dari adanya pembangunan berkelanjutan adalah meningkatkan infrasturktur yang kuat, tahan lama, sehat dan bermanfaat bagi kehidupan. Sehingga, di masa mendatang kondisi lingkungan akan tetap mendukung adanya kehidupan.

2.1.1. Keleccakan (Workability)

Keleccakan berkaitan erat dengan kemudahan dalam mengerjakan beton segar. Uji slump berguna untuk mengetahui tingkat keleccakan beton segar. Keleccakan atau *workability* sangat dipengaruhi oleh air yang digunakan dalam campuran beton. *Workability* berbanding lurus dengan tingkat penggunaan air yang berarti penggunaan air yang banyak menyebabkan campuran beton akan mudah dalam dikerjakan. Akan tetapi, penggunaan air yang terlalu banyak berdampak pada turunnya kekuatan beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat keleccakan atau *workability* antara lain kadar air, penggunaan semen, gradasi agregat, dan

bentuk butir. Kelecekan campuran beton dapat diketahui dengan melakukan uji *slump* yang berdasarkan dengan SNI 1972:2008. Alat yang digunakan adalah sebuah kerucut abraham dan batang penusuk. Semakin tinggi nilai *slump* yang dihasilkan mengindikasikan tingkat kelecekan campuran beton semakin tinggi dan sebaliknya.

2.1.2 Void Ratio



Gambar 2. 2 Hubungan void ratio dengan permeabilitas

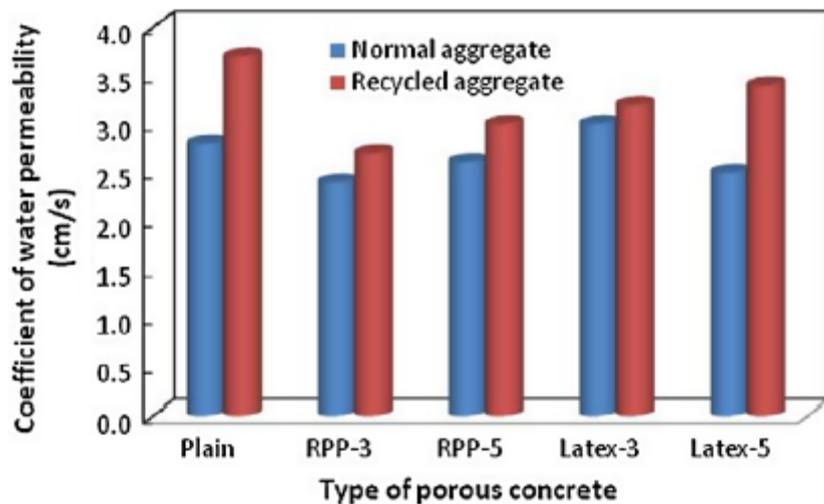
Sumber : Wang et al.(2006)

Beton porous dikenal juga dengan nama beton berpori karena memiliki rongga udara dalam beton sehingga memiliki sifat yang tidak kedap air. Porositas yang dimiliki beton porous berkisar antara 15-35% tetapi lebih sering sekitar 20% (Obla, 2015). Perbandingan pori atau *void ratio* merupakan persentase rongga dalam beton terhadap isi padat suatu bahan. Nilai *void ratio* pada beton porous akan sejalan dengan laju permeabilitas yaitu semakin besar rongga akan meningkatkan nilai permeabilitas seperti grafik pada gambar 2.2. Akan tetapi, semakin besar rongga menandakan menurunnya kekuatan beton. Pengujian mengenai void ratio dapat dilihat pada ASTM C 1688 tentang “*Standar Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*”.

2.1.3 Permeabilitas

Beton porous adalah beton yang dimanfaatkan karena kelebihanannya dalam mengalirkan air atau sifat permeabilitasnya. Permeabilitas merupakan kemampuan dalam meloloskan air dengan satuan volume per waktu. Permeabilitas berkaitan erat dengan rongga atau *void ratio* pada beton porous. Semakin besar rongga yang terdapat pada beton porous berbanding lurus dengan laju permeabilitas. Laju permeabilitas beton berpori dapat dilihat

pada gambar 2.3 yaitu berkisar antara 2,4-3,7 cm/detik. Penggunaan agregat kasar daur ulang akan menjadikan beton porous memiliki laju permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan agregat kasar alami. Indikator ini sangat berguna dalam pengaplikasian beton porous di lapangan yang mana berfungsi untuk mengatasi limpasan permukaan dan mengisi kembali air tanah dengan cara meloloskan air melalui rongga yang terdapat pada beton porous.



Gambar 2. 3 Hubungan laju permabilitas dengan beton porous

Sumber : Bhutta (2013)

2.1.4 Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah sebaran atau distribusi agregat dari ukuran butiran agregat.

Pemeriksaan gradasi agregat perlu dilakukan karena berpengaruh terhadap jumlah pasta/air yang digunakan karena luas permukaan agregat yang berbeda. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 macam yaitu :

a. Gradasi sela atau senjang (*gap grade*)

Gradasi senjang merupakan gradasi yang memiliki satu atau lebih ukuran butiran pada satu set ayakan tidak ada. Sehingga, pada grafik gradasi menunjukkan garis horizontal.

b. Gradasi menerus (*continuous grade*)

Gradasi menerus atau biasa disebut gradasi rapat adalah gradasi agregat yang memiliki semua ukuran butiran dalam satu set ayakan dan terdistribusi dengan baik.

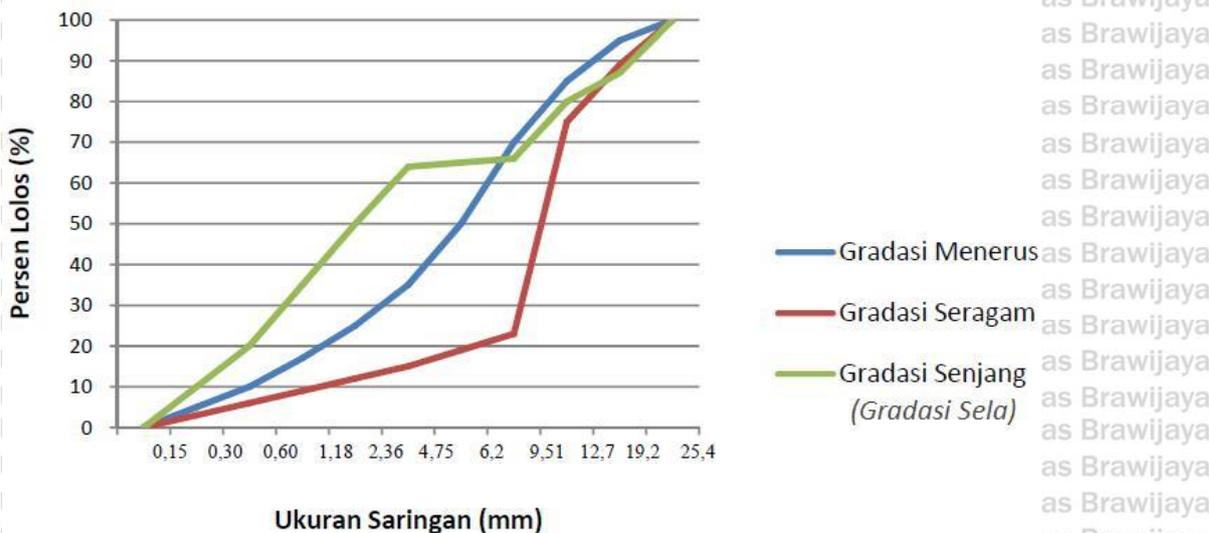
Gradasi menerus sering digunakan dalam campuran beton.

c. Gradasi seragam (*uniform grade*)

Gradasi seragam yaitu gradasi yang mempunyai ukuran butiran yang sama atau

kebanyakan agregat dalam ukuran yang sama. Gradasi ini memiliki ciri yaitu terdapat garis vertikal yang mendominasi pada grafik gradasi agregat.

Gradasi agregat yang sering digunakan pada campuran beton normal adalah gradasi menerus (*continuous grade*). Gradasi tersebut akan berdampak pada tingkat kerapatan pada beton sehingga beton akan lebih rapat dan memiliki ikatan antar material yang lebih kuat.



Gambar 2. 4 Grafik gradasi agregat

Sumber : <https://lauwtjunnji.weebly.com>

Pada penelitian ini digunakan gradasi agregat seragam (*uniform grade*) dengan ukuran 0,5 sampai 1 sentimeter sehingga gradasi akan memiliki grafik kurang lebih seperti pada gambar 2.4 dengan garis berwarna merah. Dengan menggunakan agregat kasar dengan ukuran kecil memungkinkan beton untuk tetap memiliki rongga tanpa mengabaikan kekuatan yang ingin dicapai. Penggunaan agregat berukuran kecil bertujuan untuk meningkatkan bidang kontak antar agregat karena luas permukaan agregat yang semakin besar.

2.1.5 Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan kadar air terhadap jumlah semen yang digunakan dalam campuran beton. Faktor air semen merupakan salah satu faktor yang menentukan kekuatan dari beton. Rendahnya nilai FAS yang digunakan akan menyebabkan nilai *workability* menurun sehingga beton akan sulit dikerjakan. Penggunaan faktor air semen yang rendah tidak selalu mampu meningkatkan kekuatan beton karena *workability* yang rendah menjadikan beton susah untuk dipadatkan. Sebaliknya penggunaan faktor air semen yang terlalu besar akan menyebabkan *workability* meningkat tetapi kekuatan beton akan

menurun yang mampu menyebabkan *segregasi* dan *bleeding*. Sehingga, penggunaan FAS yang optimal akan menghasilkan kekuatan beton yang maksimum.

2.2 Semen Portland Komposit

Menurut SNI 7064:2014 yang dimaksud semen portland komposit (PCC) adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik yang digunakan adalah terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 % - 35 % dari massa semen portland komposit.

Semen portland komposit (PCC) sering digunakan untuk pekerjaan beton, pasangan bata, perkerasan jalan, selokan, dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, *paving block* dan lain sebagainya. Semen PCC sudah sangat umum digunakan bahkan melebihi penggunaan semen tipe lain dikarenakan memiliki panas hidrasi lebih rendah dan tidak mudah retak. Penambahan semen PCC kedalam campuran beton memiliki keunggulan lain yaitu lebih tahan terhadap sulfat dan hasil akhir yang lebih halus. Syarat kimia semen PCC adalah mengandung maksimum 4 % SO_3 . Sedangkan syarat fisika semen portland komposit dapat dilihat pada tabel 2.1 yang meliputi kehalusan, kekakalan bentuk, waktu pengikatan, kuat tekan, pengikatan semu, dan kandungan udara.

Tabel 2.1
Syarat Fisika Semen Portland Komposit

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat Blaine	m ² /kg	min. 280
2	Kekekalan bentuk dengan autoclave: - pemuaian - penyusutan	% %	maks. 0,80 maks. 0,20
3	Waktu pengikatan dengan alat vicat: - Pengikatan awal - Pengikatan akhir	menit menit	min 45 maks. 375
4	Kuat tekan: - Umur 3 hari - Umur 7 hari - Umur 28 hari	kg/cm ² kg/cm ² kg/cm ²	min. 130 min. 200 min. 280
5	Pengikatan semu: - penetrasi akhir	%	min. 50
6	Kandungan udara dalam mortar	% volume	maks. 12

Sumber : SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit

2.3 Agregat Kasar Alami

Agregat merupakan sekumplan butir-butir batu pecah, kerikil, sirtu, pasir atau mineral lainnya atau kombinasi dari bahan tersebut, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan (SNI-8159:2015) Pada beton terkandung sekitar 60% sampai 80% agregat. Agregat dengan ukuran butiran antara 4,75 mm – 150 atau tertahan oleh saringan nomor 4 disebut agregat kasar. Agregat kasar yang sering disebut batu pecah sangat menentukan kekuatan dan ketahanan akhir beton.

Agregat kasar alami adalah agregat kasar yang diperoleh langsung dari alam. Agregat kasar alami dalam campuran beton diperoleh dari beberapa tempat seperti berikut :

- a) Agregat kasar yang berasal dari batuan gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Batuan ini mampu menghasilkan kekuatan yang tinggi namun kurang memberikan kemudahan dalam pengerjaan dan pengecoran beton
- b) Agregat yang berasal dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Agregat ini berupa kerikil yang kekuatannya dibawah batu pecah tetapi memberikan kemudahan dalam hal pengerjaan dan proses pengecoran.

2.4 Agregat Kasar Daur Ulang

Agregat kasar daur ulang merupakan agregat kasar yang diperoleh dari limbah beton seperti sisa benda uji tes beton, puing – puing bangunan dari struktur bangunan dan juga perkerasan. Sehingga, kualitas agregat yang didapatkan tergantung dari beton yang digunakan sebelumnya. Penggunaan agregat daur ulang ini adalah salah satu teknologi yang ramah lingkungan karena mengurangi penggunaan agregat yang didapat langsung dari alam.

Agregat kasar daur ulang didapatkan dengan cara memasukkan limbah beton ke dalam mesin penggilingan atau pemecah batu (*Stone Crusher*). Sehingga, agregat yang didapat masih mengandung mortar sekitar 25% – 45%. Dengan adanya kandungan mortar pada agregat akan berdampak pada nilai density yang rendah. Perbedaan agregat kasar daur ulang dengan agregat kasar alami antara lain: (a). Kuat tekan menurun sebesar 10%-30%. (b). Kuat tarik lebih rendah dari 10%. (c). Modulus elastisitas menurun sebesar 10%-40% tergantung dari sumber agregat kasarnya. (d). Susut lebih besar 20% - 55% sedangkan *creep* lebih kecil hingga 10%. (El-Reedy, 2009). Selain itu, pada proses tumbukan mesin pemecah batu ketika proses produksi agregat kasar daur ulang menimbulkan retak kecil. Agregat kasar daur ulang memiliki nilai pori yang lebih besar dibandingkan agregat kasar alami yang

menyebabkan nilai penyerapan air tinggi. Hal ini akan berpengaruh terhadap kebutuhan air yang digunakan dalam proses pengecoran.

2.5 Air

Pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen, untuk membasahi agregat, dan sebagai pelumas campuran agar mudah pengerjaannya maka dibutuhkan air.

Pada proses pembuatan beton terjadi reaksi kimia anatar semen dengan air, maka perbandingan yang digunakan ialah perbandingan jumlah air terhadap jumlah semen yang digunakan dalam campran. Kelebihan penggunaan air pada campuran beton menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan kurangnya air dalam campuran menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai.

Menurut SNI 03-2847-2002, air yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat berikut :

- a) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan
- b) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam alumunium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - 1) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - 2) Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan ‘Metode uji kuat tekan untuk morat semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)’ (ASTM C 109)

2.6 Bahan Tambah

Bahan tambah atau *admixture* adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen, yang ditambahkan ke dalam campuran sesaat atau selama pencampuran (Edward G. Nawy, 2010 : 17). Penggunaan bahan tambah dalam pembuatan semen bertujuan memperbaiki

sifat-sifat beton. Sehingga, penggunaan bahan tambah hanya sekedar menambah sifat beton dan tidak dapat merubah beton yang buruk menjadi beton yang baik.

2.6.1 Styrene Butadiene Rubber Latex

Styrene Butadiene Rubber Latex merupakan suatu jenis polimer sintetik yang berupa cairan penguat mortar dengan berbahan dasar *synthetic latex – Styrene Butadiene Rubber* yang berguna untuk meningkatkan daya rekat, fleksibilitas dan tahan air. *SBR latex* dapat menyatukan beton lama dengan beton baru. Bahan *styrene* digunakan sebagai bahan industri plastik dan resin. Proses polimerisasi *styrene butadiene rubber latex* terdiri dari polimerisasi larutan dan polimerisasi emulsi.

Ukuran partikel yang sangat kecil memungkinkan *SBR latex* mampu mengisi rongga-rongga pada beton *porous* dan menambah kekuatan antar ikatan agregat. Adanya tambahan *SBR latex* kedalam campuran beton dapat mengurangi laju penguapan air karena menutupi jalannya udara. Penggunaan optimal bahan tambah polimer adalah sebesar 7,5 sampai 20 % (ACI 548.3R-03). Pemakaian yang berlebihan dapat menyebabkan harga beton menjadi tidak ekonomis. Oleh karena itu, penambahan *styrene butadiene rubber latex* dapat mempengaruhi rasio pori yang berdampak pada nilai permeabilitas beton terhadap cairan.

Pada penelitian ini menggunakan variasi *SBR latex* sebesar 0%, 5%, dan 15%. Besarnya variasi yang akan digunakan dalam penelitian berdasarkan penelitian yang terdahulu yang menunjukkan kadar optimum penambahan *SBR latex* tersebut dapat menghasilkan kekuatan beton yang maksimal.

2.7 Uji Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton sering dilakukan terutama pada proses pembangunan jalan dengan perkerasan kaku. Hal tersebut berkaitan erat dengan beban yang bekerja tegak lurus yang menyebabkan keretakan pada beton. Kekuatan tarik pada beton diuji dengan cara memberikan beban arah lateral (horisontal) pada sampel beton berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm hingga beton terbelah ketika mencapai kekuatannya. Kekuatan tarik beton relatif rendah berkisar antara 9% - 15% dari kekuatan tekan beton. Pengujian kuat tarik belah dilakukan berdasarkan SNI 2491:2014 yang diadaptasi dari ASTM C496. Berdasarkan SNI 2491:2014 uji kuat tarik belah bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan menentukan panjang penyaluran dari tulangan. Alat uji kuat tarik belah menggunakan *compression testing machine* (CTM) dengan tambahan dua batang perata untuk bagian atas dan bawah spesimen benda uji dapat dilihat pada gambar 2.5. Beton

porous yang memiliki kekuatan ikatan antar agregat yang rendah menyebabkan hasil kuat tarik belah beton *porous* akan lebih rendah dari beton normal.

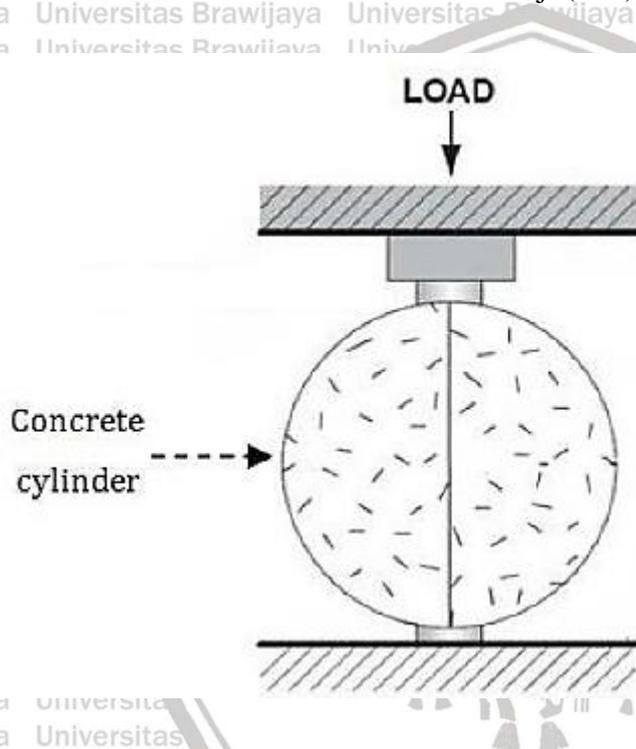
$$T = \frac{2P}{\pi ld} \quad (2-1)$$

Keterangan : T = kekuatan tarik belah (MPa)

P = beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)

l = panjang benda uji (mm)

d = diameter benda uji (mm)



Gambar 2. 5 Uji kuat tarik belah

Sumber : <https://www.civilengineeringforum.me>

2.8 Penelitian Terdahulu

2.8.1 Penelitian Beton Porous

A. Pengaruh Rasio Agregat Semen dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan dan Poroistas Beton Porous (Ginting, 2015)

Penelitian ini menggunakan sampel beton dari bahan semen, agregat kasar dengan ukuran minimum 40 mm dan bahan tambah. Terdapat dua variasi pada penelitian ini yaitu rasio agregat dibanding semen dan faktor air semen (FAS). Rasio agregat dibanding semen yang digunakan adalah 3,5, 4,0, 4,5, dan 5,0. Terdapat dua variasi faktor air semen (FAS)

yaitu 0,25 dan 0,30. Bahan tambah yang digunakan berupa *SicaCim Concrete Additive* sebesar 7,5 ml setiap kg semen.

Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tekan beton *porous* akan semakin menurun seiring meningkatnya rasio agregat terhadap semen yang digunakan. Kuat tekan beton dengan faktor air semen 0,3 lebih besar dibanding kuat tekan beton dengan FAS 0,25. Hal ini disebabkan karena faktor air semen yang rendah menyebabkan pasta tidak cukup untuk melapisi seluruh permukaan agregat sehingga daya rekatnya kurang. Porositas beton berbanding lurus dengan rasio agregat/semen yang digunakan. Porositas beton dengan FAS 0,25 lebih besar dibanding menggunakan FAS 0,30. Meningkatnya rasio agregat/semen yang digunakan juga menyebabkan berat volume beton *porous* menurun.

2.8.2 Pemanfaatan Styrene Butadiene Rubber Latex Pada Beton

A. Use of Styrene Butadiene Rubber (SBR) Polymer in Cement Concrete (Khan et al, 2020)

Penelitian ini bertujuan untuk mencari kuat tekan terbesar dari campuran beton menggunakan bahan tambah SBR. Variasi SBR yang ditambahkan dalam campuran beton adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen. Pengujian beton dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pada saat beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Penelitian menggunakan semen tipe OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan ratio air dengan semen sebesar 0.59.

Hasil dari penelitian menunjukkan nilai slump tertinggi terdapat pada campuran beton tanpa menggunakan SBR atau SBR 0% yaitu sebesar 40 mm. Nilai Slump akan semakin menurun seiring penambahan SBR dan nilai terendahnya adalah 27 mm pada campuran beton menggunakan SBR 20%. Hasil uji kuat tekan juga memperlihatkan kenaikan kuat tekan beton hingga penambahan SBR 15% melebihi persentase tersebut akan terjadi penurunan. Kuat tekan terbesar pada campuran SBR 15% pada umur 28 hari sebesar 3795 psi sedangkan kuat tekan terkecil pada campuran SBR 20% dengan nilai kuat tekan 3250 psi pada umur 28 hari. Dilakukan uji kuat tarik belah yang memiliki perbandingan yang sama dengan kuat tekan yaitu kekuatan terbesar pada campuran SBR 15% selebihnya akan terjadi penurunan kuat tarik belahnya.

B. Effect of Styrene Butadiene Rubber Latex On The Properties of Modified Porous Cement Stabilized Aggregate (Xiao et al, 2017)

Penelitian yang dilakukan dengan tujuan mencari pengaruh penggunaan *styrene butadiene rubber latex* terhadap permeabilitas, kuat tekan, kuat lentur, dan kemampuan tahan beku beton berpori. Campuran beton menggunakan kandungan semen sebesar 9%. Variasi *styrene butadiene rubber latex* yang ditambahkan yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan latex meningkatkan secara efektif kuat lentur dan kemampuan tahan beku. Kadar optimum penambahan SBR latex yang direkomendasikan sebesar 10% hingga 15%. Kuat tekan beton saat berumur 7 hari akan lebih kecil saat ditambah SBR latex. Namun, pada saat 28 hari penambahan SBR latex mampu meningkatkan kekuatan tekannya. Pada persentase penambahan SBR latex 0%-20% kuat lentur mencapai maksimalnya saat penambahan SBR latex sebesar 15%. Dengan meningkatnya kekuatan beton berpori dengan SBR latex juga sebanding dengan meningkatkan biaya pembuatan.

2.8.3 Pemanfaatan Agregat Kasar Daur Ulang Pada Beton

A. Evaluation Of Fly Ash Supplementary Cementitious Material To The Mechanical Properties Of Recycled Aggregate Pervious Concrete (Arifi et al, 2020)

Penelitian ini membahas tentang penggunaan *fly ash* dalam campuran beton *porous* yang menggunakan agregat kasar daur ulang. Persentase penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen yaitu sebesar 0%, 15%, dan 25%. Sedangkan penggunaan agregat kasar daur ulang menggunakan variasi 0%, 50%, dan 100%. Pengaruh yang ditinjau meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur.

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan penggunaan sebagian atau keseluruhan agregat kasar daur ulang kedalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Terlihat pada penggunaan 50% dan 100% agregat kasar daur ulang dengan penggunaan *fly ash* 0% menunjukkan kuat tekan beton meningkat sebesar 76,18% dan 71,88%. Untuk kuat tarik belah beton dengan variasi yang sama menunjukkan peningkatan hingga 101,21% dan 61,78%. Hal ini disebabkan karena mutu agregat kasar daur ulang lebih baik dibanding agregat alami. Indikator yang menunjukkan agregat kasar daur ulang lebih baik dilihat dari nilai penyerapan yang lebih rendah dan berat jenis dalam keadaan SSD yang lebih besar dibandingkan dengan agregat kasar alami. Namun, pada kuat

lentur beton menggunakan agregat kasar daur ulang tidak ditemukan pengaruh yang signifikan.

B. Pengaruh Penggunaan *Glass Fiber* dan *Polypropylene Fiber* Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Porous Dengan Menggunakan *Recycled Coarse Aggregate* (RCA) (Dobonsolo dkk, 2018)

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan RCA menyebabkan terjadinya penurunan kuat tarik belah beton *porous* dibandingkan dengan penggunaan NCA. Adanya kandungan mortar yang masih menempel pada RCA menyebabkan nilai penyerapan RCA lebih besar dari NCA serta berat jenis RCA lebih kecil dari NCA yang menyebabkan hal ini terjadi.
2. Penambahan *polypropylene fiber* memiliki hasil kuat tarik belah yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *glass fiber*. Penambahan *polypropylene fiber* dapat mengurangi keretakan yang terlalu dini saat pembebanan, sementara penambahan *glass fiber* dalam beton *porous* tidak dapat memberikan hasil yang maksimal.

2.9 Hipotesis Penelitian

1. Penggunaan agregat kasar daur ulang sebagai pengganti agregat kasar alami akan menurunkan kuat tarik belah pada beton porous.
2. Penambahan *styrene butadiene rubber latex* sebagai bahan tambah dapat meningkatkan kuat tarik belah beton porous.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Penelitian mulai dilaksanakan pada bulan November tahun ajaran 2020/2021 sampai bulan Maret tahun ajaran 2020/2021.

3.2 Variabel Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian dan tinjauan pustaka. Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

- Persentase *styrene butadiene rubber latex* 0%, 5%, dan 10%.
- Persentase agregat kasar daur ulang 0% dan 100% terhadap agregat kasar alami

b. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

- Kuat Tarik Belah

c. Variabel Kontrol (*Control Variable*)

- Benda uji berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm
- Agregat kasar yang digunakan berukuran 0,5 sampai 1 cm
- Faktor air semen (FAS) yang digunakan 0,27
- Perbandingan semen dan agregat adalah 1 : 4.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ayakan untuk agregat kasar nomer 3/8” sampai nomer 4.
2. Timbangan dengan kapasitas 150 kg yang memiliki ketelitian 100 gr.
3. Timbangan dengan kapasitas 5 kg yang memiliki ketelitian 1 gr
4. Bekisting pipa dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
5. Satu set alat untuk uji *slump*.
6. *Proctor Hammer* dengan tinggi jatuh 450 mm.
7. *Concrete Mixer* (mesin pencampur beton)
8. *Measuring tape* (meteran)

9. *Compression Testing Machine* (CTM)

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Agregat kasar alami
2. Agregat kasar daur ulang
3. *Sytrene Butaddine Rubber* (SBR) *Latex*
4. Semen PCC
5. Air PDAM

3.4 Analisis Bahan

3.4.1 Agregat Kasar Daur Ulang

Agregat kasar daur ulang didapatkan dari limbah beton silinder hasil pengujian laboratorium dengan mutu K-300 yang dihancurkan dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Beton yang masih berupa silinder dihancurkan hingga menjadi butiran dengan ukuran 0,5 sampai 2 cm. Dilakukan proses pemilahan ukuran agregat dengan cara di saring dengan ayakan agar didapat agregat kasar daur ulang yang berukuran 0,5 – 1 cm yang akan digunakan dalam penelitian. Pengujian terhadap agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari agregat kasar daur ulang. Pengujiannya adalah uji berat jenis, penyerapan, dan berat isi.

3.4.2 Agregat Kasar Alami

Agregat kasar alami yang digunakan memiliki ukuran seragam. Dilakukan penyaringan pada agregat kasar alami agar mendapat ukuran butiran 0,5 – 1 cm yang akan digunakan pada penelitian. Agregat kasar alami akan diuji berat jenis, penyerapan, dan berat isi.

3.4.3 Semen Portland Komposit (PCC)

Semen yang digunakan berjenis *Portland Composite Cement* (PCC) dengan merk semen Gresik.

3.4.4 Air

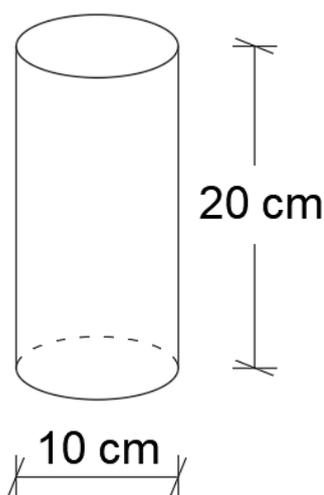
Air yang digunakan adalah air bersih yang berasal dari PDAM Kota Malang.

3.4.5 Styrene Butadiene Rubber (SBR) Latex

Sytrene butaddine rubber (SBR) *latex* yang digunakan adalah merk AM70 Bonding Agent.

3.5 Rancangan Penelitian

Berdasarkan *American Concrete Institute* (ACI) 522, penelitian ini menggunakan sampel benda uji dengan bentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Ukuran benda uji

Pengujian kuat tarik belah beton dengan campuran *styrene butadiene rubber latex* dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Rancangan benda uji beton *porous* menggunakan agregat kasar alami dan daur ulang serta penambahan SBR *latex*, variasi pada penelitian terdapat pada tabel 3.1. Pada tabel 3.2 menunjukkan penjelasan tentang penamaan pada setiap mix design pada penelitian ini. Setiap mix design akan memiliki 3 buah benda uji sehingga total benda uji silinder adalah 18 dari 6 kali mix design perincian jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 1
Variasi Penelitian

Variasi Penelitian	Komposisi	Variabel	Keterangan
Variasi agregat kasar daur ulang	0%	R0	Agregat kasar alami 100%
	100%	R1	Agregat kasar daur ulang 100%
Variasi SBR <i>latex</i>	0%	S1	SBR <i>latex</i> 0%
	5%	S2	SBR <i>latex</i> 5%
	10%	S3	SBR <i>latex</i> 10%

Tabel 3. 2
Variasi Benda Uji

Mix Design	Keterangan
R0S1	(Agregat kasar alami 100%, SBR latex 0%)
R0S2	(Agregat kasar alami 100%, SBR latex 5%)
R0S3	(Agregat kasar alami 100%, SBR latex 10%)
R1S1	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR latex 0%)
R1S2	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR latex 5%)
R1S3	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR latex 10%)

Tabel 3. 3
Jumlah Sampel Benda Uji

Nama sampel	Persentase SBR latex (%)	Persentase agregat kasar daur ulang (%)	Persentase agregat kasar alami (%)	Jumlah Benda Uji
R0S1	0	0	100	3
R0S2	5	0	100	3
R0S3	10	0	100	3
R1S1	0	100	0	3
R1S2	5	100	0	3
R1S3	10	100	0	3

3.6 Mix Design Beton Porous

Mix design merupakan rencana campuran dalam pembuatan beton yang berupa perancangan proporsi material penyusun beton yang untuk mencapai kekuatan dan kualitas beton yang diinginkan. Pada penelitian ini digunakan faktor air semen (FAS) sebesar 0,27 dikarenakan terdapat bahan tambah SBR latex cair yang menambah kelecakan (*workability*).

Campuran beton porous menggunakan perbandingan semen dengan agregat sebesar 1:4 dan penggunaan *styrene butadienen rubber latex* berupa persentase terhadap penggunaan semen.

Faktor-faktor yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4
Faktor Benda Uji

Variasi	Komposisi	Keterangan
Faktor Air Semen	0,27	Ratio air : semen (w/c) 0,27
Komposisi semen dan agregat	1:4	Ratio semen : agregat 1:4
Komposisi SBR Latex	0%	Tanpa SBR Latex
	5%	5 % terhadap berat semen
	10%	10 % terhadap berat semen

Berat isi semen dan agregat yang digunakan pada penelitian merupakan berat isi berdasarkan pengujian yang dilakukan sebelum proses pembuatan benda uji beton.

3.7 Pengujian Bahan Dasar

3.7.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume terhadap berat air dengan volume yang sama dengan temperatur tertentu. Tujuan pengujian ini adalah mengetahui nilai berat jenis curah kering, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu, dan persentase berat air yang terkandung dalam agregat terhadap berat kering agregat kasar. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI 1969:2008

Berdasarkan SNI 1969:2008, perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \dots \dots \dots (3-1)$$

Berat jenis curah kering adalah perbandingan berat agregat kering terhadap berat air murni yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu yang sama.

$$\text{Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \dots \dots \dots (3-2)$$

Berat jenis jenuh kering permukaan adalah perbandingan berat agregat jenuh kering permukaan terhadap berat air murni yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu yang sama.

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \dots \dots \dots (3-3)$$

Berat jenis semu adalah perbandingan berat agregat kering terhadap berat air murni dengan volume yang sama pada suhu yang sama.

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (3-4)$$

Penyerapan adalah persentase dari perbandingan berat air yang dapat diserap oleh pori suatu agregat terhadap berat agregat kering

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan / SSD (gram)

B_a = Berat benda uji dalam air (gram)

3.7.2 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Tujuan pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat isi agregat kasar. Pengujian berat isi agregat kasar berdasarkan ASTM C29. Terdapat dua jenis metode pengujian berat isi agregat kasar yaitu *rodded* dan *shovvel*. Metode *rodded* dilakukan dengan cara menumbuk agregat kasar setiap sepertiga bagian dari wadah takar sedangkan cara *shovvel* tanpa harus melakukan tumbukan terhadap agregat. Dalam penelitian ini kedua metode digunakan dan hasil akhirnya merupakan rata-rata dari kedua metode. Perhitungan berat isi menggunakan rumus di bawah ini :

$$\text{Berat Isi} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots (3-5)$$

Keterangan :

W₁ = Berat kotak takar (kg)

W₂ = Berat agregat kasar + kotak takar (kg)

V = Volume kotak takar (m³)

3.8 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Benda uji berbentuk silinder beton yang dicetak menggunakan pipa berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Campuran beton menggunakan gradasi agregat yang seragam dengan ukuran 0,5-1 cm. Semen yang digunakan adalah tipe PCC (*Portland Composite Cement*) dan menggunakan faktor air semen sebesar 0,27. Bahan tambah yang digunakan berupa *styrene butadiene rubber latex* yang dicampurkan secara merata pada saat beton masih dalam *concrete mixer*. Dilakukan uji *slump* dan *void ratio* setelah beton segar dituang dan memasukkan beton segar kedalam cetakan yang telah disediakan. Perawatan beton dilakukan setelah proses pengecoran selesai sampai waktu pengujian.

3.9 Pengujian Terhadap Beton Segar (*Fresh Concrete*)

3.9.1 Uji Slump (Slump Test)

Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecekan atau kemudahan dalam pengerjaan beton. Pengujian ini dilakukan baik dilapangan atau di laboratorium. Pengukuran slump beton dilakukan menggunakan alat kerucut abraham dan batang penusuk. Pengukuran slump dilakukan setelah terjadi penurunan permukaan bagian atas beton saat kerucut abraham diangkat. Besarnya nilai slump adalah jarak dari posisi permukaan awal beton hingga setelah penurunan pada permukaan atas beton. Pengujian ini berdasarkan pada SNI 1972:2008 cara uji slump beton. Dapat dituliskan besarnya nilai slump adalah sebagai berikut :

$$\text{Slump (cm)} = \text{tinggi kerucut abraham} - \text{tinggi penurunan beton} \dots\dots\dots (3-6)$$

3.9.2 Pengujian Density dan Void Ratio Pada Beton Segar (*Fresh Concrete*)

Pengujian ini berdasarkan ASTM C1688 mengenai “*Standard Test Method for Density and Void Ratio Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*”. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *density* aktual, *density* teoritis dan persentasi rongga (void ratio) yang terkandung dalam beton segar. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur berat beton segar dalam suatu wadah yang diketahui volumenya.

Perhitungan density, void ratio, dan theoretical density berdasarkan ASTM C1688 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Density} : D \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{Mc - Mm}{V_m} \dots\dots\dots (3-7)$$

$$\text{Void Ratio} : U \text{ (\%)} = \frac{T - D}{T} \times 100 \text{ \%} \dots\dots\dots (3-8)$$

$$\text{Theoretical Density} : T \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_s}{V_s} \dots\dots\dots (3-9)$$

Keterangan :

D = Unit weight atau density (kg/m³)

Mc = Berat benda uji (kg)

Mm = Berat wadah dan benda uji (kg)

Ms = Berat total semua campuran material (kg)

T = Berat jenis teoritis beton segar pada udara bebas (kg/m³)

U = Persentase rongga udara pada beton segar (%)

V_m = Volume alat ukur (m^3)

V_s = Volume total absolut dari seluruh komponen campuran (m^3)

3.10 Pengujian Beton Keras (*Hardened Concrete*)

3.10.1 Uji Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah berguna untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan menentukan panjang penyaluran dari tulangan (SNI 2491:2014). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar gaya tarik secara tidak langsung yang dapat ditahan oleh beton. Metode yang digunakan berdasarkan pada SNI 2491:2014 tentang “Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder”. Pengujian dilakukan dengan cara memberi beban secara lateral hingga benda uji silinder terbelah. Pengujian dilakukan dengan alat *compression testing machine* (CTM) dan dua batang perata yang diletakkan diatas dan bawah spesimen seperti pada gambar 3.2.

Kuat tarik belah benda uji dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{2P}{\pi ld} \dots \dots \dots (3-10)$$

Keterangan : T = kekuatan tarik belah (MPa)

P = beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)

l = panjang benda uji (mm)

d = diameter benda uji (mm)



Gambar 3. 2 Uji kuat tarik belah

Sumber : Armidion (2018)

Hasil kuat tarik belah benda uji akan dicatat pada tabel uji berikut :

Tabel 3. 5

Form Kuat Tarik Belah

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	:			
Tanggal pembuatan	:			
Tanggal uji	:			
Tempat Uji	:			
Bentuk Benda uji	:			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)			
Tinggi benda uji	(mm)			
Berat benda uji	(kg)			
Volume benda uji	(mm ³)			
Berat volume	(kg/m ³)			
Beban maksimum	(N)			
Kuat tarik belah	(Mpa)			
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)			

Tabel 3. 6

Form Kuat Tarik Belah Rata-Rata

No	Mix Design	Keterangan	Rata - rata (Mpa)
1	ROS1	(Agregat kasar alami 100%, SBR latex 0%)	
2	ROS2	(Agregat kasar alami 100%, SBR latex 5%)	
3	ROS3	(Agregat kasar alami 100%, SBR latex 10%)	
4	R1S1	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR latex 0%)	
5	R1S2	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR latex 5%)	
6	R1S3	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR latex 10%)	

3.10.2 Tahap Curing

Proses perawatan beton atau *curing* bertujuan untuk menghindari penguapan air dari beton agar kelembaban tetap terjaga untuk proses hidrasi beton. Proses perawatan beton sangat penting dilakukan karena dapat mempengaruhi ketahanan beton saat diuji. Berdasarkan SNI 2493:2011 telah ditetapkan cara perawatan beton atau *curing*. Goni basah dapat digunakan untuk menutup benda uji beton, tetapi harus selalu diperhatikan agar goni tetap basah. Pada 24 jam setelah silinder dicetak perlu dilakukan perlindungan permukaan luar cetakan dari sumber air karena dapat menyebabkan kerusakan benda uji pada umur awal. Perawatan pada beton juga tergantung pada tipe semen yang digunakan dan kondisi cuaca, suhu, serta kelembaban lingkungan.

Proses perawatan pada benda uji adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang baru selesai di tuang kedalam cetakan diletakkan pada permukaan yang rata yang memiliki suhu sekitar (20-25)° C atau pada suhu ruang
2. Tutup permukaan benda uji dengan plastik dan karung goni basah sehingga mencegah penguapan.
3. Biarkan plastik tetap menempel pada cetakan hingga beton mengeras.

3.11 Tabulasi Hasil Pengujian

Tabel 3. 7
Form Uji Slump

No	Mix Design	Keterangan	Slump (cm)
1	R0S1	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 0%)	
2	R0S2	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 5%)	
3	R0S3	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 10%)	
4	R1S1	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 0%)	
5	R1S2	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 5%)	
6	R1S3	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 10%)	

Tabel 3. 8
Form Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

No	Keterangan	1	2	3	4	5	6	RATA- RATA
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)						
2	Berat benda uji kering oven	Bk (gr)						
3	Berat benda uji dalam air	Ba (gr)						
4	Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk/(Bj - Ba)$						
5	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$Bj/(Bj - Ba)$						
6	Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$Bk/(Bk - Ba)$						
7	Penyerapan (%) (Absorption)	$(Bj - Bk)/Bk \times 100\%$						

Tabel 3. 9
Tabel Berat Jenis dan Penyerapan

No	Keterangan	1	2	3	4	5	6	RATA-RATA
1	Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)						
2	Berat benda uji kering oven	Bk (gr)						
3	Berat benda uji dalam air	Ba (gr)						
4	Berat Jenis Curah (Bulk Specific Grafity)	$Bk/(Bj-Ba)$						
5	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Grafity Saturated Surface Dry)	$Bj/(Bj-Ba)$						
6	Berat Jenis Semu (Apparent Spesific Gravity)	$Bk/(Bk-Ba)$						
7	Penyerapan (%) (Absorption)	$(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$						

Tabel 3.10
Tabel Rata-Rata Void Ratio

No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m3)	Ms	Vs (m3)	Density (D) (kg/m3)	Theoretical Density (T) (kg/m3)	Void Ratio (U) %	Rata-rata Void Ratio (U) %
1	R0S1	NCA, SBR Latex 0%									
2	R0S2	NCA, SBR Latex 5%									
3	R0S3	NCA, SBR Latex 10%									
4	R1S1	RCA, SBR Latex 0%									
5	R1S2	RCA, SBR Latex 5%									
6	R1S3	RCA, SBR Latex 10%									

Tabel 3. 11
Form Berat Isi Agregat Kasar

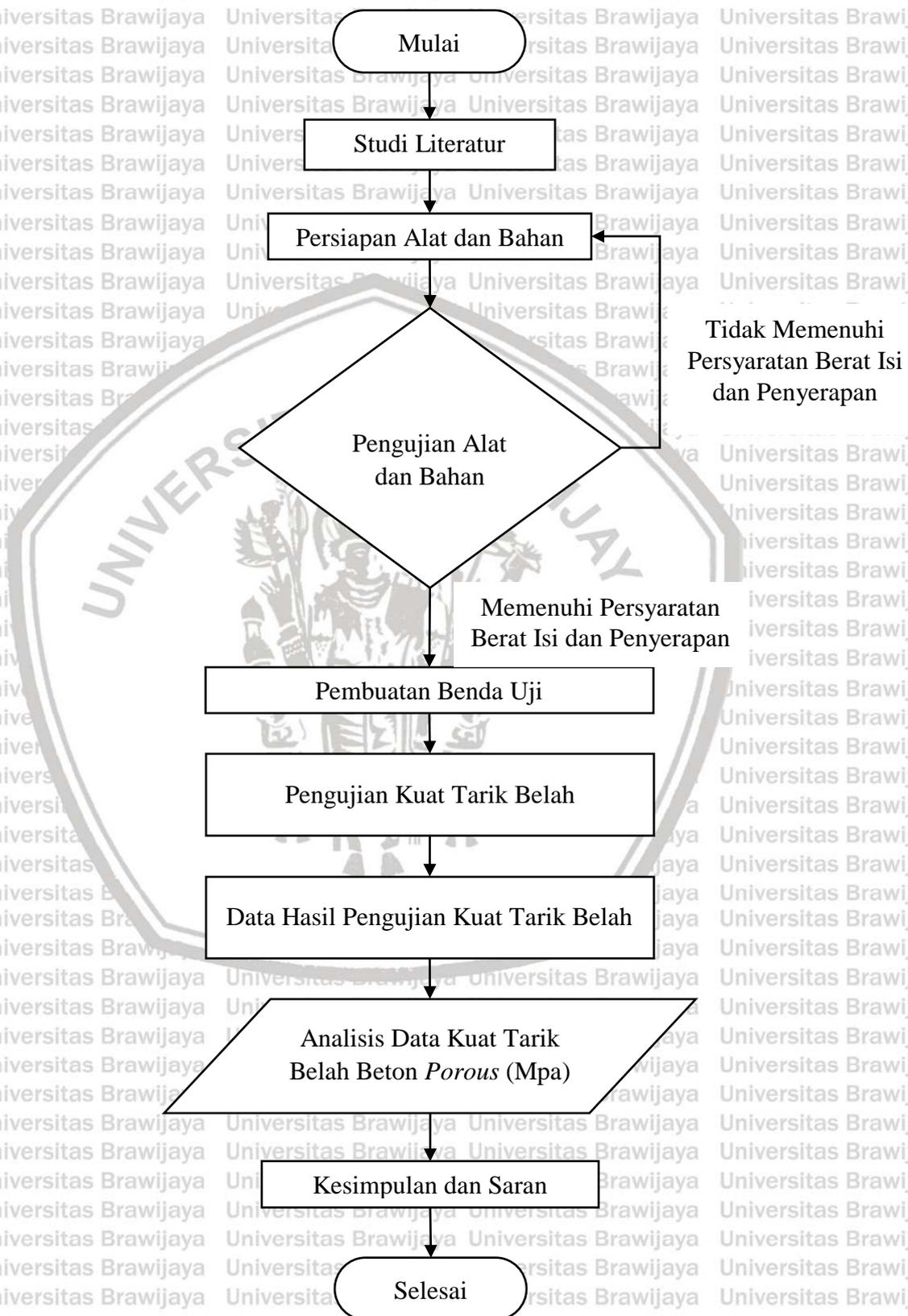
NO	KETERANGAN	1		2		3	
		Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran		gr				
2	berat takaran + air		gr				
3	berat air = (2)-(1)		gr				
4	volume air = (3)/1000		l				
5	berat takaran		gr				
6	berat takaran + benda uji		gr				
7	berat benda uji = (6)-(5)		gr				
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4)		gr/l				
9	berat isi agregat kasar rata-rata		kg/m ³				



Tabel 3. 12
Form Massa Total Campuran

NO	Kode mix design	Volume total (m ³)	Volume Campuran Akhir (m ³)	Volume Semen (m ³)	Berat Volume Semen (kg/m ³)	Berat Semen (kg)	volume agregat kasar	Berat Volume agregat kasar (kg/m ³)	Berat Agregat Kasar (kg)	FAS	Berat air (kg)	Berat SBR (kg)	Massa Total campuran (kg)
1	R0S1												
2	R0S2												
3	R0S3												
4	R1S1												
5	R1S2												
6	R1S3												

3.12 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 3 Bagan alir tahapan penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil dari pengaruh penggunaan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton *porous* dengan menggunakan agregat kasar daur ulang. Hasil dari penelitian berdasarkan dari pengujian yang dilakukan di laboratorium dan pengolahan data berdasarkan pada literatur.

4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan perlu dilakukan dengan tujuan mengetahui sifat-sifat bahan campuran beton yang akan digunakan karena dapat memengaruhi kualitas beton yang dihasilkan. Penelitian menggunakan dua jenis agregat kasar yaitu agregat kasar daur ulang dan agregat kasar alami atau. Penelitian pendahuluan meliputi :

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan
2. Pengujian berat isi

Bahan – bahan penyusun seperti semen PCC, SBR *latex*, dan air tidak dilakukan penelitian pendahuluan disebabkan telah memiliki standar mutu.

4.1.1 Hasil Analisis Berat Isi Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan tidak melalui pengujian gradasi dikarenakan sudah ditetapkan dari awal agregat menggunakan ukuran yang seragam yaitu 0,5 - 1 cm. Hasil dari pengujian berat isi agregat kasar alami dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan berat isi agregat kasar daur ulang pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4. 1
Berat Isi Agregat Kasar Alami

NO	KETERANGAN		1		2		3	
			Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran	gr	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5
2	berat takaran + air	gr	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0
3	berat air = (2)-(1)	gr	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5
4	volume air = (3)/1000	l	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625
5	berat takaran	gr	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5
6	berat takaran + benda uji	gr	5980.00	5721	6175	5667	6073	5732
7	berat benda uji = (6)-(5)	gr	4348.5	4089.5	4543.5	4035.0	4441.5	4100.0
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4)	gr/l	1375.020	1293.123	1436.680	1275.889	1404.427	1296.443
9	berat isi agregat kasar rata-rata	kg/m ³	1346.9302					

Tabel 4. 2

Berat Isi Agregat Kasar Daur Ulang

NO	KETERANGAN		1		2		3	
			Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran	gr	1631.50	1631.50	1631.50	1631.50	1631.50	1631.50
2	berat takaran + air	gr	4794.00	4794.00	4794.00	4794.00	4794.00	4794.00
3	berat air = (2)-(1)	gr	3162.50	3162.50	3162.50	3162.50	3162.50	3162.50
4	volume air = (3)/1000	l	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625
5	berat takaran	gr	1631.50	1631.50	1631.50	1631.50	1631.50	1631.50
6	berat takaran + benda uji	gr	5580.00	5230.00	5714.50	5476.50	5863.00	5487.50
7	berat benda uji = (6)-(5)	gr	3948.50	3598.50	4083.00	3845.00	4231.50	3856.00
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4)	gr/l	1248.5375	1137.8656	1291.0672	1215.8103	1338.0237	1219.2885
9	berat isi agregat kasar rata-rata	kg/m ³	1241.7655					

Dari hasil pengujian yang dilakukan masing – masing menggunakan tiga sampel agregat kasar. Berdasarkan hasil dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 didapatkan rata – rata berat isi dari agregat kasar alami adalah sebesar 1346,9302 kg/m³ dan rata – rata berat isi dari agregat kasar daur ulang adalah sebesar 1241, 7655 kg/m³. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai berat isi agregat kasar alami lebih besar dibandingkan dengan berat isi agregat kasar daur ulang sehingga agregat kasar alami lebih padat dibandingkan dengan agregat kasar daur ulang.

4.1.2 Hasil Analisis Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan merupakan salah satu indikator dalam menentukan kualitas agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran beton *porous*. Terdapat tiga macam berat jenis yang akan didapatkan yaitu berat jenis curah, berat jenis curah kering, dan berat jenis semu.

Penyerapan adalah suatu perbandingan antara air yang berada pada rongga agregat terhadap berat kering agregat yang dinyatakan dalam persen. Secara teoritis agregat kasar daur ulang akan memiliki nilai penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan agregat kasar alami. Hal ini dikarenakan adanya sisa mortar yang masih menempel pada agregat kasar daur ulang. Mortar mengandung banyak pori yang mengakibatkan pori-pori tersebut dapat terisi oleh air. Pada pengujian ini setiap variasi menggunakan tiga sampel benda uji. Hasil akhir dari pengujian adalah nilai rata-rata dari ketiga sampel yang diuji. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar alami dapat dilihat pada tabel 4.3 dan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 3
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Alami

No	Keterangan		1	2	3	Rata - Rata
1	Berat benda uji kering	Bj (gr)	5.0700	5.1645	5.1765	5.1370
2	Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	4.9000	4.8850	4.8905	4.8918
3	Berat benda uji dalam air	Ba (gr)	3.5150	3.5350	3.5350	0.0089
4	Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Grafity)	Bk/(Bj-Ba)	3.1511	2.9979	2.9793	3.0428
5	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Spesific Grafity)	Bj/(Bj-Ba)	3.2605	3.1694	3.1535	3.1944
6	Berat Jenis Semu (Apparent Spesific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	3.5379	3.6185	3.6079	3.5881
7	Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj- Bk)/Bkx100%	3.4694	5.7216	5.8481	5.0130

Tabel 4. 4
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Daur Ulang

No	Keterangan		1	2	3	Rata - Rata
1	Berat benda uji kering	Bj (gr)	5.3300	5.2000	5.1600	5.2300
2	Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	4.8165	4.9800	4.7175	4.8380
3	Berat benda uji dalam air	Ba (gr)	3.5580	3.0020	3.0020	3.1873
4	Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Grafity)	Bk/(Bj-Ba)	2.7181	2.2657	2.1861	2.3900
5	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Spesific Grafity)	Bj/(Bj-Ba)	3.0079	2.3658	2.3911	2.5883
6	Berat Jenis Semu (Apparent Spesific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	3.8272	2.5177	2.7499	3.0316
7	Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj- Bk)/Bkx100%	10.6613	4.4177	9.3800	8.1530

Berdasarkan tabel 4.3 ini didapatkan hasil berat jenis curah rata-rata sebesar 3,0428, berat jenis kering permukaan jenuh rata-rata sebesar 3,1944, dan berat jenis semu rata-rata sebesar 3,5881. Nilai penyerapan rata-rata dari agregat kasar alami sebesar 5,0130 %.

Berdasarkan tabel 4.4 ini didapatkan hasil berat jenis curah rata-rata sebesar 2,39, berat jenis kering permukaan jenuh rata-rata sebesar 2,5883, dan berat jenis semu rata-rata sebesar 3,0316. Nilai penyerapan rata-rata dari agregat kasar daur ulang sebesar 8,1530 %.

Perbandingan pada tabel 4.3 dan tabel 4.4 menunjukkan agregat kasar alami memiliki berat jenis yang lebih besar dibanding agregat kasar daur ulang. Namun, nilai penyerapan agregat kasar daur ulang lebih besar dibanding penyerapan agregat kasar alami. Sehingga, kesimpulan dari hasil uji berat jenis dan penyerapan yaitu kualitas dari agregat kasar alami lebih baik dibandingkan dengan agregat kasar daur ulang.

4.2 Kelecekan (Workability)

Kelecekan campuran beton merupakan indikator dalam menentukan tingkat kemudahan dalam proses pengerjaan campuran beton. Kelecekan atau *workability* dapat diketahui melalui uji slump. Pengujian menggunakan kerucut terpancung dan dilakukan pada saat beton dalam kondisis segar (*fresh concrete*) atau setelah campuran beton dituang dari mesin pencampur (*concrete mixer*). Hasil uji slump dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5
Hasil Slump Test Fresh Concrete

No	Mix Design	Keterangan	Slump (cm)
1	R0S1	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 0%)	16.5
2	R0S2	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 5%)	17
3	R0S3	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 10%)	13.5
4	R1S1	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 0%)	15
5	R1S2	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 5%)	18.3
6	R1S3	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 10%)	15.5

Berdasarkan tabel 4.5 nilai slump sangat bervariasi dari enam *mix design*. Nilai slump yang terjadi berkisar antara 13,5 sampai 18,3 cm. Kemudahan pengerjaan beton berbanding lurus dengan nilai slump yang semakin besar. Semakin kecil nilai slump maka berdampak pada pengerjaan beton yang lebih sulit. Proses uji slump dapat dilihat pada gambar 4.1.

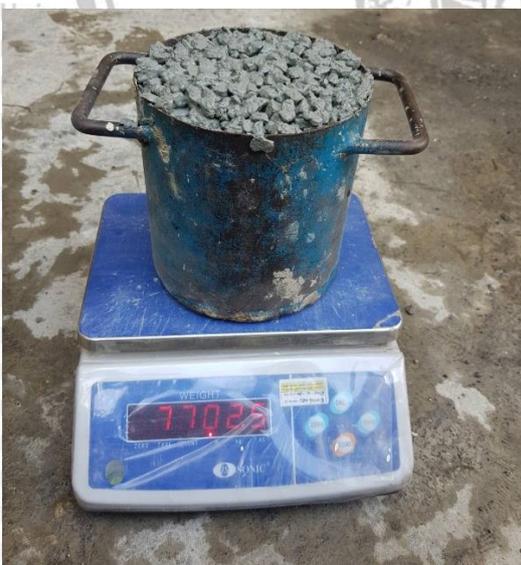


Gambar 4. 1 Pengukuran nilai slump beton segar

4.3 Berat Volume dan *Void Ratio* Beton Segar

Void ratio merupakan salah satu pengujian yang sangat penting pada beton porous. Beton porous memiliki kelebihan dalam kemampuan mengalirkan air melalui rongga-rongga yang ada dalam beton. Besarnya nilai void ratio menunjukkan bahwa terdapat banyak pori pada beton sehingga kekuatan beton akan menurun dan permeabilitasnya akan meningkat.

Pengujian berat benda uji dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Pengambilan data M_c

Hasil dari void ratio dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6

Void Ratio Beton Porous Agregat Kasar Alami

Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m ³)	Ms	Vs (m ³)	Density (D) (kg/m ³)	Theoretical Density (T) (kg/m ³)	Void Ratio (U) %	Rata-rata Void Ratio (U) %
R0S1	NCA, SBR	7.210	1.63	0.0048	117	0.084	1163.95	1391.16	16.33	
	Latex 0%	7.110	1.63	0.0048	117	0.084	1143.10	1391.16	17.83	17.13
		7.150	1.63	0.0048	117	0.084	1151.44	1391.16	17.23	
R0S2	NCA, SBR	7.310	1.63	0.0048	118	0.084	1184.81	1401.31	15.45	
	Latex 5%	7.320	1.63	0.0048	118	0.084	1186.90	1401.31	15.30	15.42
		7.306	1.63	0.0048	118	0.084	1183.98	1401.31	15.51	
R0S3	NCA, SBR	7.450	1.63	0.0048	119	0.084	1214.02	1411.46	13.99	
	Latex 10%	7.680	1.63	0.0048	119	0.084	1261.99	1411.46	10.59	11.61
		7.702	1.63	0.0048	119	0.084	1266.58	1411.46	10.26	

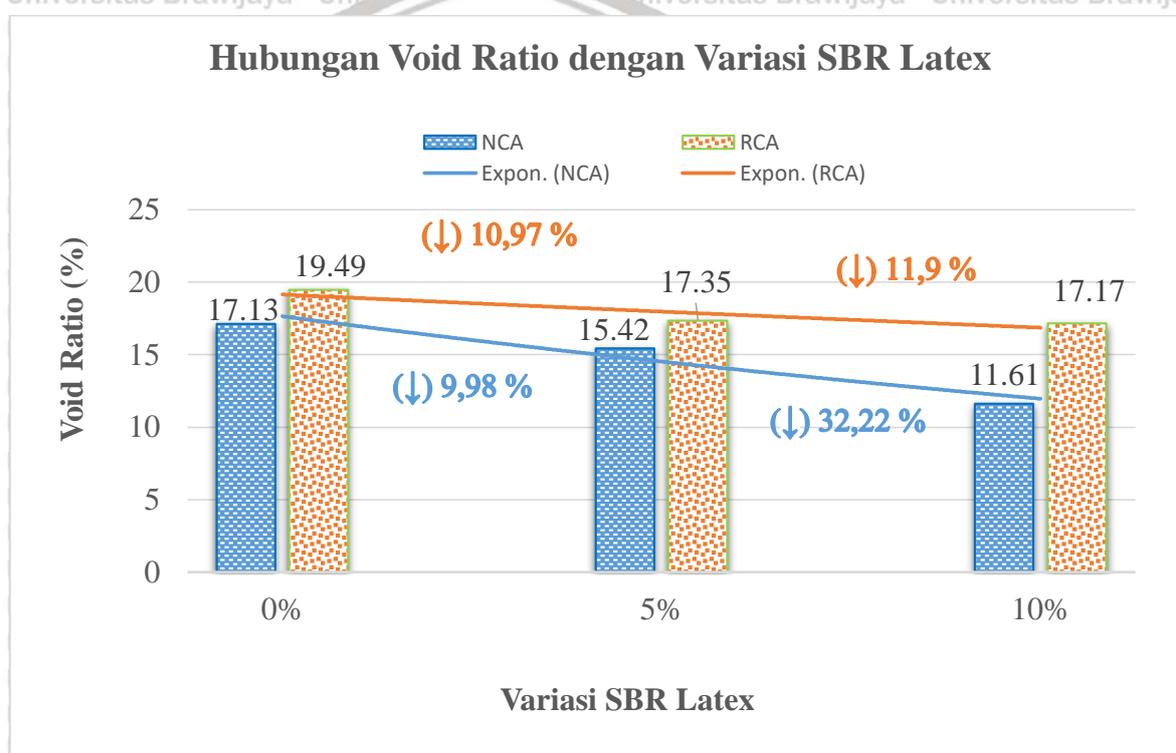
Tabel 4. 7

Void Ratio Beton Porous Agregat Kasar Daur Ulang

Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m ³)	Ms	Vs (m ³)	Density (D) (kg/m ³)	Theoretical Density (T) (kg/m ³)	Void Ratio (U) %	Rata-rata Void Ratio (U) %
R1S1	RCA, SBR	6.794	1.63	0.0048	110.35	0.084	1077.18	1307.05	17.59	
	Latex 0%	6.700	1.63	0.0048	110.35	0.084	1057.57	1307.05	19.09	19.49
		6.530	1.63	0.0048	110.35	0.084	1022.11	1307.05	21.80	
R1S2	RCA, SBR	6.819	1.63	0.0048	111.20	0.084	1082.39	1317.20	17.83	
	Latex 5%	6.879	1.63	0.0048	111.20	0.084	1094.81	1317.20	16.88	17.35
		6.849	1.63	0.0048	111.20	0.084	1088.60	1317.20	17.35	
R1S3	RCA, SBR	6.890	1.63	0.0048	112.06	0.084	1097.20	1327.35	17.34	
	Latex 10%	6.903	1.63	0.0048	112.06	0.084	1099.92	1327.35	17.13	17.17
		6.910	1.63	0.0048	112.06	0.084	1101.38	1327.35	17.02	

Berdasarkan tabel 4.6 dan tabel 4.7 menunjukkan pengaruh penggunaan agregat kasar daur dalam campuran beton *porous* yang berdampak pada nilai void ratio yang lebih besar dibandingkan campuran beton *porous* yang menggunakan agregat kasar alami. Hal ini

terjadi karena agregat kasar daur ulang lebih berpori dibandingkan agregat kasar alami. Penyebabnya adalah kandungan mortar yang masih menempel pada agregat kasar daur ulang. Penambahan *styrene butadiene rubber latex* pada campuran beton porous akan memperkecil nilai void rasionya. Contohnya pada campuran beton porous dengan agregat kasar alami mulai dari tanpa menggunakan SBR *latex* hingga penggunaan 10% SBR *latex* berturut-turut nilai void rasionya semakin kecil. Penyebabnya adalah *styrene butadiene rubber latex* yang memiliki ukuran sangat kecil mengisi rongga-rongga yang ada dalam beton *porous*, semakin besar penambahan *styrene butadiene rubber latex* maka semakin kecil rongga pada beton *porous*. Gambar 4.3 menunjukkan grafik hubungan void ratio dengan komposisi SBR *latex* yang digunakan.



Gambar 4. 3 Hubungan void ratio dengan variasi SBR latex

Dari gambar 4.3 menunjukkan rata-rata void ratio pada beton porous yang menggunakan agregat kasar alami dengan variasi SBR latex 0%, 5%, dan 10% adalah 17,3% ; 15,42% ; dan 11,61%. Terlihat terjadi penurunan void ratio pada SBR latex 5% dan 10% sebesar 9,98% dan 32,22% terhadap beton porous tanpa SBR latex. Sedangkan beton porous yang menggunakan agregat kasar daur ulang dengan variasi SBR latex 0%, 5% dan 10% adalah 19,49%; 17,35%; dan 17,17%. Penurunan nilai void rasionya pada pada SBR latex 5% dan 10% sebesar 10,97% dan 11,9% terhadap beton porous tanpa SBR latex.

4.4 Berat Isi Benda Uji

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui volume, massa dan berat isi benda uji. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran dimensi dan massa benda uji silinder dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8

Berat Isi Benda Uji Silinder

Benda Uji	Inisial	Diameter (mm)			Tinggi (mm)			Volume (mm ³)	Berat (kg)	Berat Isi (kg/m ³)
		Titik 1	Titik 2	Rata-rata	Titik 1	Titik 2	Rata-rata			
R0S1	1	111	109	110	201	202	201.5	1914918.5	3.2335	1688.5836
	2	108	111	109.5	198	202	200	1883424.1	3.1060	1649.1241
	3	110	112	111	201	200	200.5	1940216.6	3.1460	1621.4684
R1S1	1	110	110	110	198	200	199	1891160.2	3.0360	1605.3637
	2	111	110	110.5	200	199	199.5	1913186.6	3.1565	1649.8652
	3	108	111	109.5	202	200	201	1892841.2	3.0250	1598.1267
R0S2	1	110	109	109.5	198	201	199.5	1878715.5	3.2230	1715.5338
	2	110	110	110	199	202	200.5	1905415.2	3.2730	1717.7358
	3	110	110	110	202	199	200.5	1905415.2	3.2395	1700.1544
R1S2	1	111	110	110.5	198	200	199	1908391.7	3.1270	1638.5525
	2	112	110	111	204	200	202	1954731.9	3.2170	1645.7500
	3	110	109	109.5	200	199	199.5	1878715.5	3.1305	1666.2981
R0S3	1	110	110	110	202	198	200	1900663.6	3.3450	1759.9117
	2	111	110	110.5	200	202	201	1927571.5	3.4660	1798.1175
	3	110	110	110	202	200	201	1910166.9	3.3850	1772.0965
R1S3	1	111	111	111	202	198	200	1935378.2	3.2315	1669.6995
	2	110	111	110.5	202	199	200.5	1922776.5	3.1835	1655.6786
	3	108	111	109.5	201	200	200.5	1888132.6	3.2330	1712.2738

Pengujian dilakukan setelah benda uji dirawat selama 28 hari dan telah dilepas dari bekisting. Pengujian dilakukan pada setiap benda uji dari 6 mix design terdiri dari 3 sampel, sehingga total pengujian sebanyak 18 kali. Secara teoritis benda uji silinder memiliki volume sebesar 0,005303571 m³. Beragamnya volume, massa, dan berat isi disebabkan oleh beberapa faktor seperti proses pemadatan, ukuran bekisting, dan susut beton. Dari hasil

perhitungan berat isi dari setiap benda uji akan dikelompokkan terhadap penggunaan agregat kasar yang sama serta dicari rata-rata berat isi pada setiap mix design dan dapat dilihat pada tabel 4.9.

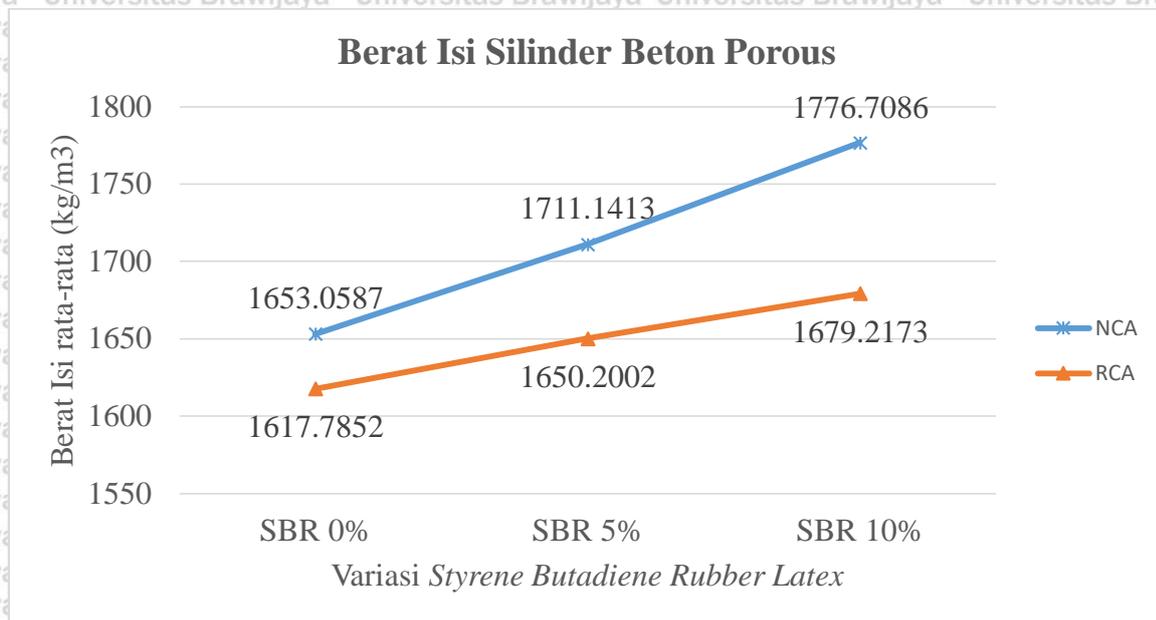
Tabel 4.9

Berat Isi Rata-Rata

Mix Design	Nomor Benda Uji	Benda Uji	Berat Isi Sampel (kg/m ³)	Rata-rata (kg/m ³)
R0S1	1	NCA, SBR Latex 0%	1688.5836	1653.0587
	2		1649.1241	
	3		1621.4684	
R0S2	1	NCA, SBR Latex 5%	1715.5338	1711.1413
	2		1717.7358	
	3		1700.1544	
R0S3	1	NCA, SBR Latex 10%	1759.9117	1776.7086
	2		1798.1175	
	3		1772.0965	
R1S1	1	RCA, SBR Latex 0%	1605.3637	1617.7852
	2		1649.8652	
	3		1598.1267	
R1S2	1	RCA, SBR Latex 5%	1638.5525	1650.2002
	2		1645.7500	
	3		1666.2981	
R1S3	1	RCA, SBR Latex 10%	1669.6995	1679.2173
	2		1655.6786	
	3		1712.2738	

Berdasarkan tabel 4.9 menunjukkan bahwa beton porous yang menggunakan agregat kasar alami memiliki berat isi yang lebih besar dibandingkan dengan beton porous dengan agregat kasar daur ulang. Kenaikan tersebut disebabkan karena pada agregat kasar daur ulang terdapat mortar yang masih menempel sehingga agregat kasar daur ulang memiliki berat isi yang lebih rendah dibandingkan agregat kasar alami.

Gambar 4.4 merupakan grafik hubungan berat isi silinder beton porous terhadap penambahan *styrene butadiene rubber latex*.



Gambar 4. 4 Grafik berat isi beton porous

Berdasarkan gambar 4.4 didapatkan berat isi beton porous yang menggunakan agregat kasar alami dengan variasi SBR latex 0%, 5% dan 10% adalah sebesar 1653 kg/m^3 ; 1711 kg/m^3 ; dan 1776 kg/m^3 . Terlihat terjadi peningkatan sebesar 3,51% pada SBR latex 5% dan 7,48% pada SBR latex 10%. Sedangkan pada beton porous yang menggunakan agregat kasar daur ulang dengan variasi SBR latex 0%, 5% dan 10% memiliki berat isi sebesar 1617 kg/m^3 ; 1650 kg/m^3 ; dan 1679 kg/m^3 . Besarnya peningkatan pada SBR latex 5% dan 10% yaitu 2% dan 3,79%. Sehingga, hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *styrene butadiene rubber latex* pada beton porous akan mampu meningkatkan berat isi dari beton porous.

4.5 Kuat Tarik Belah Beton Porous

Pengujian kuat tarik belah beton bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton porous.

Penelitian ini memiliki enam variasi *mix design* dengan 3 sampel benda uji pada setiap *mix design*. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dan telah dilakukan perawatan atau *curing* pada sampel beton. Hasil dari pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10

Pengukuran Benda Uji Silinder

Benda Uji	Inisial	Berat (kg)	Berat Isi (kg/m ³)	Berat Isi rata- rata	Beban Maks (kN)
R0S1	1	3.2335	1688.58	1653.06	22
	2	3.1060	1649.12		24
	3	3.1460	1621.47		21
R1S1	1	3.0360	1605.36	1617.79	14
	2	3.1565	1649.87		19
	3	3.0250	1598.13		18
R0S2	1	3.2230	1715.53	1711.14	27
	2	3.2730	1717.74		26
	3	3.2395	1700.15		28
R1S2	1	3.1270	1638.55	1650.20	21
	2	3.2170	1645.75		21
	3	3.1305	1666.30		23
R0S3	1	3.3450	1759.91	1776.71	39
	2	3.4660	1798.12		31
	3	3.3850	1772.10		37
R1S3	1	3.2315	1669.70	1679.22	25
	2	3.1835	1655.68		24
	3	3.2330	1712.27		27

Berdasarkan pengujian dengan alat *compression machine* didapatkan beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji dengan satuan kilo newton (kN). Selanjutnya beban maksimum akan dimasukkan ke dalam perhitungan yang sesuai dengan SNI 2491:2014 dan akan menghasilkan nilai akhir berupa kuat tarik belah maksimum dalam satuan *megapascal* (Mpa) seperti tabel 4.11.



Gambar 4. 5 Benda uji beton porous

Tabel 4. 11

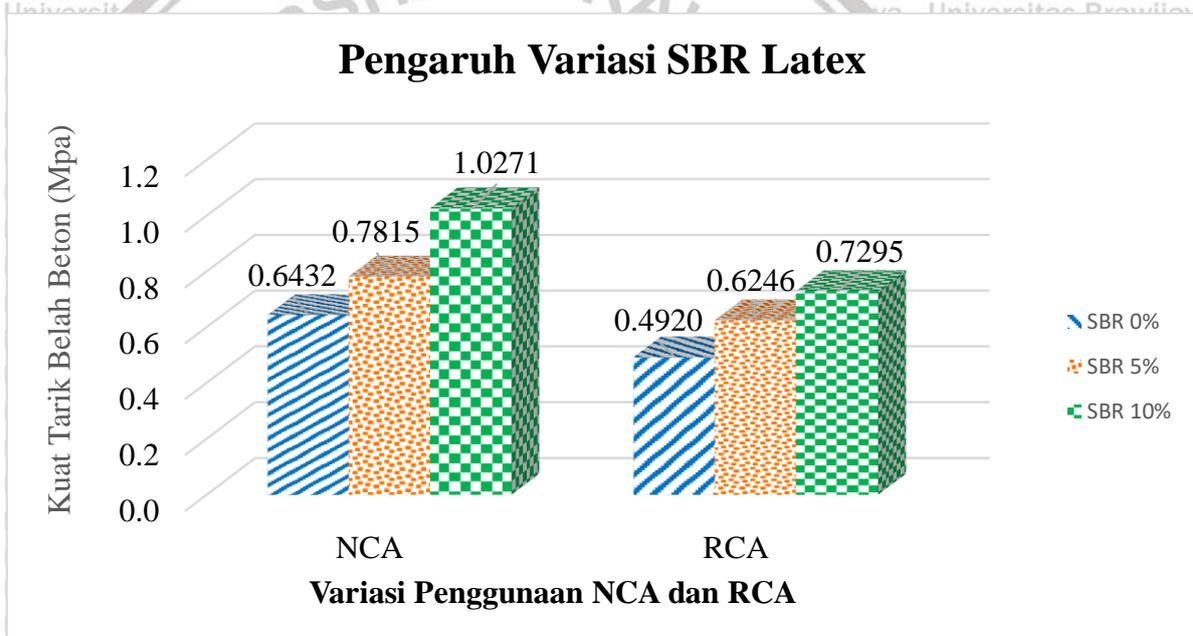
Hasil Uji Kuat Tarik Belah

No	Mix Design	Nomor Benda Uji	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1		1	0.6316	
2	ROS1	2	0.6974	0.6432
3		3	0.6005	
4		1	0.7865	
5	ROS2	2	0.7502	0.7815
6		3	0.8079	
7		1	1.1281	
8	ROS3	2	0.8882	1.0271
9		3	1.0649	
10		1	0.4070	
11	R1S1	2	0.5485	0.4920
12		3	0.5204	
13		1	0.6077	
14	R1S2	2	0.5960	0.6246
15		3	0.6700	
16		1	0.7166	
17	R1S3	2	0.6894	0.7295
18		3	0.7826	

Berdasarkan tabel 4.11 dapat dikelompokkan sesuai mix design masing-masing contohnya pada campuran pertama dengan agregat kasar alami tanpa penambahan SBR *latex* terdiri dari 3 sampel dengan kuat tarik belah berturut-turut 0,6316 Mpa, 0,6974 Mpa, dan 0,6005 Mpa. Sehingga, ketiga sampel beton *porous* dengan menggunakan agregat kasar alami tanpa penambahan *styrene butadiene rubber latex* memiliki kuat tarik belah rata-rata 0,6432 Mpa. Hasil dari seluruh pengujian dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12
Kuat Tarik Belah Rata-Rata Beton Porous

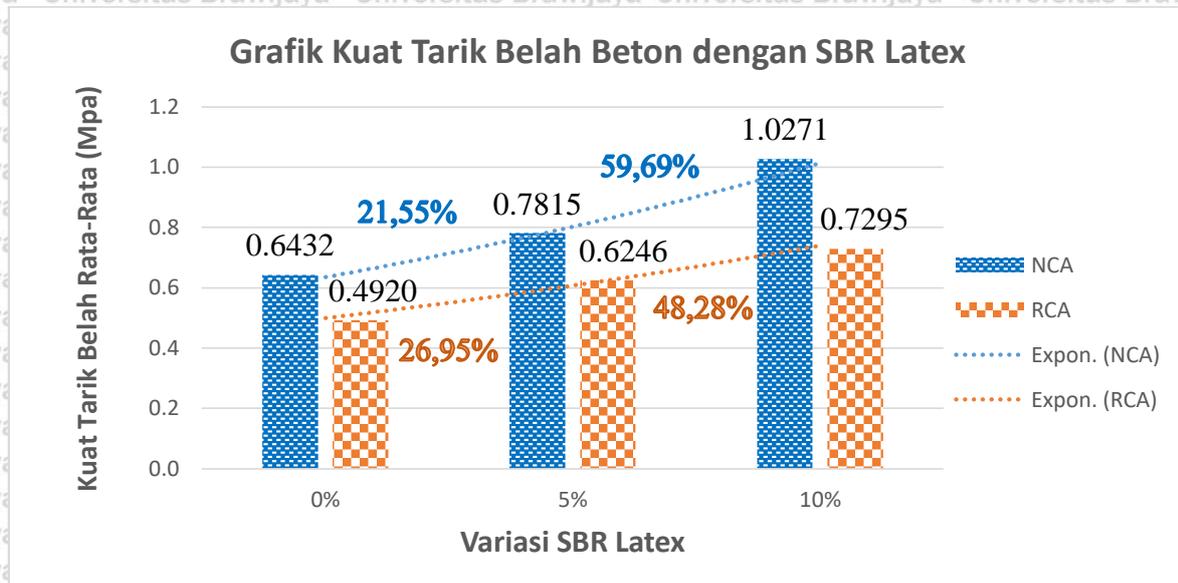
No	Mix Design	Keterangan	Kuat Tarik Belah Rata-rata (Mpa)
1	R0S1	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 0%)	0.6432
2	R0S2	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 5%)	0.7815
3	R0S3	(Agregat kasar alami 100%, SBR <i>latex</i> 10%)	1.0271
4	R1S1	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 0%)	0.4920
5	R1S2	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 5%)	0.6246
6	R1S3	(Agregat kasar daur ulang 100%, SBR <i>latex</i> 10%)	0.7295



Gambar 4. 6 Grafik pengaruh variasi penambahan styrene butadiene rubber latex terhadap kuat tarik belah beton *porous*

Berdasarkan data-data seperti pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa penggunaan agregat kasar alami pada beton *porous* menghasilkan kuat tarik belah yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan agregat kasar daur ulang. Hal ini dapat terjadi karena kualitas agregat kasar alami lebih baik dibandingkan dengan agregat kasar daur ulang, ditunjukkan dengan nilai penyerapan agregat kasar alami yang lebih kecil dan memiliki berat

isi yang lebih besar dibandingkan dengan agregat kasar daur ulang. Grafik kuat tarik belah dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.



Gambar 4. 7 Grafik pengaruh penggunaan agregat kasar alami dan agregat kasar daur ulang pada kuat tarik belah beton porous

Gambar diatas menunjukkan adanya pengaruh penambahan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik belah beton *porous*. Pada beton *porous* dengan penambahan SBR *latex* dengan persentase 5% dan 10% terlihat adanya peningkatan kuat tarik belah yang signifikan. Sehingga, penambahan *styrene butadiene rubber latex* terbukti mampu menambah kekuatan ikatan antar agregat dalam beton *porous*. Pada beton *porous* dengan agregat kasar alami dan penambahan 5% SBR *latex* kuat tarik belah meningkat sebesar 21,55%, sedangkan beton *porous* yang menggunakan agregat kasar daur ulang dengan penambahan SBR *latex* yang sama mengalami peningkatan sebesar 26,95%. Penambahan 10% SBR *latex* kedalam campuran beton *porous* mampu menyelimuti agregat kasar secara merata dan memperkuat ikatan antar agregat. Sehingga, peningkatan kuat tarik belah beton porous pada penggunaan agregat kasar daur ulang dan agregat kasar alami berturut-turut adalah 48,28% dan 59,69%.

Pengujian kuat tarik belah beton *porous* dilakukan dengan alat *compression machine* dengan bantuan alas bawah dan alas atas agar dapat meratakan beban yang diterima oleh sampel beton. Benda uji diletakkan secara melintang dan akan menerima gaya merata secara tegak lurus. Pengujian dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 8 Pengujian kuat tarik belah beton porous

Sampel beton akan menerima gaya secara terus menerus dan semakin besar dengan percepatan beban yang konstan hingga mencapai titik runtuhnya atau beban maksimal yang mampu ditahan oleh beton. Benda uji ditekan hingga mencapai titik runtuh maksimal hingga ketika mencapai batas maksimal akan ditandai dengan retak dan terbelahnya sampel beton. Benda uji setelah mencapai titik runtuh akan terbelah seperti pada gambar 4.9. Benda uji beton porous terbelah menjadi dua bagian disebabkan karena adanya tekanan yang merata pada arah lateral silinder. Penyebab dari terjadinya benda uji yang terbelah menjadi lebih dari 2 bagian yaitu kurang tepatnya pemasangan batang perata sehingga terdapat bagian beton yang telah mencapai titik runtuhnya sementara bagian yang lain belum sampai runtuh. Hal ini dapat menyebabkan data yang dihasilkan dari pengujian kurang akurat.



Gambar 4. 9 Benda uji setelah terbelah

4.6 Hubungan Void Ratio dengan Kuat Tarik Belah

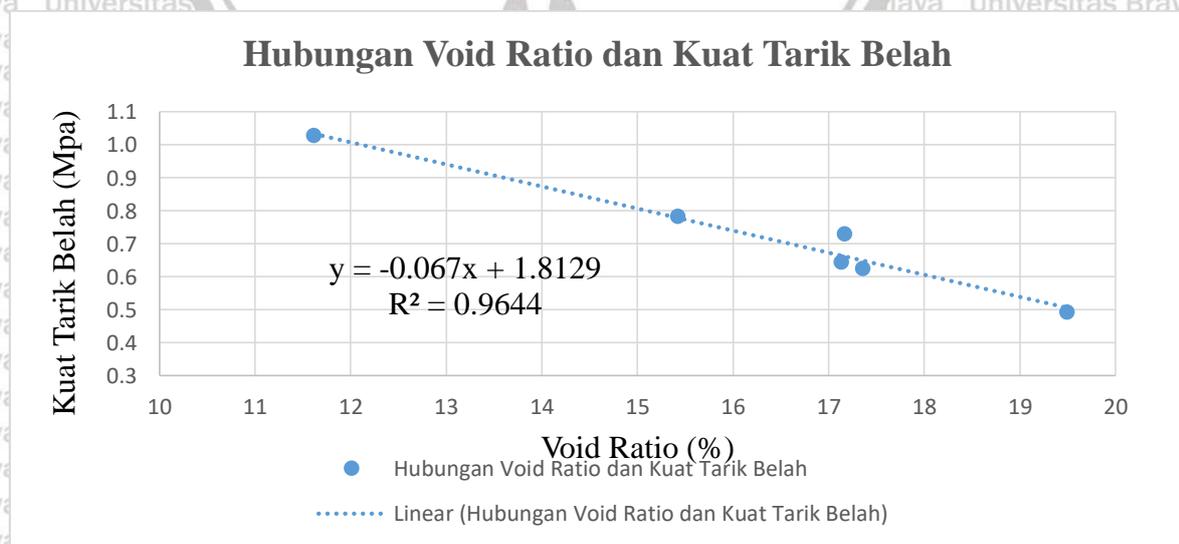
Adanya material beton *porous* bertujuan sebagai bahan yang dapat digunakan untuk mengalirkan air melalui rongga-rongga yang ada pada beton. Sehingga, setiap pembuatan beton *porous* akan selalu mempertimbangkan tentang void ratio. Perbandingan antara void ratio dan kuat tarik beton *porous* dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4. 13

Data Kuat Tarik Belah Dan Void Ratio Beton Porous

No	Mix Design	Sampel	Density (kg/m ³)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Void Ratio (%)
1	R0S1	NCA, SBR Latex 0%	1152.83	0.6432	17.13
2	R0S2	NCA, SBR Latex 5%	1185.23	0.7815	15.42
3	R0S3	NCA, SBR Latex 10%	1247.53	1.0271	11.61
4	R1S1	RCA, SBR Latex 0%	1052.29	0.4920	19.49
5	R1S2	RCA, SBR Latex 5%	1088.60	0.6246	17.35
6	R1S3	RCA, SBR Latex 10%	1099.50	0.7295	17.17

Pada gambar 4.10 merupakan hubungan antara kuat tarik belah dengan *void ratio* yang dimiliki oleh beton porous. Berdasarkan data menggambarkan bahwa semakin besar *void ratio* yang dimiliki oleh beton porous maka kuat tarik belah beton porous akan semakin kecil. Semakin kecil rongga yang dimiliki beton porous berarti semakin luas bidang kontak antar agregat yang memengaruhi ikatan antar agregatnya semakin kuat sehingga kekuatan tarik belah akan meningkat.



Gambar 4. 10 Hubungan kuat tarik belah beton dengan void ratio

Pada gambar 4.10 terdapat persamaan regresi yaitu $y = -0,067x + 1,8129$. Arti dari persamaan ini yaitu apabila beton *porous* tidak memiliki void ratio, maka nilai kuat tarik belahnya akan konsisten sebesar 1,8129 Mpa, dan -0,067 berarti bahwa setiap penambahan 1% void ratio akan menyebabkan turunnya kuat tarik belah sebesar 0,067 Mpa. Dari grafik juga didapatkan nilai $R^2 = 0,9644$ atau 96,44 % yang berarti void ratio sangat berpengaruh terhadap kuat tarik belah karena nilai R^2 mendekati 100%.

4.7 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Porous

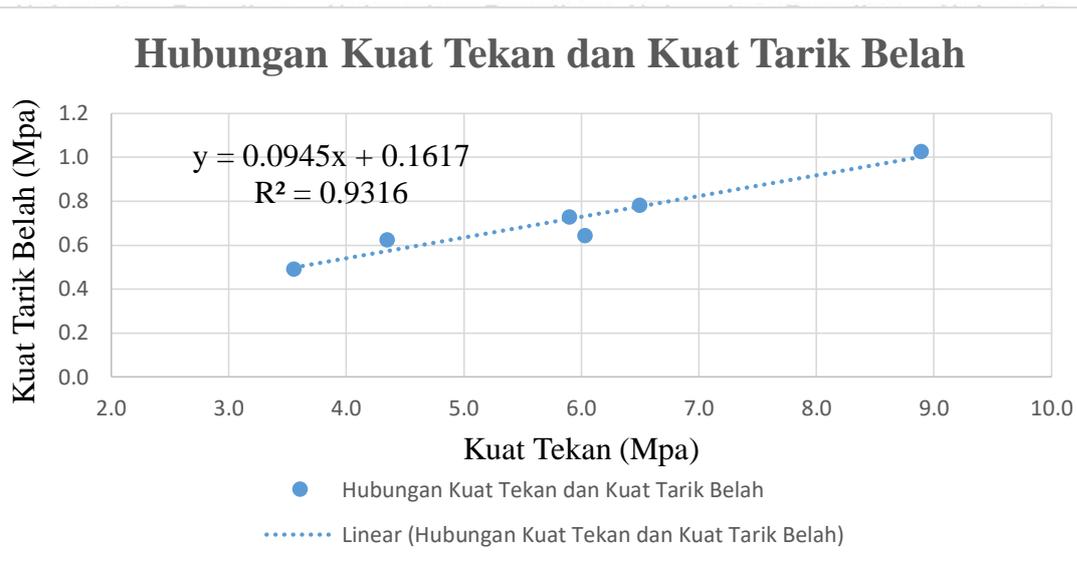
Kekuatan yang utama dalam material beton adalah kekuatannya dalam menahan tekan. Semakin besar nilai kuat tekan beton maka akan semakin besar beban yang mampu ditahan oleh beton. Beton juga memiliki kekuatan tarik tetapi nilainya sangat kecil berkisar antara 10% – 15% dari kuat tekannya. Pengaplikasian beton dalam struktur selalu dipadukan dengan tulangan baja atau biasa disebut struktur komposit. Dengan adanya baja tulangan dalam beton maka kebutuhan kekuatan tarik dalam menahan beban akan tercukupi.

Pada tabel 4.14 menunjukkan hasil bahwa beton porous dengan menggunakan agregat kasar daur ulang memiliki persentase kuat tarik belah terhadap kuat tekannya lebih besar dibandingkan beton porous dengan menggunakan agregat kasar alami. Pada beton porous menggunakan agregat kasar alami persentasenya berkisar antara 10,67% - 12,03%, sedangkan pada beton porous dengan agregat kasar daur ulang persentasenya sebesar 12,37%-14,36%. Data hubungan antara kuat tekan beton porous dengan kuat tarik belah dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14

Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

No	Mix Design	Sampel	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tekan (Mpa)	Persentase (%)
1	R0S1	NCA SBR 0%	0.6432	6.0285	10.67
2	R0S2	NCA SBR 5%	0.7815	6.4952	12.03
3	R0S3	NCA SBR 10%	1.0271	8.8921	11.55
4	R1S1	RCA SBR 0%	0.4920	3.5552	13.84
5	R1S2	RCA SBR 5%	0.6246	4.3485	14.36
6	R1S3	RCA SBR 10%	0.7295	5.8970	12.37



Gambar 4.11 Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah

Dari grafik 4.11 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik belah beton porous akan selalu sebanding dengan nilai kuat tekannya. Semakin besar kuat tekan beton porous maka kuat tarik belah juga akan meningkat. Nilai kuat tarik belah beton porous dengan penambahan SBR latex berkisar antara 10,67% - 14,36% dari kuat tekannya.

Pada gambar 4.11 terdapat persamaan regresinya adalah $y = 0,0945x + 0,1617$. Arti dari persamaan ini adalah setiap penambahan 1% dari kuat tekan beton porous maka kuat tarik belah akan meningkat sebesar 0,0945 Mpa. Terdapat nilai R^2 pada grafik yaitu 0,9316 atau 93,16% yang berarti pengaruh kuat tekan terhadap kuat tarik belah beton *porous* pada penelitian sangat tinggi karena nilai R^2 mendekati angka 100%.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis dari hasil penelitian didapat kesimpulan, yaitu :

1. Penggunaan agregat kasar daur ulang dapat mengakibatkan turunnya kuat tarik belah beton porous dibandingkan campuran beton porous menggunakan agregat kasar alami. Penyebabnya adalah agregat kasar daur ulang memiliki kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan agregat kasar alami, ditunjukkan dengan persentase penyerapan yang lebih tinggi dan nilai berat isi yang lebih rendah dari agregat kasar daur ulang. Hal tersebut terjadi karena agregat kasar daur ulang masih mengandung sedikit mortar yang masih menempel dari *parent concrete*nya, sehingga agregat kasar daur ulang lebih berpori dibandingkan agregat kasar alami.
2. Hasil pengujian kuat tarik belah menunjukkan bahwa penambahan *styrene butadiene rubber latex* dalam campuran beton *porous* dapat meningkatkan kuat tarik belahnya. Pada pengujian beton *porous* dengan 5% SBR *latex* terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 21,55% pada penggunaan agregat kasar alami dan 26,95% pada penggunaan agregat kasar daur ulang. Beton porous dengan penambahan 10% SBR *latex* terjadi peningkatan sebesar 59,69% pada penggunaan agregat kasar alami dan 48,28% pada penggunaan agregat kasar daur ulang terhadap beton porous tanpa SBR *latex*.

5.2 Saran

Pada penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penggunaan *styrene butadiene rubber latex* terhadap kuat tarik beton porous dengan menggunakan agregat kasar daur ulang dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pra-lab sehingga memperkecil risiko kegagalan dalam pengujian dan mengetahui kendala-kendala yang akan dialami dalam proses pengujian.

2. Dapat dilakukan penelitian selanjutnya mengenai bahan tambah lain yang dapat menambah kekuatan ikatan antar agregat pada beton porous.
3. Menambah jumlah benda uji agar mendapatkan data yang lebih akurat dan berkualitas.



DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute* (ACI 548.3R-03) (2003). *Polymer Modified Concrete*.
American Concrete Institute. Farmington Hills U.S.A.
- Arifi, Eva., Cahya, Evi Nur. 2020. *Evaluation Of Fly Ash As Supplementary Cementitious Material To The Mechanical Properties Of Recycled Aggregate Pervious Concrete*.
 Civil Engineering Department. Brawijaya University.
- ASTM C-496/C496M-04. *Standart Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- ASTM C-1688. *Standart Test Method for Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002 . SNI 03-2847-2002 *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1969 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1972 Cara Uji Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI 2491:2014 Metode Uji Kuat Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI 7064-2014 Semen Portland Komposit*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 8159-2015 Spesifikasi Agregat Untuk Lapis Permukaan Jalan Tanpa Penutup*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Bhutta, Muhammad Aamer Rafique et al. 2013. *Properties of porous concrete from waster crushed concrete (recvled aggregate)*. Faculty of Civil Engineering. Universiti Teknologi Malaysia.

Dobonsolo, Angga Januar. 2020. *Pengaruh Penggunaan Glass Fiber dan Polypropylenen Fiber Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Porous Dengan Menggunakan Recypled Coarse Aggregate (RCA)*. Teknik Sipil, Universitas Brawijaya.

El-Reedy, M. A. 2009. *Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structure*. CRC Press.

Ginting, Arusmalem. 2015 . *Rasio Agregat Semen Dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra. Yogyakarta.

Khan, Asaf Nawaz et al. 2020. *Use of Styrene Butadiene Rubber (SBR) Polymer in Cement Concrete*. Civil Engineering, Mehran UET Jamshoro. Pakistan

Nawy, Edward G. (2010). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Mendasar*. Edisi Keempat. Bandung : PT. Refika Aditama.

Obla, Karthik H. (2010). *Previous Concrete*. Civil Engineering. University of Michigan. Researchgate : Indian Concrete Jurnal.

Opara, H.E. (2016). *Experimental Study Of Concrete Using Recycled Coarse Aggregate*. Researchgate : International Journal of Materials and Structural Integrity.

Powell, Robert D., Morgenstern, Norbert R. 1985. *The Use and Performance of Seepage Reduction Measures, Proceeding of Seepage and Leakage from Dams Symposium*. American Society of Civil Engineers.

Purnamasari, Eka., Handayani, Fitiria. 2020. *Beton Porous Dengan Menggunakan Agregat Lokal di Kalimanta Selatan*. Teknik Sipil, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin

Rasayan J. Chem. (2017). *Application Of Pervious Concrete For Pavements : A Review*. Department of Civvil Engineering, SRM University, India.

Wang et al. 2006. *Development of Mix Proportion for Functional and Durable Pervious Concrete*. Nashville, TN.

Xiao, Jinjing. Jiang, Wei. Yuan, Dongdong. Sha, Aimin. Huang, Yue. 2018. *Effect Styrene butadiene rubber latex on the properties Of Modified Porous Cement-Stabilised Aggregate*. University of Leeds.





Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran 1 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar alami

Keterangan		1	2	3	Rata - Rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh	B _j (gr)	5.0700	5.1645	5.1765	5.1370
Berat benda uji kering oven	B _k (gr)	4.9000	4.8850	4.8905	4.8918
Berat benda uji dalam air	B _a (gr)	3.5150	3.5350	3.5350	0.0089
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	B _k /(B _j -B _a)	3.1511	2.9979	2.9793	3.0428
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	B _j /(B _j -B _a)	3.2605	3.1694	3.1535	3.1944
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	B _k /(B _k -B _a)	3.5379	3.6185	3.6079	3.5881
Penyerapan (%) (Absorption)	(B _j -B _k)/B _k × 100%	3.4694	5.7216	5.8481	5.0130

Cara perhitungan :

$$a. \text{ Berat Jenis Curah} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} = \frac{4,9}{(5,07 - 3,515)} = 3,511$$

$$b. \text{ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} = \frac{5,07}{(5,07 - 3,515)} = 3,2605$$

$$c. \text{ Berat Jenis Semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} = \frac{4,9}{(4,9 - 3,515)} = 3,5379$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% = \frac{5,07 - 4,9}{4,9} \times 100\% = 3,4694\%$$

Lampiran 2 Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang

Keterangan		1	2	3	Rata - Rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj (gr)	5.3300	5.2000	5.1600	5.2300
Berat benda uji kering oven	Bk (gr)	4.8165	4.9800	4.7175	4.8380
Berat benda uji dalam air	Ba (gr)	3.5580	3.0020	3.0020	3.1873
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	Bk/(Bj-Ba)	2.7181	2.2657	2.1861	2.3900
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	3.0079	2.3658	2.3911	2.5883
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	3.8272	2.5177	2.7499	3.0316
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj-Bk)/Bkx100%	10.6613	4.4177	9.3800	8.1530

Cara perhitungan :

$$a. \text{ Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{(Bj-Ba)} = \frac{4,8165}{(5,33-3,558)} = 2,7181$$

$$b. \text{ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{Bj}{(Bj-Ba)} = \frac{5,33}{(5,33-3,558)} = 3,0079$$

$$c. \text{ Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{(Bk-Ba)} = \frac{4,8165}{(4,8165-3,558)} = 3,8272$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{(Bj-Bk)}{Bk} \times 100 \% = \frac{5,33-4,8165}{4,8165} \times 100 \% = 10,6613 \%$$

Lampiran 3 Data hasil pengujian berat isi agregat kasar alami

NO	KETERANGAN		1		2		3	
			Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran	gr	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5
2	berat takaran + air	gr	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0
3	berat air = (2)-(1)	gr	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5
4	volume air = (3)/1000	l	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625
5	berat takaran	gr	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5
6	berat takaran + benda uji	gr	5980.0	5721.0	6175.0	5666.5	6073.0	5731.5
7	berat benda uji = (6)-(5)	gr	4348.5	4089.5	4543.5	4035.0	4441.5	4100.0
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4)	gr/l	1375.0	1293.1	1436.7	1275.9	1404.4	1296.4
9	berat isi agregat kasar rata-rata	kg/m ³	1346.9					

Lampiran 4 Data hasil pengujian berat isi agregat kasar daur ulang

NO	KETERANGAN		1		2		3	
			Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled	Rodded	Shoveled
1	berat takaran	gr	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5
2	berat takaran + air	gr	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0	4794.0
3	berat air = (2)-(1)	gr	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5	3162.5
4	volume air = (3)/1000	l	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625	3.1625
5	berat takaran	gr	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5	1631.5
6	berat takaran + benda uji	gr	5580.0	5230.0	5714.5	5476.5	5863.0	5487.5
7	berat benda uji = (6)-(5)	gr	3948.5	3598.5	4083.0	3845.0	4231.5	3856.0
8	berat isi agregat kasar = (7)/(4)	gr/l	1248.5	1137.9	1291.1	1215.8	1338.0	1219.3
9	berat isi agregat kasar rata-rata	kg/m ³	1241.7655					

Lampiran 5 Berat Volume (Density) Beton Porous

No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m ³)	Ms	Vs (m ³)	Density (D) (kg/m ³)	Rata-rata Density (kg/m ³)
1	R0S1	NCA, SBR Latex 0%	7.210	1.63	0.0048	117	0.084	1163.95	1152.83
			7.110	1.63	0.0048	117	0.084	1143.10	
			7.150	1.63	0.0048	117	0.084	1151.44	
2	R0S2	NCA, SBR Latex 5%	7.068	1.63	0.0048	118	0.084	1134.23	1134.79
			7.073	1.63	0.0048	118	0.084	1135.38	
			7.070	1.63	0.0048	118	0.084	1134.75	
3	R0S3	NCA, SBR Latex 10%	7.450	1.63	0.0048	119	0.084	1214.02	1247.53
			7.680	1.63	0.0048	119	0.084	1261.99	
			7.702	1.63	0.0048	119	0.084	1266.58	
4	R1S1	RCA, SBR Latex 0%	6.794	1.63	0.0048	110.35	0.084	1077.18	1052.29
			6.700	1.63	0.0048	110.35	0.084	1057.57	
			6.530	1.63	0.0048	110.35	0.084	1022.11	
5	R1S2	RCA, SBR Latex 5%	6.758	1.63	0.0048	111.20	0.084	1069.57	1066.23
			6.727	1.63	0.0048	111.20	0.084	1063.20	
			6.740	1.63	0.0048	111.20	0.084	1065.92	
6	R1S3	RCA, SBR Latex 10%	6.880	1.63	0.0048	112.06	0.084	1095.12	1094.08
			6.870	1.63	0.0048	112.06	0.084	1093.03	
			6.875	1.63	0.0048	112.06	0.084	1094.08	

Lampiran 6 Massa Total Campuran Beton Porous

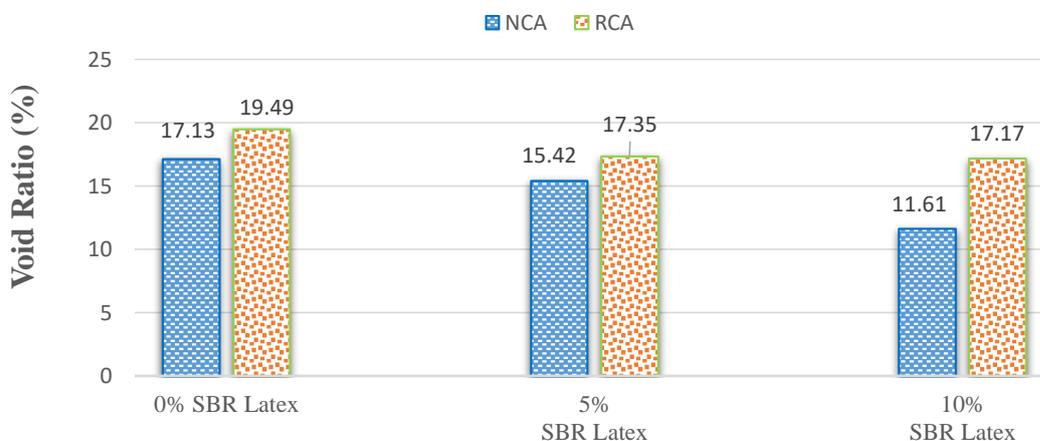
No	Kode mix design	Volume total (m3)	Volume campuran 150% (m3)	Volume Semen (m3)	Berat Volume Semen (kg/m3)	Berat Semen (kg)	volume agregat kasar	Berat Volume agregat kasar (kg/m3)	Berat Agregat Kasar (kg)	FAS	Berat air (kg)	Berat SBR (kg)	Massa Total campuran (kg)
1	R0S1	0.0562	0.0844	0.01688	1300	21.944	0.06752	1346.930	90.94473	0.27	4.5576	0	117.4463
2	R0S2	0.0562	0.0844	0.01688	1300	21.944	0.06752	1346.930	90.94473	0.27	4.5576	0.85666	118.303
3	R0S3	0.0562	0.0844	0.01688	1300	21.944	0.06752	1346.930	90.94473	0.27	4.5576	1.71332	119.1596
4	R1S1	0.0562	0.0844	0.01688	1300	21.944	0.06752	1241.765481	83.84401	0.27	4.5576	0	110.3456
5	R1S2	0.0562	0.0844	0.01688	1300	21.944	0.06752	1241.765481	83.84401	0.27	4.5576	0.85666	111.2023
6	R1S3	0.0562	0.0844	0.01688	1300	21.944	0.06752	1241.765481	83.84401	0.27	4.5576	1.71332	112.0589



Lampiran 7 Persentase Void Ratio

No	Mix Design	Keterangan	Mc	Mm	Vm (m ³)	Ms	Vs (m ³)	Density (D) (kg/m ³)	Theoretical Density (T) (kg/m ³)	Void Ratio (U) %	Rata-rata Void Ratio (U) %
1	R0S1	NCA, SBR Latex 0%	7.210	1.63	0.0048	117	0.084	1163.95	1391.16	16.33	17.13
			7.110	1.63	0.0048	117	0.084	1143.10	1391.16	17.83	
			7.150	1.63	0.0048	117	0.084	1151.44	1391.16	17.23	
2	R0S2	NCA, SBR Latex 5%	7.310	1.63	0.0048	118	0.084	1184.81	1401.31	15.45	15.42
			7.320	1.63	0.0048	118	0.084	1186.90	1401.31	15.30	
			7.306	1.63	0.0048	118	0.084	1183.98	1401.31	15.51	
3	R0S3	NCA, SBR Latex 10%	7.450	1.63	0.0048	119	0.084	1214.02	1411.46	13.99	11.61
			7.680	1.63	0.0048	119	0.084	1261.99	1411.46	10.59	
			7.702	1.63	0.0048	119	0.084	1266.58	1411.46	10.26	
4	R1S1	RCA, SBR Latex 0%	6.794	1.63	0.0048	110	0.084	1077.18	1307.05	17.59	19.49
			6.700	1.63	0.0048	110	0.084	1057.57	1307.05	19.09	
			6.530	1.63	0.0048	110	0.084	1022.11	1307.05	21.80	
5	R1S2	RCA, SBR Latex 5%	6.819	1.63	0.0048	111	0.084	1082.39	1317.20	17.83	17.35
			6.879	1.63	0.0048	111	0.084	1094.81	1317.20	16.88	
			6.849	1.63	0.0048	111	0.084	1088.60	1317.20	17.35	
6	R1S3	RCA, SBR Latex 10%	6.890	1.63	0.0048	112	0.084	1097.20	1327.35	17.34	17.17
			6.903	1.63	0.0048	112	0.084	1099.92	1327.35	17.13	
			6.910	1.63	0.0048	112	0.084	1101.38	1327.35	17.02	

Hubungan Void Ratio dengan Variasi SBR Latex



Variasi SBR Latex

Lampiran 8 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Porous

Benda Uji	Inisial	Diameter (mm)			Tinggi (mm)			Volume (mm ³)	Berat (kg)	Berat Isi (kg/m ³)	Berat Isi rata-rata	Beban Maks (kN)
		Titik 1	Titik 2	Rata-rata	Titik 1	Titik 2	Rata-rata					
ROS1	1	111	109	110	201	202	201.5	1914918.5	3.2335	1688.5836	1653.06	22
	2	108	111	109.5	198	202	200	1883424.1	3.1060	1649.1241		24
	3	110	112	111	201	200	200.5	1940216.6	3.1460	1621.4684		21
RIS1	1	110	110	110	198	200	199	1891160.2	3.0360	1605.3637	1617.79	14
	2	111	110	110.5	200	199	199.5	1913186.6	3.1565	1649.8652		19
	3	108	111	109.5	202	200	201	1892841.2	3.0250	1598.1267		18
ROS2	1	110	109	109.5	198	201	199.5	1878715.5	3.2230	1715.5338	1711.14	27
	2	110	110	110	199	202	200.5	1905415.2	3.2730	1717.7358		26
	3	110	110	110	202	199	200.5	1905415.2	3.2395	1700.1544		28
RIS2	1	111	110	110.5	198	200	199	1908391.7	3.1270	1638.5525	1650.20	21
	2	112	110	111	204	200	202	1954731.9	3.2170	1645.7500		21
	3	110	109	109.5	200	199	199.5	1878715.5	3.1305	1666.2981		23
ROS3	1	110	110	110	202	198	200	1900663.6	3.3450	1759.9117	1776.71	39
	2	111	110	110.5	200	202	201	1927571.5	3.4660	1798.1175		31
	3	110	110	110	202	200	201	1910166.9	3.3850	1772.0965		37
RIS3	1	111	111	111	202	198	200	1935378.2	3.2315	1669.6995	1679.22	25
	2	110	111	110.5	202	199	200.5	1922776.5	3.1835	1655.6786		24
	3	108	111	109.5	201	200	200.5	1888132.6	3.2330	1712.2738		27

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	: R0S1 (KONTROL NCA)			
Tanggal pembuatan	: 24 November 2020			
Tanggal uji	: 7 Januari 2021			
Tempat Uji	: Laboratorium Struktur dan Material Teknik Sipil UB			
Bentuk Benda uji	: Silinder (10 cm x 20 cm)			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
90.9447	21.9440	4.5576	-	0.27
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)	110	109.5	111
Tinggi benda uji	(mm)	201.5	200	200.5
Berat benda uji	(kg)	3.2335	3.106	3.146
Volume benda uji	(mm ³)	1915689	1884182	1940998
Berat volume	(kg/m ³)	1687.904	1648.461	1620.816
Beban maksimum	(N)	22000	24000	21000
Kuat tarik belah	(Mpa)	0.6316	0.6974	0.6005
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)	0.6432		

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	: ROS2 (100% NCA, 5% SBR Latex)			
Tanggal pembuatan	: 21 November 2020			
Tanggal uji	: 28 Desember 2020			
Tempat Uji	: Laboratorium Struktur dan Material Teknik Sipil UB			
Bentuk Benda uji	: Silinder (10 cm x 20 cm)			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
90.9447	21.9440	4.5576	844	0.27
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)	109.5	110	110
Tinggi benda uji	(mm)	199.5	200.5	200.5
Berat benda uji	(kg)	3.223	3.273	3.2395
Volume benda uji	(mm ³)	1879472	1906182	1906182
Berat volume	(kg/m ³)	1714.844	1717.045	1699.47
Beban maksimum	(N)	27000	26000	28000
Kuat tarik belah	(Mpa)	0.7865	0.7502	0.8079
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$	(Mpa)	0.7815		
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)	0.7815		

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	: R0S3 (100% NCA, 10% SBR Latex)			
Tanggal pembuatan	: 8 Desember 2020			
Tanggal uji	: 8 Januari 2021			
Tempat Uji	: Laboratorium Struktur dan Material Teknik Sipil UB			
Bentuk Benda uji	: Silinder (10cm x 20cm)			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
90.9447	21.9440	4.5576	1688	0.27
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)	110	110.5	110
Tinggi benda uji	(mm)	200	201	201
Berat benda uji	(kg)	3.345	3.466	3.385
Volume benda uji	(mm ³)	1901429	1928347	1910936
Berat volume	(kg/m ³)	1759.204	1797.394	1771.384
Beban maksimum	(N)	39000	31000	37000
Kuat tarik belah	(Mpa)	1.1281	0.8882	1.0649
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$	(Mpa)	1.0271		
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)	1.0271		

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	: R1S1 (KONTROL RCA)			
Tanggal pembuatan	: 11 November 2020			
Tanggal uji	: 22 Desember 2020			
Tempat Uji	: Laboratorium Struktur dan Material Teknik Sipil UB			
Bentuk Benda uji	: Silinder (10 cm x 20 cm)			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
83.844	21.944	4.5576	-	0.27
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)	110	110.5	109.5
Tinggi benda uji	(mm)	199	199.5	201
Berat benda uji	(kg)	3.036	3.1565	3.025
Volume benda uji	(mm ³)	1891921	1913957	1893603
Berat volume	(kg/m ³)	1604.718	1649.201	1597.484
Beban maksimum	(N)	14000	19000	18000
Kuat tarik belah RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$	(Mpa)	0.4070	0.5485	0.5204
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)	0.4920		

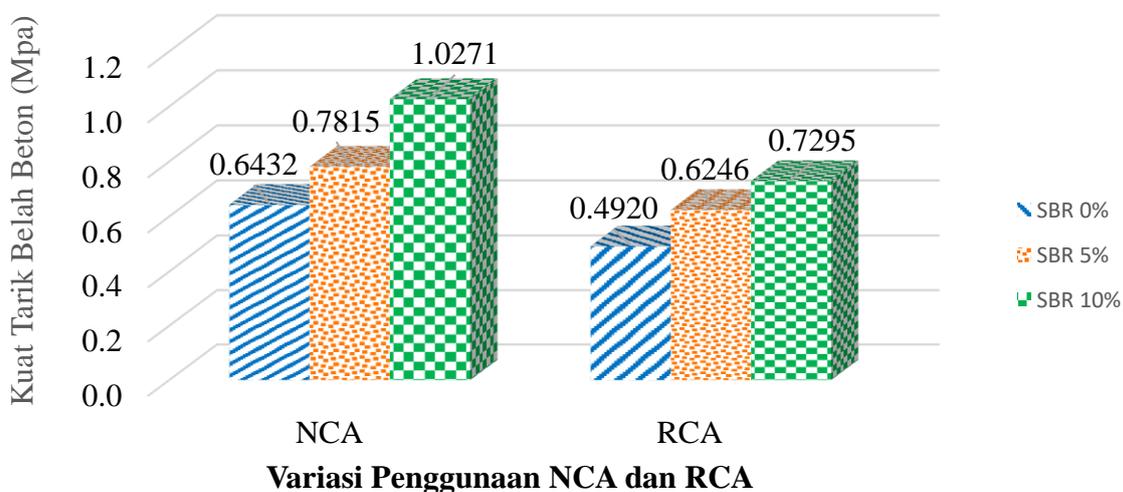
PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	: R1S2 (100% RCA, 5% SBR Latex)			
Tanggal pembuatan	: 16 Februari 2021			
Tanggal uji	: 16 Maret 2021			
Tempat Uji	: Laboratorium Struktur dan Material Teknik Sipil UB			
Bentuk Benda uji	: Silinder (10 cm x 20 cm)			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
83.844	21.944	4.5576	844	0.27
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)	110.5	111	109.5
Tinggi benda uji	(mm)	199	202	199.5
Berat benda uji	(kg)	3.1270	3.2170	3.1305
Volume benda uji	(mm ³)	1909160	1955519	1879472
Berat volume	(kg/m ³)	1637.893	1645.088	1665.628
Beban maksimum	(N)	21000	21000	23000
Kuat tarik belah	(Mpa)	0.6077	0.5960	0.6700
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$	(Mpa)	0.6246		
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)	0.6246		

PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON				
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$				
Nama	: R1S3 (100% RCA, 10% SBR Latex)			
Tanggal pembuatan	: 19 November 2020			
Tanggal uji	: 28 Desember 2020			
Tempat Uji	: Laboratorium Struktur dan Material Teknik Sipil UB			
Bentuk Benda uji	: Silinder (10 cm x 20 cm)			
PERBANDINGAN CAMPURAN				
Agregat Kasar ukuran 0,5 cm - 1 cm	Semen	Air	SBR Latex	w/c (FAS)
kg	kg	kg	mL	-
83.844	21.944	4.5576	1688	0.27
Nomor benda uji		1	2	3
Diameter benda uji	(mm)	111	110.5	109.5
Tinggi benda uji	(mm)	200	200.5	200.5
Berat benda uji	(kg)	3.2315	3.1835	3.233
Volume benda uji	(mm ³)	1936157	1923550	1888893
Berat volume	(kg/m ³)	1669.028	1655.012	1711.585
Beban maksimum	(N)	25000	24000	27000
Kuat tarik belah	(Mpa)	0.7166	0.6894	0.7826
RUMUS : $f_{st} = (2.P)/(\pi.D.L)$	(Mpa)	0.7295		
Kuat tarik belah rata-rata (Mpa)	(Mpa)	0.7295		

Data Pengolahan Kuat Tarik Belah

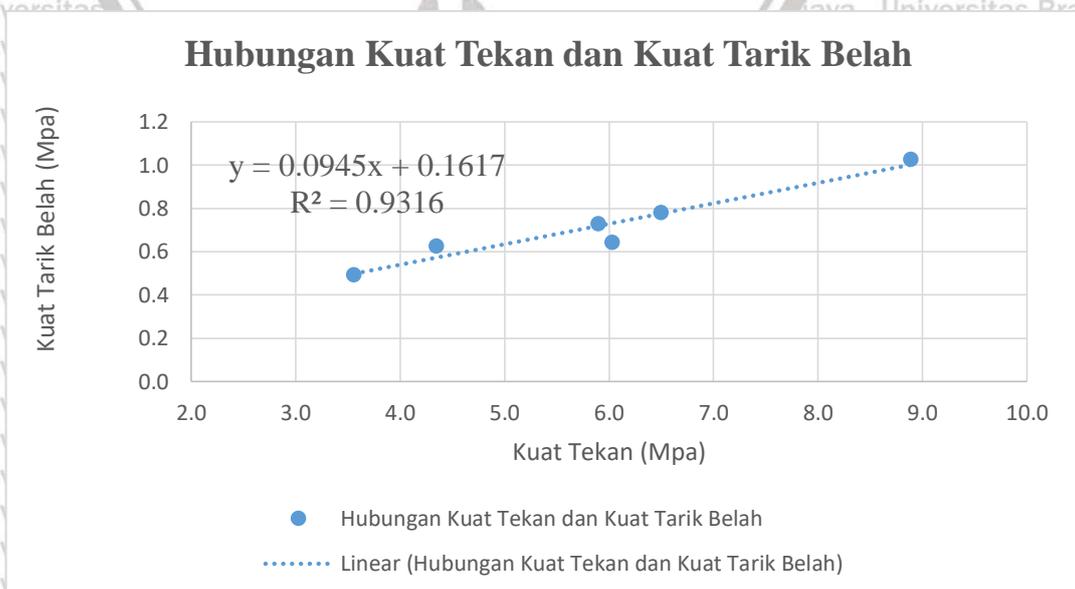
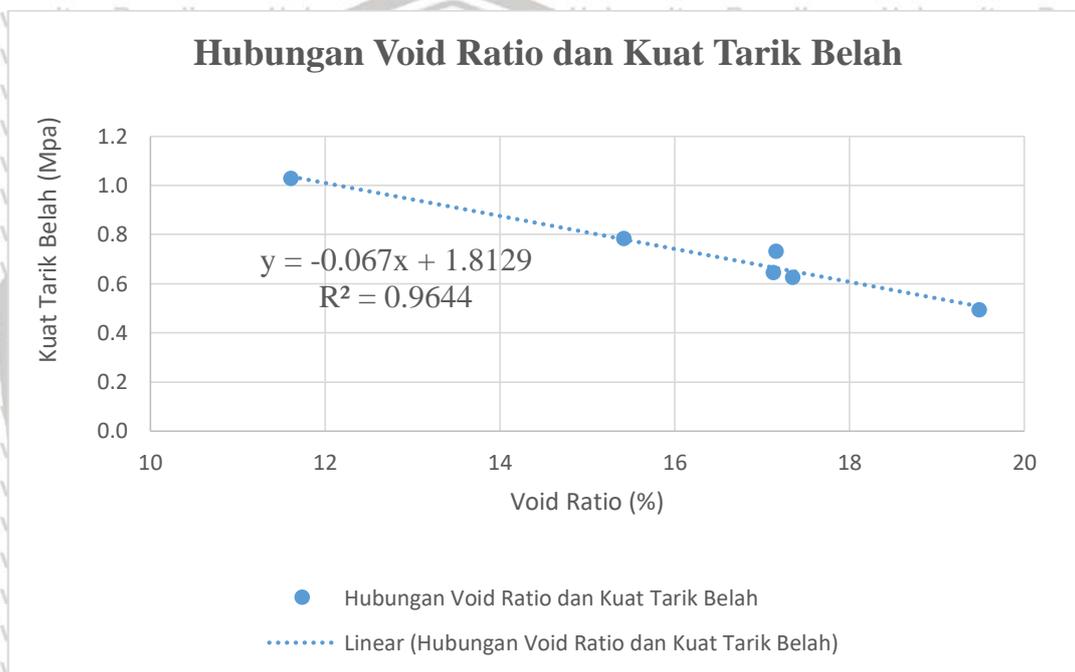
No	Mix Design	Nomor Benda Uji	Benda Uji	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1		1		0.6316	
2	R0S1	2	Kontrol NCA	0.6974	0.6432
3		3		0.6005	
4		1		0.7865	
5	R0S2	2	NCA 5% SBR Latex	0.7502	0.7815
6		3		0.8079	
7		1		1.1281	
8	R0S3	2	NCA 10% SBR Latex	0.8882	1.0271
9		3		1.0649	
10		1		0.4070	
11	R1S1	2	Kontrol RCA	0.5485	0.4920
12		3		0.5204	
13		1		0.6077	
14	R1S2	2	RCA 5% SBR Latex	0.5960	0.6246
15		3		0.6700	
16		1		0.7166	
17	R1S3	2	RCA 10% SBR Latex	0.6894	0.7295
18		3		0.7826	

Pengaruh Variasi SBR Latex

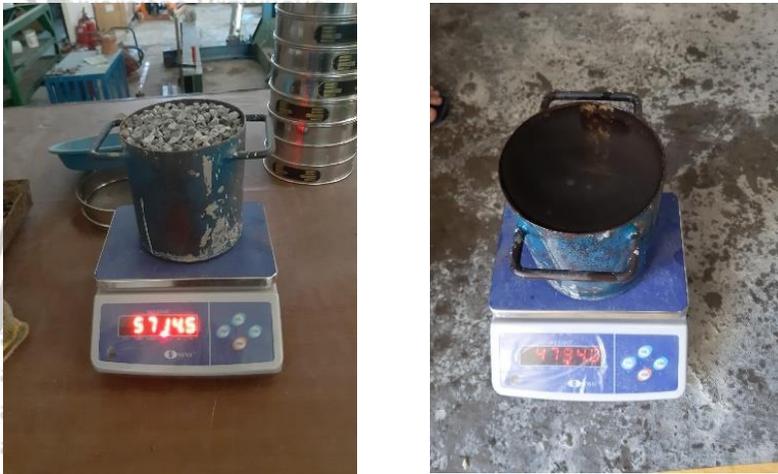


Lampiran 9 Hubungan Void Ratio, Kuat Tekan, dan Kuat Tarik Belah

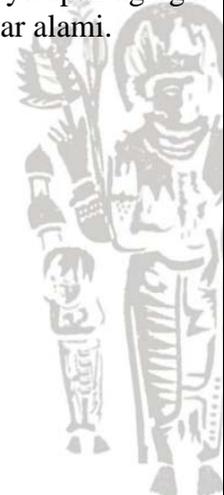
No	Mix Design	Sampel	Void Ratio (%)	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Kuat Tekan (Mpa)
1	R0S1	NCA SBR 0%	17.13	0.6432	6.0285
2	R0S2	NCA SBR 5%	15.42	0.7815	6.4952
3	R0S3	NCA SBR 10%	11.61	1.0271	8.8921
4	R1S1	RCA SBR 0%	19.49	0.4920	3.5552
5	R1S2	RCA SBR 5%	17.35	0.6246	4.3485
6	R1S3	RCA SBR 10%	17.17	0.7295	5.8970

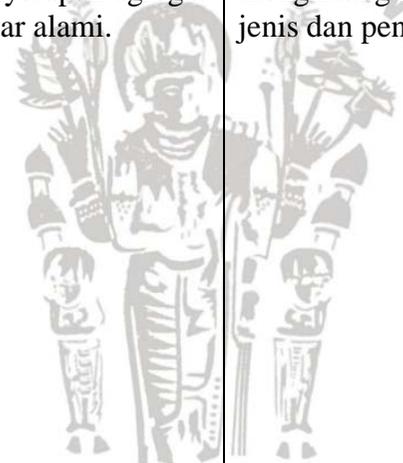


Lampiran 10 Logbook pembuatan benda uji beton porous

Tanggal	Jam	Kegiatan	Pelaksanaan dan Kendala	Dokumentasi
6 November 2020	9.00	Pengujian berat isi, berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang.	<p>Hasil : berat isi diuji 3 kali (3 sampel) dan didapatkan nilai berat isi sebesar :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1193.2 gr/m³ 2. 1253.4 gr/m³ 3. 1278.6 gr/m³ <p>Untuk pengujian berat jenis dan penyerapan diambil 3 sampel dengan berat masing masing 5 kg lalu direndam dalam air</p>	
7 November 2020	9.00	Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang.	<p>Hasil : Meniriskan sampel berat jenis dan penyerapan setelah itu agregat ditimbang dalam keadaan <i>Saturated Surface Dry</i> dan menimbang berat jenis didalam air lalu agregat dikeringkan di dalam Oven</p>	

<p>8 November 2020</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar daur ulang.</p>	<p>Hasil : Mengeluarkan sampel dari oven dan menghitung berat jenis dan penyerapan</p>	
<p>11 November 2020</p>	<p>11.00</p>	<p>Pengecoran variasi mix design 'R1S1' Keterangan : 100% agregat kasar daur ulang. , 0% SBR latex</p>	<p>Penggunaan Material : NCA = - RCA = 83.84 kg Semen = 21.94 kg Air = 4.55 kg SBR Latex = - Hasil : 9 Silinder ø10 x 20cm 3 Balok 15x15x53 cm 3 pasang silinder abrasi</p>	

<p>12 November 2020</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian berat isi, berat jenis dan Penyerapan agregat kasar alami.</p> 	<p>Hasil : berat isi diuji 3 kali (3 sampel) dan didapatkan nilai berat isi sebesar :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1334.07 gr/m³ 2. 1356.28 gr/m³ 3. 1350.43 gr/m³ <p>Untuk pengujian berat jenis dan penyerapan diambil 3 sampel dengan berat masing masing 5 kg lalu direndam dalam air</p>	
<p>13 November 2020</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian berat jenis dan Penyerapan agregat kasar alami.</p>	<p>Hasil : Mengeluarkan sampel dari oven dan menghitung berat jenis dan penyerapan</p>	

<p>14 November 2020</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar alami.</p> 	<p>Mengeluarkan sampel dari oven dan menghitung berat jenis dan penyerapan</p>	
<p>17 November 2020</p>	<p>11.00</p>	<p>Pengecoran variasi mix design 'R1S2' Keterangan : 100% agregat kasar daur ulang, 5% SBR latex</p>	<p>Penggunaan Material : NCA = - RCA = 83.84 kg Semen = 21.94 kg Air = 4.55 kg SBR Latex = 855.2 ml Hasil : 9 Silinder ϕ10x20cm 3 Balok 15x15x53 3 pasang silinder abrasi</p>	

<p>19 November 2020</p>	<p>11.00</p>	<p>Pengecoran variasi mix design 'R1S3' Keterangan : 100% agregat kasar daur ulang , 10% SBR latex</p>	<p>Penggunaan Material : NCA = - RCA = 83.84 kg Semen = 21.94 kg Air = 4.55 kg SBR <i>Latex</i> = 1688 ml Hasil : 9 Silinder ø10 x 20cm 3 Balok 15x15x53 cm 3 pasang silinder abrasi</p>	
<p>21 November 2020</p>	<p>11.00</p>	<p>Pengecoran variasi mix design 'R0S2' Keterangan : 100% agregat kasar alami, 5% SBR latex</p>	<p>Penggunaan Material : NCA = 90.94 kg RCA = - Semen = 21.94 kg Air = 4.55 kg SBR <i>Latex</i> = 855.2 ml Hasil : 9 Silinder ø10 x 20cm 3 Balok 15x15x53 cm 3 pasang silinder abrasi</p>	

<p>24 November 2020</p>	<p>11.00</p>	<p>Pengecoran variasi mix design 'R0S1' Keterangan : 100% agregat kasar alami, 0% SBR latex</p>	<p>Penggunaan Material : NCA = 90.94 kg RCA = - Semen = 21.94 kg Air = 4.55 kg SBR <i>Latex</i> = - Hasil : 9 Silinder ø10 x 20cm 3 Balok 15x15x53 cm 3 pasang silinder abrasi</p>
<p>8 Desember 2020</p>	<p>11.00</p>	<p>Pengecoran variasi mix design 'R0S3' Keterangan : 100% agregat kasar alami , 10% SBR latex</p>	<p>Penggunaan Material : NCA = 90.94 kg RCA = - Semen = 21.94 kg Air = 4.55 kg SBR <i>Latex</i> = 1688 ml Hasil : 9 Silinder ø10 x 20cm 3 Balok 15x15x53 cm 3 pasang silinder abrasi</p>



Lampiran 11 Logbook Pengujian Benda Uji

Tanggal	Jam	Kegiatan	Pelaksanaan dan Kendala	Dokumentasi
22 Desember 2020	9.00	Pengujian Kuat Tarik Belah silinder beton dengan variasi mix design : 'R1S1 dan R1S2'	<p>Hasil : Dilakukan pengujian kuat tarik belah silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 6 sampel dengan rincian sebagai berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> 3 silinder (R1S1) 3 silinder (R1S2) <p>Kendala :</p>	 

<p>28 Desember 2020</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian Kuat Tarik Belah silinder beton dengan variasi mix design : 'R1S3 dan R0S2'</p>	<p>Hasil : Dilakukan pengujian kuat tarik belah silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 6 sampel dengan rincian sebagai berikut : 3 silinder (R1S3) 3 silinder (R0S2)</p>	
			<p>Kendala :</p>	

<p>7 Januari 2021</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian Kuat Tarik Belah silinder beton dengan variasi mix design : 'R0S1'</p>	<p>Hasil : Dilakukan pengujian kuat tarik belah silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 3 sampel dengan rincian sebagai berikut : 3 silinder (R0S1)</p>
			<p>Kendala :</p>



<p>8 Januari 2020</p>	<p>9.00</p>	<p>Pengujian Kuat Tarik Belah silinder beton dengan variasi mix design : 'R0S3'</p>	<p>Hasil : Dilakukan pengujian kuat tarik belah silinder beton dengan ukuran Ø10 x 20 cm sebanyak 3 sampel dengan rincian sebagai berikut : 3 silinder (R0S3)</p>
			<p>Kendala :</p>



Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian

Mix Design

Sebelum Di Uji

Setelah Diuji

1



2



3



Variasi Mix Design
'RCA Kontrol'
Keterangan :
100% RCA
0% SBR Latex

Mix Design	Sebelum Di Uji	Setelah Diuji
<p>1</p>		
<p>Variasi Mix Design 'R1S2' Keterangan : 100% RCA 5% SBR Latex</p> <p>2</p>		
<p>3</p>		

Mix Design

Sebelum Di Uji

Setelah Diuji

1



2



3



**Variasi Mix Design
'R1S3'
Keterangan :
100% RCA
10% SBR Latex**

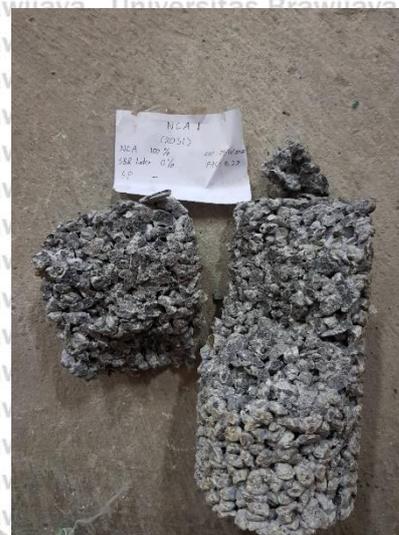
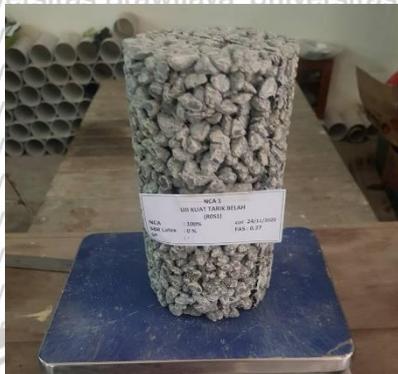


Mix Design

Sebelum Di Uji

Setelah Diuji

1



2

Variasi Mix Design 'NCA Kontrol'
Keterangan :
100% NCA
0% SBR Latex



3



Mix Design

Sebelum Di Uji

Setelah Diuji

1



2

Variasi Mix Design 'R0S2'
Keterangan :
100% NCA
5% SBR Latex



3



Mix Design

Sebelum Di Uji

Setelah Diuji

1



2

Variasi Mix Design 'R0S3'
Keterangan :
100% NCA
10% SBR Latex

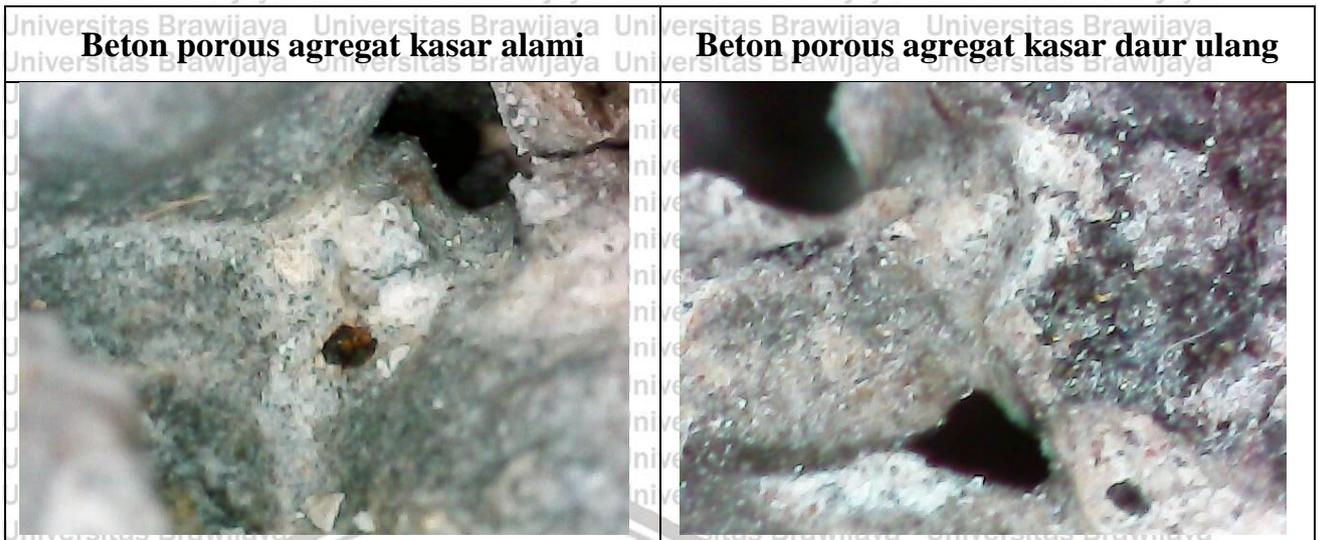


3

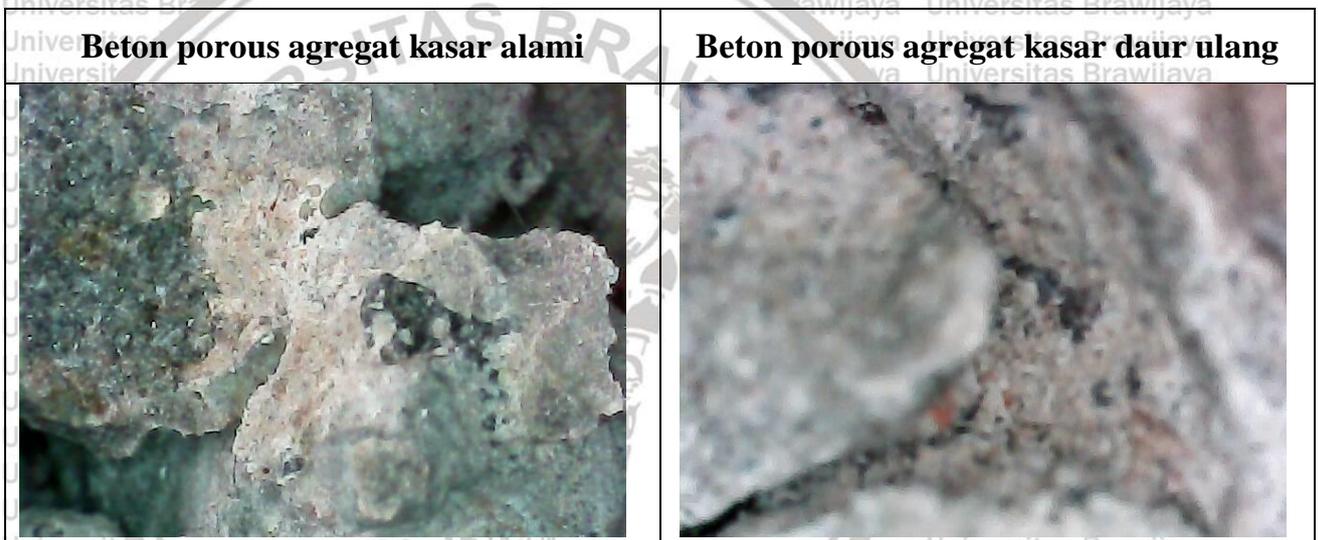




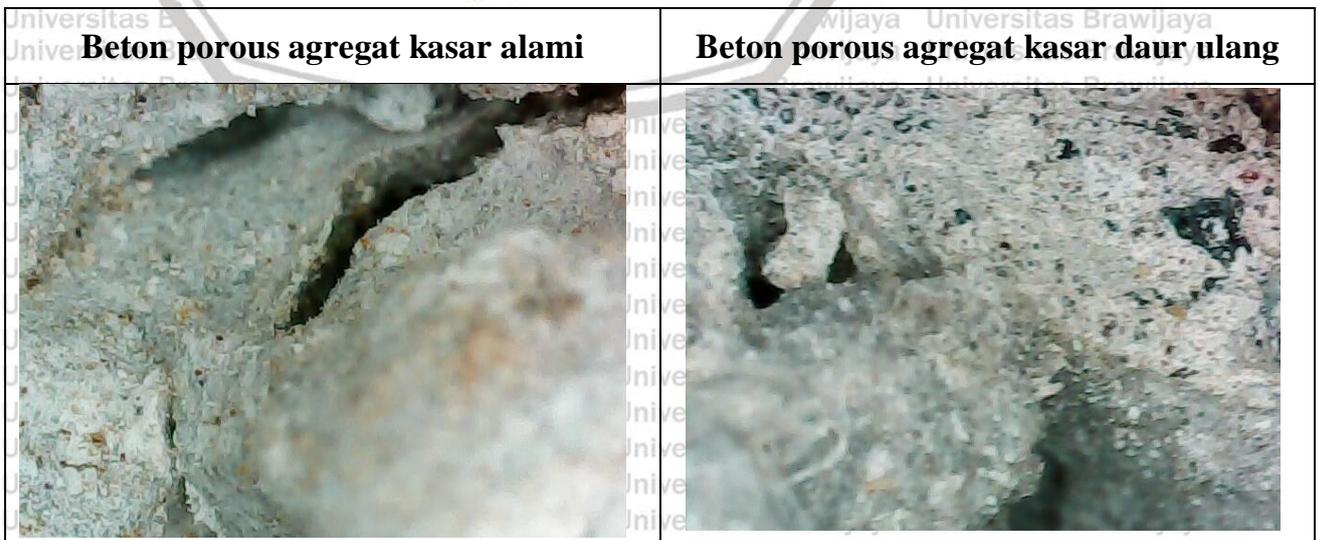
Lampiran 13 Foto Mikroskop Beton SBR Latex 0%



Lampiran 14 Foto Mikroskop Beton SBR Latex 5%

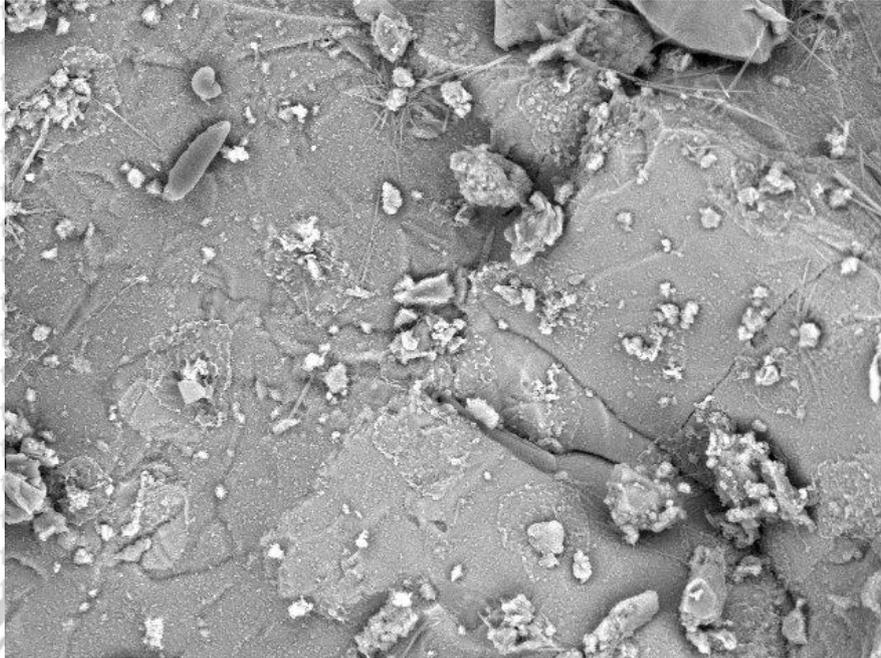


Lampiran 15 Foto Mikroskop Beton SBR Latex 10%



Lampiran 16 Foto SEM (Scanning Electrone Microscope)

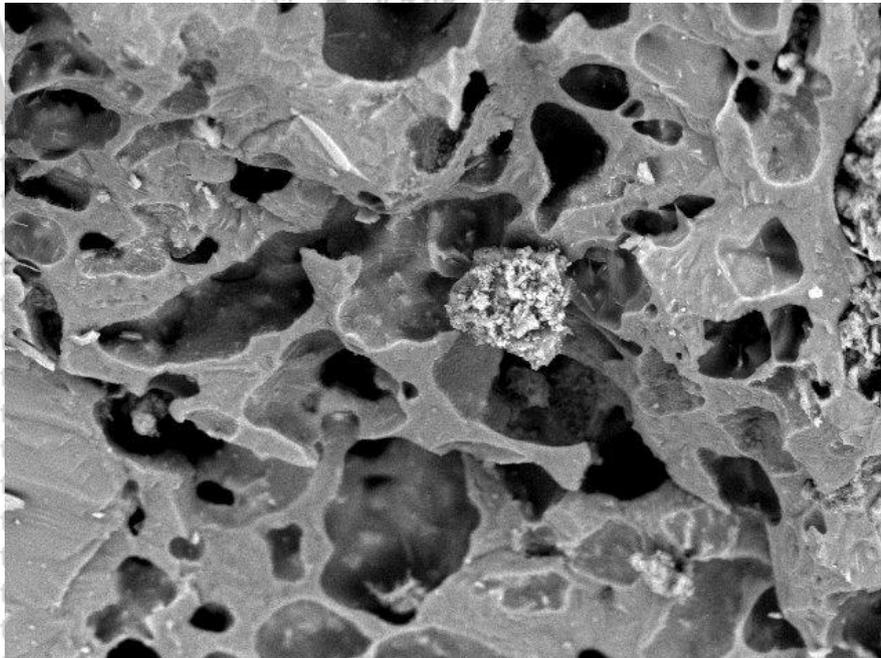
Beton Porous – Agregat Kasar Alami – SBR 0%



beton 2021/02/17 10:36 NL D5.5 x1.0k 100 um

NCA- SBR 0%

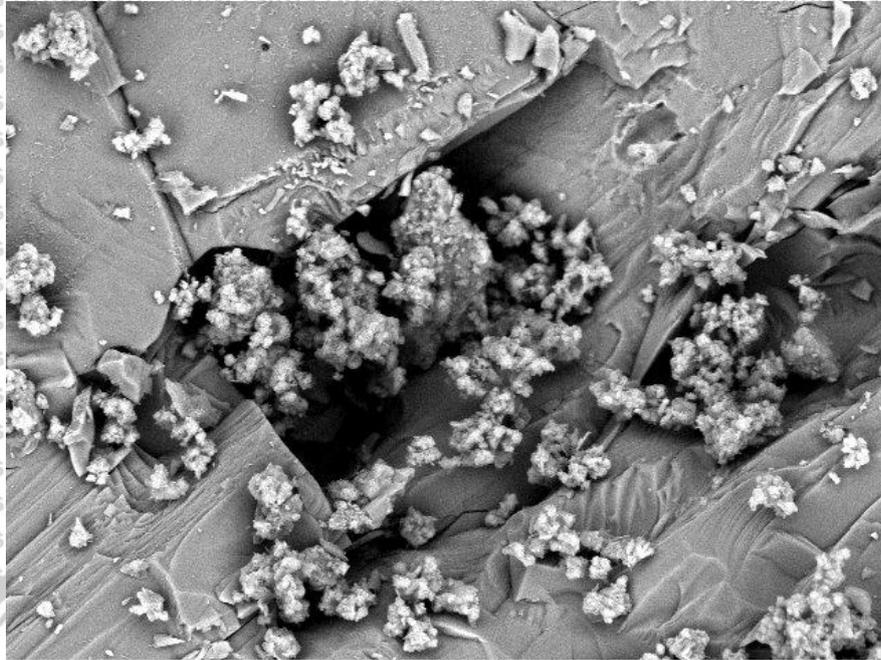
Beton Porous – Agregat Kasar Alami – SBR 5%



beton 2021/02/17 10:49 NL D5.0 x1.0k 100 um

NCA- SBR 5%

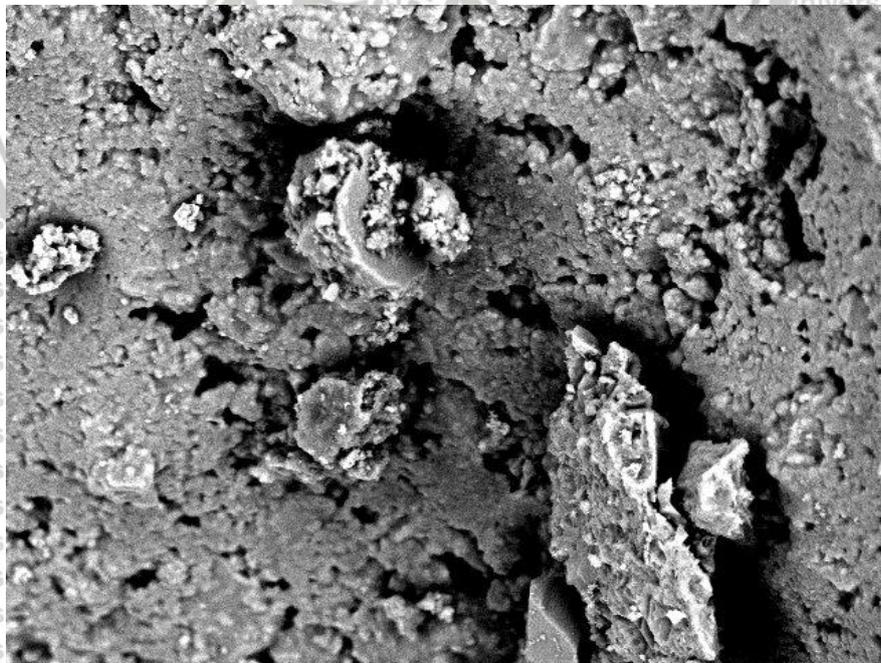
Beton Poriøs – Agregat Kasar Alami – SBR 10%



beton 2021/02/17 10:22 NL D6.0 x1.0k 100 um

NCA- SBR 10%

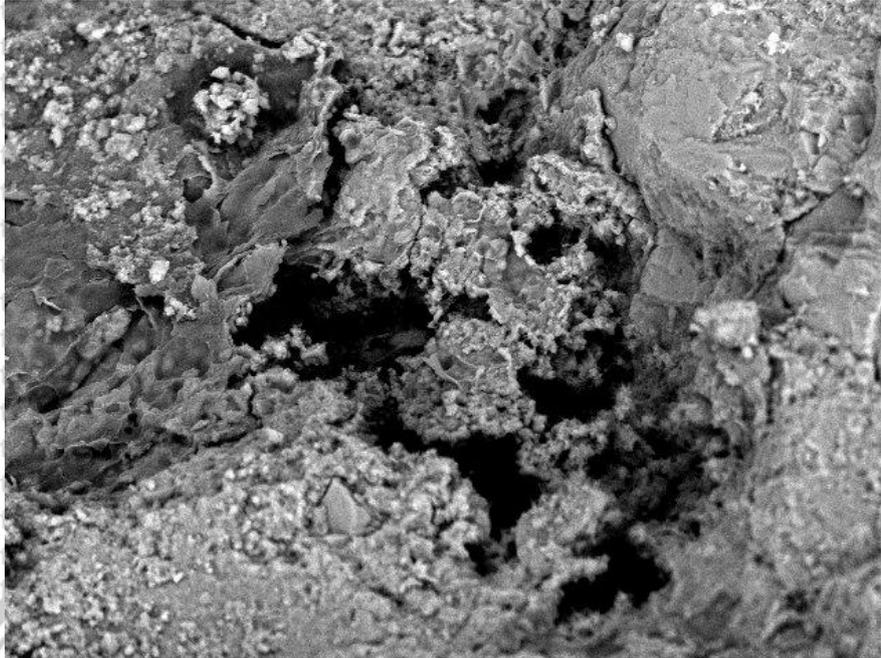
Beton Poriøs – Agregat Kasar Daur Ulang – SBR 0%



beton 2021/02/17 11:05 NL D4.6 x1.0k 100 um

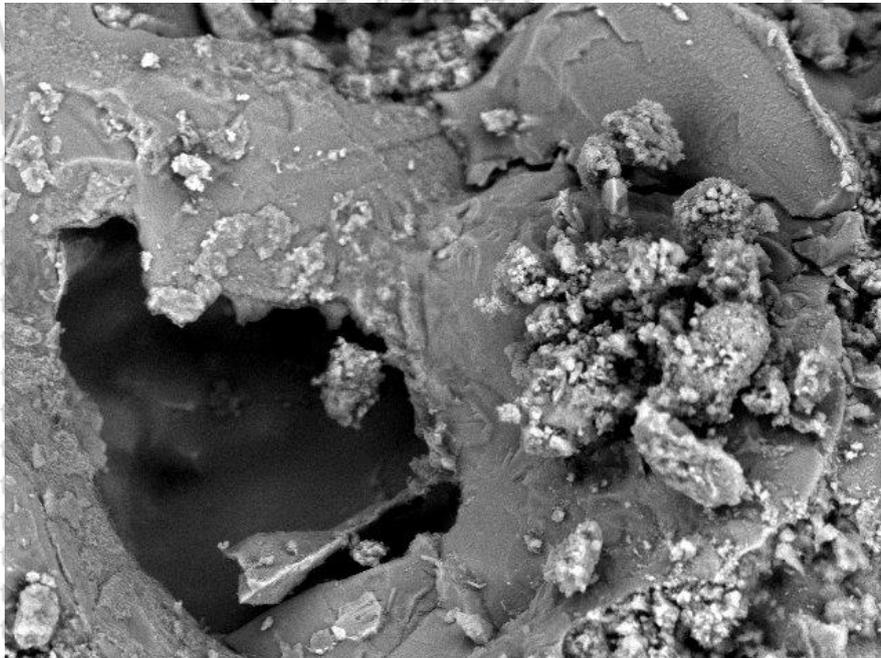
RCA- SBR 0%

Beton Porous – Agregat Kasar Daur Ulang – SBR 5%



beton 2021/02/17 11:19 NL D6.3 x1.0k 100 um
RCA- SBR 5%

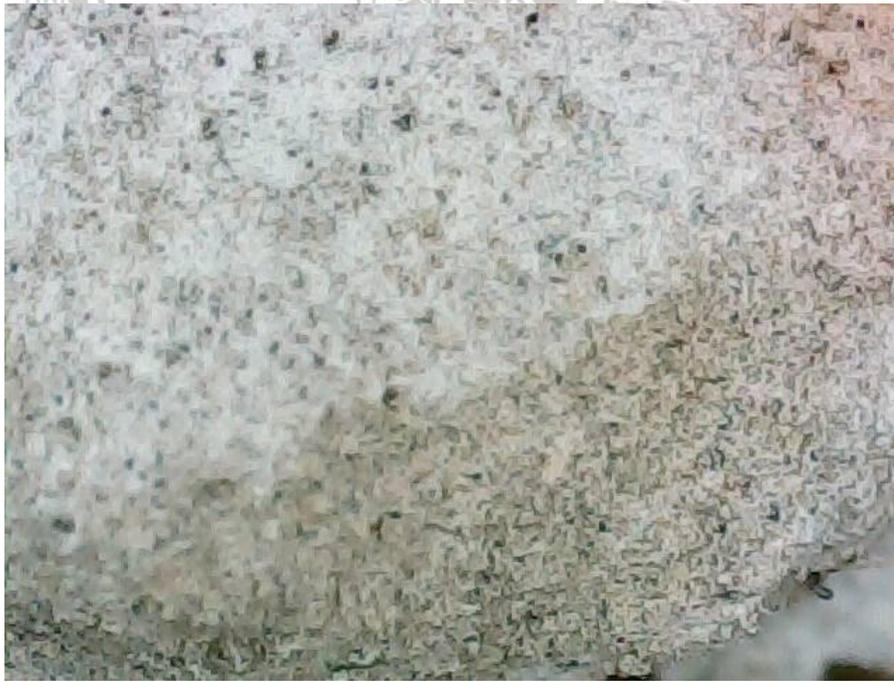
Beton Porous – Agregat Kasar Daur Ulang – SBR 10%



beton 2021/02/17 11:34 NL D4.5 x1.0k 100 um
RCA- SBR 10%

Lampiran 17 Foto Mikroskop Agregat Kasar

Agregat kasar alami



Agregat kasar daur ulang

