



TUGAS AKHIR - TF 181801

**PENGARUH KOMPOSISI KARET SEBAGAI  
AGREGAT HALUS DAN WAKTU PERENDAMAN  
DALAM LARUTAN NaOH TERHADAP  
KARAKTERISTIK MEKANIK BETON-LIMBAH  
KARET**

Esti Utami Panuntun  
NRP. 0231 1745 000 029

Dosen Pembimbing :  
Dyah Sawitri, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





FINAL PROJECT - TF 181801

***THE EFFECT OF RUBBER COMPOSITION AS FINE AGGREGATE AND TIME IN NaOH SOLUTION TREATMENT ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RUBBER CONCRETE***

Esti Utami Panuntun  
NRP. 0231 1745 000 029

Supervisor :  
Dyah Sawitri, S.T., M.T.

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



## **PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Esti Utami Panuntun  
NRP : 02311745000029  
Departemen/ Prodi : Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Komposisi Karet sebagai Agregat Halus dan Waktu Perendaman dalam Larutan NaOH terhadap Karakteristik Mekanik Beton-Limbah Karet” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 26 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Esti Utami Panuntun  
NRP. 02311745000029



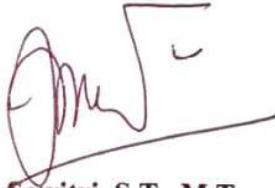
**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PENGARUH KOMPOSISI KARET SEBAGAI AGREGAT  
HALUS DAN WAKTU PERENDAMAN DALAM  
LARUTAN NaOH TERHADAP KARAKTERISTIK  
MEKANIK BETON-LIMBAH KARET**

Oleh:

Esti Utami Panuntun  
NRP. 0231174500029

Surabaya, 26 Juli 2019  
Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Dyah Sawitri, S.T., M.T.  
NIPN. 197001011995122001

Mengetahui,  
Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D  
NIPN. 197809022003121002



**PENGARUH KOMPOSISI KARET SEBAGAI AGREGAT  
HALUS DAN WAKTU PERENDAMAN DALAM  
LARUTAN NaOH TERHADAP KARAKTERISTIK  
MEKANIK BETON-LIMBAH KARET**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu  
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ESTI UTAMI PANUNTUN**  
**NRP. 02311745000029**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dyah Sawitri, S.T., M.T.  ..... (Pembimbing)
2. Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, S.T., M.T.  ..... (Penguji I)
3. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T.  ..... (Penguji II)
4. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA  ..... (Penguji III)

**SURABAYA  
JULI 2019**



**PENGARUH KOMPOSISI KARET SEBAGAI AGREGAT  
HALUS DAN WAKTU PERENDAMAN DALAM  
LARUTAN NaOH TERHADAP KARAKTERISTIK  
MEKANIK BETON-LIMBAH KARET**

**Nama** : Esti Utami Panuntun  
**NRP** : 02311745000029  
**Departemen** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dyah Sawitri, S.T., M.T.

**Abstrak**

Telah dilakukan penelitian tentang substitusi *crumb rubber* sebagai agregat halus dengan variasi yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Selain itu untuk meningkatkan ikatan *crumb rubber* terhadap campuran beton digunakan larutan NaOH 10% dengan pH 14 untuk merendam limbah karet ban. Perendaman dilakukan dengan variasi waktu selama 30 menit, 1 hari, dan 4 hari. Pengujian sifat mekanika beton dilakukan setelah 28 hari masa perawatan. Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian kuat tekan beton, pengujian kuat tarik, dan pengujian densitas mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Semakin banyak komposisi campuran karet dalam beton maka nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton semakin menurun. Komposisi terbaik campuran beton limbah karet yaitu 5% dengan nilai kuat tekan 10,279 MPa, kuat tarik belah 2,613 MPa dan modulus elastisitas 14,46 GPa. Waktu yang optimal untuk melakukan perendaman remahan karet dalam larutan NaOH yaitu selama 1 hari.

**Kata kunci** : beton karet, remahan karet, NaOH



***THE EFFECT OF RUBBER COMPOSITION AS FINE  
AGGREGATE AND TIME IN NaOH SOLUTION  
TREATMENT ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF  
RUBBER CONCRETE***

**Name** : Esti Utami Panuntun  
**NRP** : 02311745000029  
**Departement** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisors** : Dyah Sawitri, S.T., M.T.

**Abstract**

*Normally a concrete is brittle. In order to reduce the brittleness of a concrete, a material with high elasticity needs to be added on the concrete composition. In this research, crumb rubber was added to concrete compounds with the concentration of 0%, 5%, 10 % and 15%. Before adding to the concrete compound, the crumb rubber immersed in to 10% NaOH solution with pH of 14. The aim of this step was to increase the bond between rubber particles and concrete. The immersion time was also varied between 30 minutes, 24 hours and 4 days. The result showed that increasing crumb rubber addition on concrete lowered the value of compressive strength, splitting tensile strength and modulus of elasticity. The addition of crumb rubber with the concentration of 5% has the best performance, it has compressive strength of 10.279 MPa, splitting tensile strength of 2.613 MPa, and modulus of elasticity of 14.16 GPa. The optimum immersion time of crumb rubber in NaOH solution is 24 hours.*

**.Keywords** : *rubber concrete, crumb rubber, NaOH*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Komposisi Karet sebagai agregrat Halus dan Waktu Perendaman dalam Larutan NaOH terhadap Karakteristik Mekanik Beton Limbah Karet”**. Tugas akhir ini membahas mengenai efek penambahan limbah karet dan perlakuan perendaman limbah karet pada beton terhadap perilaku mekaniknya.

Penulis telah memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, motivasi dan do'a.
2. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T. M.Si, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Fisika FTI ITS.
3. Ibu Dyah Sawitri S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan dosen wali yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan saran dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Ibu Dr.-Ing Doty Dewi Risanti, ST, MT selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Bahan Teknik Fisika FTI ITS yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Fisika FTI ITS.
6. Rekan penelitian Navis Nasrulloh yang telah berjuang bersama untuk menyelesaikan tugas akhir
7. Zuhaida Hilimiana, Fajar Putra Perdana, M Eko Yulianto, Gama Wirata Putra dan Staf Laboratorium Beton Teknik Sipil ITS yang telah membantu proses pembuatan dan pengujian.
8. Teman – teman Lintas Jalur Departemen Teknik Fisika angkatan 2017.

1. Teman–teman Kelompok Studi Energi Laboratorium Rekayasa Bahan Teknik Fisika FTI ITS.
2. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan ilmu bagi banyak orang.

Surabaya, 06 Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA	i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PERSETUJUAN	xi
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Bahan Komposit	5
2.2 Pengertian Beton	6
2.3 Material Campuran Beton	7
2.4 Pengujian Beton	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tahapan Penelitian	17
3.2 Studi Literatur	18
3.3 Persiapan Material	18
3.4 Pengujian Agregat Halus	22
3.5 Pengujian Agregat Kasar	25
3.6 Perencanaan Komposisi Campuran Beton	27
3.7 Proses Pembuatan Benda Uji	28
3.8 Curing Benda Uji	29
3.9 Uji Densitas	30
3.10 Tes Kuat Tekan	30
3.11 Tes Kuat Tarik Belah	31

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus	33
4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	35
4.3 Analisa Pori	36
4.4 Uji Densitas	37
4.5 Kuat Tekan	39
4.6 Kuat Tarik Belah	42
4.7 Modulus Elastisitas	45
4.8 Intrepretasi Hasil Analisis	46
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
DAFTAR PUSTAKA	51
BIODATA PENULIS	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi komposit berdasarkan penguat	5
Gambar 2.2	Remahan Karet ( <i>Crumb Rubber</i> )	12
Gambar 2.3	Set up pengujian kuat tekan	14
Gambar 2.4	Set up kuat tarik belah beton	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2	Semen Tiga Roda	18
Gambar 3.3	Agregrat (a) Kasar (batu pecah) (b) Halus (pasir)	19
Gambar 3.4	Air (a) <i>curing</i> (b) campuran beton	19
Gambar 3.5	<i>Crumb Rubber</i>	21
Gambar 3.6	Sampel Prendaman Karet pada Larutan NaOH (a) 30 menit (b) 1 hari (c) 4 hari	22
Gambar 3.7	Diagram alir mix design beton karet	28
Gambar 3.8	Proses penimbangan beton	30
Gambar 3.9	Benda uji yang dilapisi belerang	30
Gambar 4.1	Hasil Pengujian Kebersihan Pasir terhadap Bahan	34
Gambar 4.2	Pori-pori pada benda uji dengan presentase karet (a) 5% (b) 10% (c) 15 % dengan variasi waktu 30 menit	37
Gambar 4.3	Pengaruh Presentase Karet dengan Nilai Densitas Beton	39
Gambar 4.4	Pengaruh Komposisi <i>crumb rubber</i> terhadap kuat tekan	40
Gambar 4.5	Pengaruh variasi waktu perendaman karet dalam larutan NaOH	41
Gambar 4.6	Hasil Benda Uji pada Pengujian Kuat Tarik Belah	42

Gambar 4.7	Perbandingan Presentase Karet dengan Nilai Kuat Tarik Belah	43
Gambar 4.8	Pengaruh komposisi karet terhadap kuat tarik belah	44
Gambar 4.9	Bagan Perbandingan Presentase Karet dengan Nilai Modulus Elastisitas	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Presentase lolos agregat pada ayakan SNI 03 – 2847 – 2002	10
Tabel 2.2	Gradasi standart agregat kasar alam berdasarkan ASTM C 33-78	11
Tabel 2.3	Sifat Fisika NaOH	13
Tabel 3.1	Porpori Campuran beton dalam 0,002 m <sup>3</sup>	27
Tabel 4.1	Berat jenis Pasir	33
Tabel 4.2	Air resapan pasir	34
Tabel 4.3	Kebersihan pasir terhadap lumpur	35
Tabel 4.4	Berat Jenis Batu Pecah	35
Tabel 4.5	Air Resapan pada Batu Pecah	36
Tabel 4.6	Kebersihan batu pecah terhadap lumpur	36
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Densitas	38
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan	39
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	42
Tabel 4.10	Hasil analisis pengujian modulus elastisitas	45



## DAFTAR SIMBOL

$\rho$	Massa Jenis Beton ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$m$	Massa Beton ( kg )
$v$	Volume Beton ( $\text{m}^3$ )
$f'c$	Kuat tekan (MPa)
P	Beban maksimum (N).
A	Luas bidang tekan ( $\text{m}^2$ ).
$E_C$	Modulus Elastisitas beton (MPa)
$W_C$	Berat satuan beton ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$f_{ct}$	Kuat tarik belah beton (MPa).
L	Tinggi silinder (mm).
D	Diameter silinder (mm).



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengembangan sebuah negara tidak hanya dilihat dari kemajuan teknologi dan ekonomi melainkan juga kemajuan pembangunan infrastruktur. Dewasa ini pembangunan infrastruktur di Indonesia mengalami kemajuan yang cukup pesat, misalnya pembangunan jembatan, jalan tol, gedung perkantoran dan lain sebagainya. Beton merupakan salah satu bahan yang sering digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Sehingga teknologi beton terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan yang ada di lapangan. Pada umumnya tujuan pengembangan teknologi beton agar memiliki sifat yang lebih baik. Salah satu pengembangannya yaitu untuk mengurangi sifat getas sehingga beton memiliki daya tekan yang lebih tinggi dan tidak mudah retak.

Pengembangan teknologi beton telah banyak dilakukan untuk mengurangi sifat getas dari beton. Salah satunya dengan menambahkan campuran ban bekas sebagai bahan tambahan pembuatan beton. Karet ban bekas dimanfaatkan sebagai campuran karena memiliki duktilitas dan fleksibilitas. Selain itu penggunaan ban bekas sebagai campuran beton merupakan solusi pengelolaan limbah ban yang menjadi masalah lingkungan, kesehatan, dan estetika yang selama ini sulit untuk dipecahkan [1]. Hasil penelitian yang telah dilakukan pada tahun 2006 dapat diketahui bahwa penggunaan serutan karet ban bekas sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan daktilitas beton, namun mengurangi sifat-sifat mekanika beton seperti kuat tekan dan kuat lentur [2]. Dilaporkan bahwa dengan menambahkan karet ban bekas sebagai campuran beton dapat menyebabkan pengurangan kuat tekan dan kuat lentur yang signifikan hingga 90% dari kekuatan awal. Oleh karena itu, jumlah serutan karet yang dimasukkan ke dalam campuran beton harus dibatasi [3].

Terdapat beberapa alasan yang berbeda mengapa beton karet memiliki kekuatan yang lebih rendah. Pertama, perbedaan

nilai modulus elastisitas yang besar antara karet dan elemen beton lainnya, seperti agregat dan semen menyebabkan kekuatan beton karet lebih rendah dari beton konvensional [4]. Partikel karet ban bekas memiliki modulus elastisitas di kisaran 0,01-0,1 GPa, sedangkan nilai modulus elastisitas untuk beton konvensional di kisaran 25-50 GPa. Oleh karena itu, partikel karet dengan kekakuan rendah dapat memberikan ruang lebih bagi udara dalam matriks semen. Kedua, karet remah dengan bahan anorganik memiliki ikatan partikel yang buruk. Hal tersebut disebabkan karena pasta semen merupakan bahan hidrofilik, sedangkan permukaan karet remah bersifat hidrofobik sehingga campuran antara semen, air dan karet memiliki ikatan yang buruk. Buruknya ikatan antara bahan penyusun beton karet dapat menyebabkan retaknya matrik beton [5].

Menurut literatur, perendaman serutan karet ban bekas dalam alkali natrium hidroksida (NaOH) adalah metode yang paling umum diterapkan untuk meningkatkan ikatan karet dan pasta semen. Partikel karet terdiri dari komponen organik seperti isoprena, styrene butadiene dan juga senyawa silika yang ditambahkan sebagai agen penguat. Isoprena merupakan bahan kimia industri banyak digunakan sebagai unit monomer dasar dalam karet alam. Karet stirena butadiena adalah polimer karet paling umum digunakan dalam ban mobil. Natrium hidroksida bereaksi dengan isoprena, stirena butadiena dan komponen organik lainnya dari ban. Selain itu, silika dalam agregat karet dapat bereaksi dengan larutan alkali yang kuat untuk membentuk reaksi alkali-silika. Reaksi-reaksi tersebut membuat permukaan karet kasar sehingga mengakibatkan karakteristik ikatan yang lebih baik antara karet, semen dan air [1].

Perendaman karet dalam NaOH dapat menyebabkan permukaan kasar, di sisi lain semakin kasar permukaan karet menyebabkan banyak udara terjebak dalam karet. Sehingga karet akan memiliki pori-pori dan udara seakan-akan menjadi agregat ringan. Oleh karena itu, tingkat kekasaran partikel karet harus seimbang dan dioptimalkan. Dengan cara mengoptimalkan konsentrasi larutan NaOH dan lama waktu perendaman karet.

Sebab merendam partikel karet dalam jangka waktu yang panjang dalam larutan alkali dapat merusak partikel dan membuat permukaannya kasar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini, antara lain:

- a. Bagaimana pengaruh penambahan remahan karet (*crumb rubber*) ban bekas dengan variasi 5%, 10% dan 15% sebagai agregrat halus pada sifat mekanika beton
- b. Bagaimana pengaruh waktu perendaman remahan karet (*crumb rubber*) ban bekas dalam larutan NaOH pada sifat mekanika beton.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang akan dilakukan pada tugas akhir ini, yaitu:

- a. Mengetahui pengaruh penambahan remahan karet (*crumb rubber*) ban bekas sebagai agregrat halus pada sifat mekanika beton
- b. Mengetahui pengaruh waktu perendaman remahan karet (*crumb rubber*) ban bekas dalam larutan NaOH pada sifat mekanika beton

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan *mix design* berdasarkan SNI 03-2834-2000 (Tata cara pembuatan campuran beton normal).
- b. Limbah karet ban yang digunakan ialah karet ban mobil bekas merk bigeston
- c. Variasi perbandingan volume *crumb rubber* terhadap volume pasir yaitu (0%, 5%, 10%,15%).
- d. Pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan desnsitas beton normal dan beton *crumb rubber* sebagai pengganti sebageian pasir pada umur 28 hari.

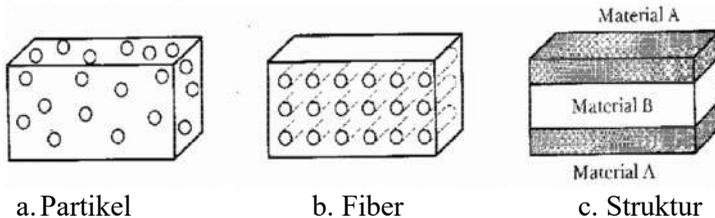
- e. Remahan limbah ban karet (*crumb rubber*) yang digunakan berbentuk serbuk yang lolos saringan 5 mm.
- f. Larutan NaOH yang digunakan memiliki konsentrasi 10 % dan pH 14. Variasi waktu perendaman serutan limbah karet ban yaitu selama 30 menit, 24 jam, dan 4 hari.
- g. Standar pengujian pada penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI)
- h. Penelitian dilakukan dengan percobaan di Laboratorium dan tidak dilakukan uji lapangan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Bahan Komposit

Komposit berasal dari kata kerja “*compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan. Komposit adalah bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Material komposit di rancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Selain itu, material komposit dibuat untuk memperbaiki sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu.

Berdasarkan bahan penyusunnya komposit dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu matriks dan *filler*. Matriks merupakan bagian terbesar dalam material komposit yang berfungsi sebagai komponen pembentuk dan pengikat. Matriks dapat terbuat dari tiga material dasar yaitu, *Metal Matrix Composite* (MMC), *Ceramic Matrix Composite* (CMC), dan *Polymer Matrix Composite* (PMC). Filler merupakan komponen lain yang terdistribusi merata dalam matriks. Filler memegang peranan penting sebagai bahan penguat dalam komposit. Filler harus memiliki nilai kekuatan dan kekerasan yang lebih besar dari matriks. Pembagian komposit berdasarkan jenis penguatannya dibedakan menjadi tiga yaitu, *particulate composite*, *fibre composite*, dan *structural composite*. [6] seperti pada gambar 2.1



**Gambar 2.1** Klasifikasi komposit berdasarkan penguat [7]

Salah satu contoh material komposit yaitu beton. Beton merupakan suatu komposit atau campuran dari beberapa bahan batu-batuan berupa agregat (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Semen merupakan bahan pengikat antara agregat halus dan kasar. Sebagai material komposit sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi dari perencanaan yang baik, pemilihan dan pengadaan masing-masing material yang baik, proses penanganan dan proses produksinya.

## **2.2 Pengertian Beton**

Definisi beton menurut SNI-03-2847-2002 adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan semen, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau bahan tambahan yang membentuk massa padat. Keunggulan beton dibandingkan dengan material lainnya adalah mempunyai kuat tekan dan stabilitas volume yang baik dan biaya perawatannya relatif lebih murah. Selain itu, material beton lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan, tidak mudah terbakar, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi, sehingga banyak digunakan sebagai pelindung struktur baja terhadap pengaruh kebakaran pada bangunan gedung [8].

Berdasarkan kategori mutu beton dibedakan menjadi tiga yaitu beton mutu rendah, moderat, dan berkekuatan tinggi. Beton mutu rendah memiliki kuat tekan kurang dari 20 MPa, moderat 20 MPa-40 MPa. Sedangkan beton berkekuatan tinggi memiliki kuat tekan lebih dari 40 MPa. Beton mutu moderat biasa disebut beton normal, biasanya dipakai untuk pekerjaan struktural. Beton berkekuatan tinggi dipakai untuk pekerjaan spesial yang memerlukan kekuatan konstruksi tinggi.

Pada perkembangan dunia konstruksi, beton masih menduduki peringkat pertama sebagai bahan utama yang sering digunakan. Penggunaan beton masih dominan bahkan belum tergantikan. Hal tersebut disebabkan karena beton merupakan material konstruksi yang mudah dibuat dan biaya perawatan yang diperlukan relatif murah.

Seiring dengan peningkatan pembangunan maka diperlukan pengganti bahan penyusun beton dengan tujuan untuk

memperbaiki aspek lingkungan. Agregrat kasar seperti batu pecah dan agregrat halus berupa pasir yang berasal dari sumber daya alam perlu dibatasi penggunaannya. Agregrat beton dapat digantikan dengan produk limbah industri. Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi beton memungkinkan penggunaan limbah menjadi bahan penyusun beton. Seperti halnya yang dilakukan pada eksperimen tugas akhir ini digunakan limbah karet ban sebagai bahan substitusi agregrat halus beton. Penambahan limbah ban bekas ditujukan untuk memperbaiki sifat getas beton dan mengurangi limbah karet ban.

## **2.3 Material Campuran Beton**

### **2.3.1 Bahan Pengikat (*Binder*)**

Bahan pengikat yang digunakan dalam campuran beton yaitu pasta semen. Presentase binder dalam campuran beton memiliki presentase sebesar 25 %. Pasta semen merupakan campuran dari semen dan air. Adapun berikut ini penjelasan semen dan air yang digunakan sebagai material campuran beton:

#### **a. Semen**

Semen adalah bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air atau larutan garam. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga udara diantara butir-butir agregat. Salah satu jenis semen yang sering digunakan dalam pembuatan beton yaitu semen portland. Komponen utama dari semen portland adalah :

- Batu kapur yang mengandung komponen  $\text{CaO}$  (kapur, lime)
- Lempung yang mengandung komponen  $\text{SiO}_2$  (silika),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (oksida alumina),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (oksida besi)

Berdasarkan prosentase kandungan penyusunnya, semen portland terdiri dari 5 tipe yaitu [9]:

#### **1. Semen Portland tipe I**

Kandungan utama semen portland tipe I yaitu kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa

kalsium sulfat. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,0-0,10% dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain

2. **Semen Portland tipe II**

Semen portland tipe II dipakai untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal, dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain.

3. **Semen Portland tipe III**

Semen Portland tipe III dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa (tebal) yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, misal bangunan dipinggir laut, bangunan bekas tanah rawa, saluran irigasi, dam-dam.

4. **Semen Portland tipe IV**

Semen portland tipe IV dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misal untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan bertingkat, bangunan-bangunan dalam air.

5. **Semen Portland tipe V**

Semen portland tipe v dipakai untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir.

**b. Air Campuran Beton**

Pada proses pembuatan beton air digunakan untuk memicu proses kimiawi semen sebagai perekat, membasahi agregat dan memudahkan dalam pembuatan beton agar bahan penyusun dapat tercampur secara homogen. Selain digunakan untuk campuran pembuatan beton air juga digunakan sebagai media perawatan beton yang telah mengeras. Air yang dipakai untuk membuat campuran beton dan juga untuk pemeliharaan

beton harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut [10] :

1. Air tawar yang dapat diminum
2. Air harus bersih dan tidak mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan yang dapat merusak beton atau baja tulangan.
3. Air yang bereaksi netral terhadap lakmus.
4. Air tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
5. Apabila terdapat keragu-raguan terhadap pemakaian air, dianjurkan untuk mengirim contoh air itu ke lembaga pemeriksaan air untuk diselidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton atau baja tulangan.

### **2.3.2 Bahan Pengisi Beton (Agregat)**

Agregat merupakan bahan campuran beton yang paling banyak menempati volume beton yaitu sekitar 60% hingga 80 % dari volume totalnya. Oleh karena itu, sifat-sifat dari agregat yang digunakan sangat mempengaruhi hasil pembuatan beton. Dari sisi ekonomi, agregat relatif murah sehingga jika komposisi agregat yang digunakan lebih banyak maka beton yang dihasilkan lebih ekonomis. Disamping itu pemakaian banyak agregat juga dapat mengurangi penyusutan akibat mengerasnya (mengeringnya) beton dan juga dapat mengurangi ekspansi akibat panas. Dalam campuran beton terdapat dua macam agregat yaitu:

- Agregat halus berupa pasir, adalah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,80 mm.
- Agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah, adalah agregat yang semua butir tertinggal diatas ayakan 4,80 mm.

#### **a. Agregat Halus**

Agregat halus (pasir) adalah bahan batuan halus yang terdiri dari butiran sebesar 0,14 mm sampai 5 mm didapat dari hasil diintegrasikan batu alam (*natural sand*) atau dapat juga

pemecahannya (*artificial sand*). Pasir alam dapat dibedakan atas : pasir galian, pasir sungai, pasir laut yaitu bukit-bukit pasir yang dibawa ke pantai. Adapun syarat-syarat agregat halus (pasir) untuk campuran beton adalah sebagai berikut:

1. Memiliki kadar lumpur yang rendah
2. Bebas dari zat organik yang merugikan beton.
3. Susunan besar butir (gradasi pasir)

Batas susunan besar butir dalam agregat halus seperti pada tabel 2.1 berikut :

**Tabel 2.1** Presentase lolos agregat pada ayakan SNI 03 – 2847 – 2002

Ukuran ayakan ( mm )	Persen lolos kumulatif (%)
9,60	100
4,80	95 – 100
2,40	80 – 100
1,20	50 – 85
0,60	25 – 60
0,30	10 – 30
0,15	2 – 10

#### **b. Agregat Kasar**

Agregat kasar memiliki pengaruh yang besar terhadap kekuatan dan sifat-sifat struktural beton. Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Agregat kasar (kerikil atau batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal. Sifat kekal yang dimaksud yaitu tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan. Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai

apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
3. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat alam berupa batu pecah. Batasan gradasi agregat kasar yang baik menurut ASTM C33-78 dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Gradasi standart agregat kasar alam berdasarkan ASTM C 33-78

Diameter Ayakan	Presentase Lolos (%)
25,4 mm (1")	100
19,0 mm (3/4")	95-100
9,50 mm (3/8")	20-55
4,75 mm (No. 4)	0-10
2,36 mm (No. 8)	0-5

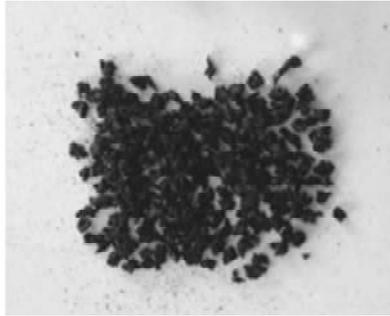
### 2.3.3 Bahan Tambahan

#### a. Remahan Karet Limbah Ban (*Crumb Rubber*)

Ban bekas merupakan salah satu bahan buangan dan bekas pakai yang dapat dengan mudah dicari dan ditemukan di setiap daerah di Indonesia dan jumlahnya relative cukup tinggi. Remahan ban bekas ini diistilahkan dengan "*Crumb Rubber*" adalah produk yang ramah lingkungan karena diperoleh dari ban bekas, dan tidak larut dalam tanah ataupun air tanah. Adapun bentuk dari *crumb rubber* dapat dilihat pada gambar 2.2

Karet ban memiliki kandungan karet alam 44.32%, campuran *butadiene* 15.24%, minyak aromatik 1.85%, unsur karbon hitam 30.47%, *stearic acid* 1.07%, antioksidan 0.83%, dan sulfur 1.42% [11]. Material pendukung yang fungsinya menambah performa ban adalah terdiri dari

susunan: karbon, silika, sulfur, akselerator, aktivator, antioksidan, dan tekstil



**Gambar 2.2** Remahan karet (*crumb rubber*) [4].

#### **b. Natrium Hidroksida**

Metode untuk meningkatkan ikatan antara karet partikel dan pasta semen dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama. Kategori pertama menambahkan zat aditif ke campuran beton, seperti organik atau garam anorganik, menambahkan semen khusus bahan seperti silica fume atau magnesium. Kategori kedua melibatkan, perawatan fisik partikel karet, seperti partikel karet pembersih dengan air atau menggunakan karet dengan permukaan yang lebih kasar. Kategori ketiga, metode perendaman karet secara kimia sebelum ditambahkan ke dalam campuran beton. Metode perendaman secara kimia memiliki dua tujuan utama. Tujuan pertama, untuk membersihkan permukaan karet dari minyak, kotoran dan debu. Kedua, untuk membuat permukaan karet lebih kasar. Berbagai jenis larutan asam atau basa kuat telah disarankan untuk tujuan ini. Penggunaan alkali natrium hidroksida (NaOH) adalah zat yang paling umum digunakan untuk meningkatkan ikatan karet dan pasta semen [1].

Larutan natrium hidroksida adalah larutan pembersih yang dapat membersihkan partikel karet dari debu, minyak dan kotoran. minyak dan kotoran di

permukaan karet yang tidak diinginkan. Kotoran dan debu pada karet bisa menjadi sumber cacat dalam pembentukan ikatan antara permukaan karet dan pasta semen. Selain itu, seng stearate adalah zat yang ditambahkan ke karet ban untuk membuatnya lebih tahan terhadap oksidasi. Keberadaan seng stearat pada permukaan karet yang membuat karet bersifat hidrofobik sehingga tidak dapat berikatan baik dengan pasta semen. Selama proses perendaman dengan larutan NaOH, seng stearat berubah menjadi natrium stearat, yang larut dalam air sehingga dapat memperbaiki ikatan karet dan pasta semen [12]. Perendaman karet dengan larutan NaOH menghasilkan karet dengan permukaan yang lebih kasar. Silika dalam agregat karet bereaksi dengan larutan alkali dari larutan NaOH membentuk reaksi alkali-silika. Reaksi tersebut membuat permukaan karet kasar sehingga mengakibatkan karakteristik ikatan yang lebih baik antara karet, semen dan air [1]. Adapun sifat fisika dari NaOH dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2.3** Sifat fisika NaOH [13]

NaOH	Nilai
Berat molekul	39,998 gr/mol
Titik Leleh	318 °C
Titik Didih	1390°C

## 2.4 Pengujian Beton

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dan pengaruh penambahan larutan NaOH dan remahan karet ban bekas. Jenis pengujian dan analisis yang dibahas untuk keperluan penelitian ini yaitu:

### 2.4.1 Uji Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa per volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda memiliki massa jenis yang lebih tinggi

maka akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah.

Pengujian densitas ditujukan untuk mengetahui rapat massa dari bahan komposit yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan menimbang benda uji beton dan mengukur volume beton. Setelah massa dan volume komposit diketahui maka densitas dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- $\rho$  = Massa Jenis Beton ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $m$  = Massa Beton ( kg )  
 $v$  = Volume Beton (  $\text{m}^3$  )

### 2.4.2 Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat ditahan beton per satuan luas. Kuat tekan beton normal berada pada kisaran 20 – 40 Mpa. Kuat tekan maksimum diperoleh melalui pengujian dalam tata cara standar, menggunakan mesin uji CTM (*Compression Testing Machine*) yang memberikan beban bertahap dengan peningkatan kecepatan beban tertentu pada benda uji silinder sampai hancur. Set Up pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2.3** Set up pengujian kuat tekan

Kuat tekan beton dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.2) berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$f'c$  = Kuat tekan(MPa)

$P$  = Beban maksimum (N)

$A$  = Luas bidang tekan ( $m^2$ )

### 2.4.3 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton benda uji silinder beton ialah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder. Nilai Kuat tarik belah diperoleh dari hasil pembebanan benda uji yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM).



**Gambar 2.4** *Set up* kuat tarik belah beton

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan percobaan dilaboratorium adalah sebagai berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$f_{ct}$  = Kuat tarik belahbeton (Mpa)

$P$  = Beban maksimum (N)

$L$  = Tinggi silinder (mm)

$D$  = Dimeter silinder beton (mm)

#### 2.4.4 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas suatu bahan menggambarkan besarnya tegangan pada satu satuan regangan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen. Menurut SNI 03-2847-2013, modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus:

$$E_C = W_C^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$E_C$  = Modulus Elastis beton (MPa)

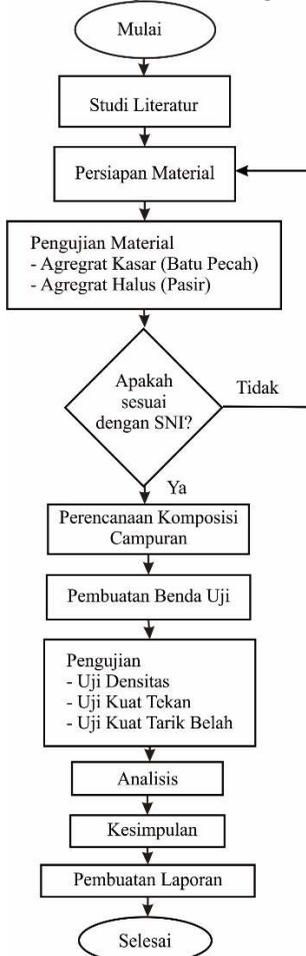
$f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

$W_C$  = Berat satuan beton ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini dirancang dengan beberapa tahapan yang digambarkan pada diagram alir di bawah ini. Tahapan-tahapan tersebut meliputi beberapa hal, antara lain:



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur fokus pada dua hal pokok. Pokok bahasan pertama yaitu mengenai proses pembuatan beton serta pengujian mekanik beton sesuai standar SNI. Kedua, tentang pengaruh variasi beton karet terhadap sifat mekaniknya. Literatur yang dibaca berupa jurnal, standar nasional maupun internasional dan buku.

### 3.3 Persiapan Material

Tahapan awal dari penelitian ini adalah melakukan pengujian kualitas terhadap material-material yang akan digunakan dengan mengacu pada standar SNI. Adapun material-material yang dibutuhkan yaitu:

- a. Semen
- b. Agregrat Halus (pasir) dan kasar
- c. Air
- d. NaOH
- e. *Crumb rubber*

#### a. Semen

Dalam penelitian menggunakan semen tiga roda yang diproduksi oleh PT. Indicement Tunggal Prakarsa Tbk. Indocement. Semen ini termasuk semen PPC tipe I sesuai dengan standar SNI 15-7064-2014



**Gambar 3.2** Semen tiga roda

**b. Agregat**

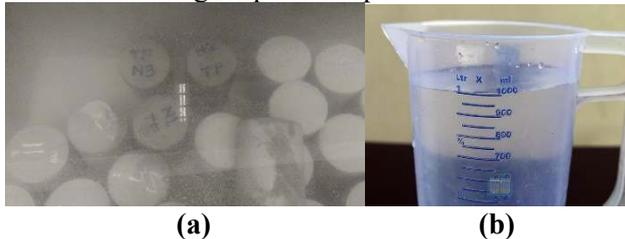
Pada penelitian ini material agregat yang meliputi agregat kasar dan agregat halus seperti pada Gambar 3.3. Agregat halus yang digunakan yaitu pasir lumajang dan agregat kasar berupa batu pecah yang biasa digunakan untuk konstruksi bangunan. Kedua material agregat yang akan digunakan sebelumnya harus dilakukan pengujian untuk dapat memenuhi persyaratan material pembuatan beton.



**Gambar 3.3** Agregat (a) kasar (batu pecah) (b) halus ( pasir)

**a. Air**

Pada penelitian ini digunakan air untuk campuran beton dan *curing* benda uji seperti yang terlihat pada Gambar 3.4. Air yang digunakan adalah air PDAM Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



**Gambar 3.4** Air (a) *curing* (b) campuran beton

## b. NaOH

Sodium hidroksida (NaOH) yang digunakan berbentuk padat dengan kadar kemurnian 98%. NaOH yang akan digunakan harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sehingga menjadi larutan. NaOH. Konsentrasi NaOH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10% dengan pH 14. Persamaan yang digunakan untuk membuat larutan NaOH dengan konsentrasi 10% yaitu:

$$Kadar X = \frac{Massa NaOH}{Massa NaOH + Massa Air} \times 100\%$$

Berikut ini cara membuat larutan NaOH untuk merendam *crumb rubber* dengan konsentrasi 10% :

### 1. Variasi *crumb rubber* 5%

Massa sampel *crumb rubber* = 0,25 kg

Perbandingan  $\frac{\text{massa sampel crumb rubber}}{\text{volume larutan NaOH}} = \frac{1}{5}$

$$Kadar 10\% = \frac{Massa NaOH}{1,25 L} \times 100\%$$

$massa NaOH = 0,125 kg$

Sehingga larutan NaOH konsentrasi 10% untuk merendam sampel karet variasi 5% diperoleh dengan mencampurkan NaOH 0,125 kg dan air 1,125 L

### 2. Variasi *crumb rubber* 10%

Massa sampel *crumb rubber* = 0,5 kg

Perbandingan  $\frac{\text{massa sampel crumb rubber}}{\text{volume larutan NaOH}} = \frac{1}{5}$

$$Kadar 10\% = \frac{Massa NaOH}{2,5 L} \times 100\%$$

$massa NaOH = 0,25 kg$

Sehingga larutan NaOH konsentrasi 10% untuk merendam sampel karet variasi 5% diperoleh dengan mencampurkan NaOH 0,25 kg dan air 2,25 L

### 3. Variasi *crumb rubber* 15%

Massa sampel *crumb rubber* = 0,8 kg

$$\text{Perbandingan} \frac{\text{massa sampel crumb rubber}}{\text{volume larutan NaOH}} = \frac{1}{5}$$

$$\text{Kadar 10\%} = \frac{\text{Massa NaOH}}{4 \text{ L}} \times 100\%$$

$$\text{massa NaOH} = 0,4 \text{ kg}$$

Sehingga larutan NaOH konsentrasi 10% untuk merendam sampel karet variasi 5% diperoleh dengan mencampurkan NaOH 0,4 kg dan air 3,6 L

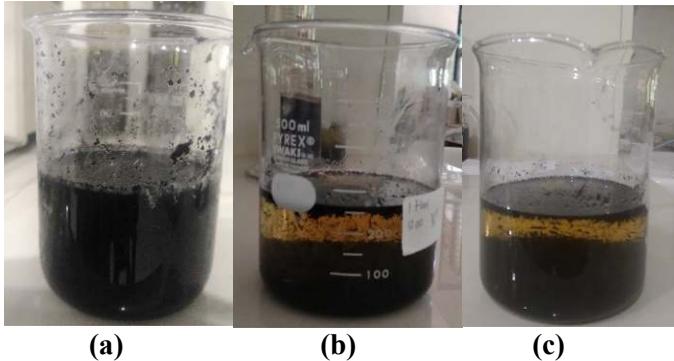
### c. *Crumb Rubber*

Remahan limbah ban karet (*crumb rubber*) yang digunakan berbentuk serbuk yang lolos saringan 5 mm seperti pada gambar 3.5. Dalam penelitian ini menggunakan proporsi hancuran karet terhadap volume pasir dalam 1 m<sup>3</sup> beton.



**Gambar 3.5** *Crumb rubber*

Proses perendaman *crumb rubber* menggunakan larutan NaOH konsentrasi 10% dengan variasi waktu perendaman selama 30 menit, 24 jam, dan 4 hari. Larutan NaOH yang telah dibuat dengan kadar 10% dan sampel *crumb rubber* dimasukkan kedalam wadah dengan perbandingan massa *crumb rubber* dan larutan NaOH 1:5 seperti pada sampel gambar 3.6. Setelah itu, *crumb rubber* dibilas menggunakan air bersih hingga tidak berasa lengket, kemudian dikeringkan.



**Gambar 3.6** Sampel Prendaman Karet pada Laruran NaOH  
(a) 30 menit (b) 1 hari (c) 4 hari

### 3.4 Pengujian Agregat Halus

#### 1. Pengujian Berat Jenis Pasir (SNI 03-4804-1998)

- a. Tujuan
 

Mengetahui nilai berat jenis yang dimiliki oleh agregat halus yaitu pasir
- b. Peralatan
  1. Timbangan digital
  2. Piknometer kapasitas 500 mL
  3. Oven
  4. Saringan No. 4 (4,75 mm)
- c. Bahan
 

500 gram pasir yang lolos saringan no.4 dan sudah dioven selama 2 jam pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- d. Prosedur Pelaksanaan telah dioven
  1. Pasir yang telah dioven didinginkan pada suhu ruang.
  2. Merendam pasir selama 24 jam selanjutnya diangkat dan ditiriskan hingga air hilang
  3. Mengeringkan pasir dengan kerucut terpancung hingga mencapai keadaan SSD atau kering permukaan.
  4. Memasukkan 500 gram pasir dalam keadaan SSD kedalam piknometer dan menambahkan air hingga penuh.
  5. Menimbang piknometer berisi air dan pasir

6. Mengeluarkan pasir dari piknometer, kemudian mengeringkan di oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
  7. Menimbang pasir yang telah dioven dalam kondisi suhu ruang.
- e. Persamaan yang digunakan
- $$\text{Berat jenis} = \frac{500}{(W+500-W_1)} \quad (3.1)$$

Keterangan :

$W$  = Berat piknometer + air (gram)

$W_1$  = Berat piknometer + air + pasir (gram)

## 2. Percobaan Air Resapan Pada Pasir (SNI 03-4804-1998)

- a. Tujuan  
Menentukan kadar air resapan pada pasir.
- b. Peralatan
  1. Timbangan 2600 gram
  2. Oven
  3. Pan
- c. Bahan  
Pasir dalam kondisi SSD (pasir yang telah direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan sampai kering permukaan)
- d. Prosedur
  1. Pasir kondisi SSD ditimbang sebanyak 500 gram
  2. Pasir dimasukkan kedalam oven selama 24 jam
  3. Pasir dikeluarkan dan setelah dingin baru ditimbang
- e. Rumus yang Digunakan  
Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan air resapan pada pasir yaitu:

$$\text{Air resapan} = \frac{500 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

$W_1$  = Berat pasir oven (gram)

### **3. Tes Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik (SNI 03-2816-2014)**

#### a. Tujuan

Menentukan kadar zat organik dalam agregat yang digunakan sebagai campuran beton.

#### b. Peralatan

1. Gelas Ukur
2. Penggaris

#### c. Bahan

1. Pasir Asli
2. NaOH

#### d. Prosedur Pelaksanaan

1. Gelas ukur diisi pasir hingga  $\pm 130$  mL
2. Larutan NaOH konsentrasi 3% ditambahkan hingga 200 mL
3. Ujung gelas ukur ditutup kemudian dikocok selama 10 menit dan didiamkan selama 24 jam
4. Diamati warna cairan diatas permukaan agregat halus yang ada dalam gelas ukur. Jika warna cairan berubah mejadi coklat berarti kandungan zat organik dalam agregat terlalu tinggi.

### **4. Tes Kebersihan Pasir terhadap Lumpur (SNI 03-414-1996)**

#### a. Tujuan

Menentukan banyaknya kadar lumpur dalam pasir

#### b. Peralatan

1. Gelas Ukur
2. Penggaris

#### c. Bahan

1. Pasir Asli
2. Air

#### d. Prosedur Pelaksanaan

1. Gelas ukur diisi pasir dengan tinggi  $\pm 6$  cm
2. Mengisi air kedalam gelas ukur hingga hampir penuh dan tutup rapat kemudian dikocok selama  $\pm 10$  menit
3. Diamkan selama 24 jam

4. Mengukur tinggi endapan lumpur dan pasir  
 e. Persamaan yang digunakan

$$\text{Kebersihan pasir} = \frac{h}{H} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

$h$  = tinggi lumpur(mm)

$H$  = tinggi pasir (cm)

### 3.5 Pengujian Agregat Kasar

#### 1. Percobaan Berat Jenis Batu Pecah (SNI 03-1969-1990)

- f. Tujuan  
 Mengetahui besar berat jenis batu sebagai agregat kasar yang digunakan pada campuran beton.
- g. Peralatan
1. Timbangan 25 kg
  2. Keranjang kawat
  3. Kain lap
  4. Oven
- h. Bahan  
 Batu pecah dalam kondisi SSD
- i. Prosedur Pelaksanaan
1. Batu pecah yang telah direndam selama 24 jam kemudian dilap satu persatu.
  2. Menimbang batu pecah sebanyak 2500 gram.
  3. Memasukkan batu pecah sebanyak 2500 gram kedalam keranjang berisi air.
  4. Menimbang batu pecah dalam air.
- j. Persamaan yang digunakan  
 Persamaan yang digunakan untuk memperoleh nilai berat jenis batu yaitu:

$$\text{Berat jenis batu pecah} = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \quad (3.4)$$

Keterangan :

$W_1$  = Batu pecah di udara (gram)

$W_2$  = Berat batu pecah di air (gram)

## 2. Percobaan Air Resapan pada Batu Pecah (SNI 03-1969-1990)

- a. Tujuan  
Mengetahui kadar air resapan pada agregrat kasar
- b. Peralatan
  1. Timbangan 25 kg
  2. Oven
- c. Bahan  
Batu pecah dalam kondisi SSD
- d. Prosedur pelaksanaan
  1. Menimbang batu pecah kondisi SSD sebanyak 3000 gram
  2. Memasukkan kedalam oven selama 24 jam
  3. Menimbang batu pecah yang sudah didinginkan
- e. Persamaan yang digunakan

$$\text{Kadar air resapan} = \frac{3000-W}{W} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

$W$  = Berat batu pecah oven (gram)

## 3. Tes Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur (SNI 03-4142-1996)

- a. Tujuan  
Mengetahui kadar lumpur batu pecah
- b. Peralatan
  1. Timbangan
  2. Saringan No.200 dan No.50
  3. Oven dan pan
- c. Bahan  
Batu pecah oven kering
- d. Prosedur Pelaksanaan
  1. Menimbang batu pecah oven kering sebanyak 1000 gram
  2. Mencuci batu pecah hingga bersih yaitu air cucian nampak bening.
  3. Menuangkan air cucian kedalam saringan No.200 secara berulang.

4. Batu pecah yang ikut tertuang dan tertinggal diatas saringan dikembalikan ke pan
  5. Mengoven batu pecah pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  hingga berat tetap.
  6. Menimbang batu pecah yang sudah dingin
- e. Persamaan yang digunakan

$$\text{Kebersihan batu pecah} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

$W_1$  = Berat batu pecah kering (gram)

$W_2$  = Berat batu pecah bersih kering (gram)

### 3.6 Perencanaan Komposisi Campuran Beton

Dalam penelitian ini, komposisi campuran beton ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal dengan perbandingan agregrat kasar dan halus 40%:60% sesuai gambar 3.7. Porporasi material penyusun beton dalam  $0,002 \text{ m}^3$  tiap campuran uji dapat dilihat pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Porporasi campuran beton dalam  $0,002 \text{ m}^3$

Benda Uji	Bahan Penyusun Beton				
	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Batu Pecah (kg)	Crumb rubber (kg)
NC	1,230	2,274	4,298	6,447	-
CR5	1,230	2,274	4,083	6,447	0,215
CR10	1,230	2,274	3,868	6,447	0,430
CR15	1,230	2,274	3,653	6,447	0,645

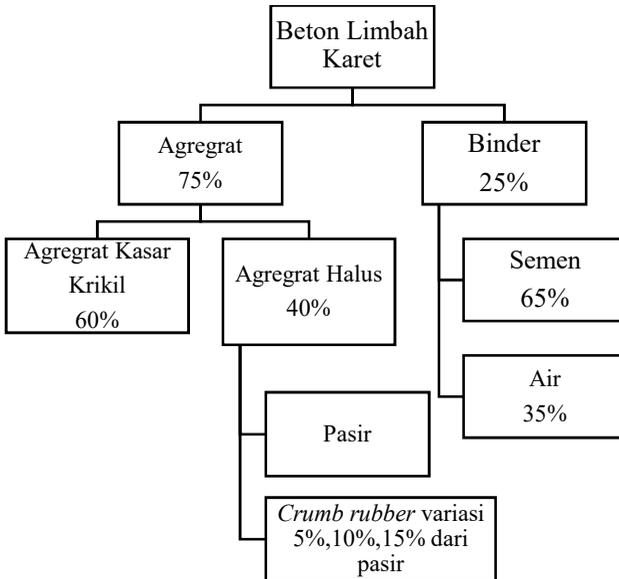
Keterangan :

NC =Beton Normal tanpa hancuran karet

CR-5 =Beton dengan penambahan remahan karet 5%.

CR-10 =Beton dengan penambahan remahan karet 10%.

CR-15 =Beton dengan penambahan remahan karet 15%.



**Gambar 3.7** Diagram alir *mix design* beton karet

### 3.7 Proses Pembuatan Benda Uji

Berdasarkan hasil mix desain, langkah selanjutnya adalah membuat beton normal tanpa campuran karet dan beton dengan penambahan karet. Beton normal tanpa campuran karet digunakan sebagai variabel kontrol. Berikut langkah-langkah pembuatan beton :

1. Menyiapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan.
  - Alat :
    - a. Wadah untuk pencampuran
    - b. Cetakan beton silinder Ø10 cm dan tinggi 20 cm
    - c. Alat perojok dari besi
    - d. Timbangan
    - e. Gelas ukur
    - f. Cetok besi
    - g. Palu karet

Bahan :

- a. Agregat kasar
  - b. Agregat halus
  - c. Semen
  - d. Air
  - e. Remahan karet yang telah direndam larutan NaOH
2. Mengoleskan oli pada cetakan (*bekisting*) beton, sehingga beton yang dihasilkan mudah untuk dikeluarkan dari cetakan ketika sudah mengeras.
  3. Mencampurkan semen dan agregat halus dalam wadah kemudian aduk hingga homogen
  4. Menambahkan air pada campuran dan diaduk hingga homogen
  5. Memasukan batu pecah kedalam campuran diaduk hingga homogen
  6. Masukkan adonan beton geopolimer yang sudah homogen ke dalam cetakan (*bekisting*). Adonan yang akan dimasukkan ke dalam cetakan (*bekisting*), dibagi menjadi 3 bagian lapisan. Setiap lapisan dirojok sebanyak  $\pm 60$  kali dengan alat perojok besi. Selain dirojok, bagian samping cetakan juga harus dipukul-pukul dengan bantuan palu karet. Hal tersebut dilakukan agar adonan menjadi padat dan cetakan terisi penuh.
  7. Melepaskan cetakan setelah beton mengeras sehari setelah pengecoran.

### 3.8 Curing Benda Uji

Setelah beton dilepas dari cetakan selanjutnya dilakukan *curing* dengan merendam beton menggunakan air sampai beton berumur 28 hari. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kehilangan air akibat penguapan selama proses *curing* berlangsung. Kelembaban beton harus dijaga agar beton tidak mengalami keretakan karena proses kehilangan air yang begitu cepat. Selain untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi, proses *curing* juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu, keawetan

beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur beton.

### 3.9 Uji Densitas

Uji densitas dilakukan pada saat beton sudah mencapai umur 28 hari. Pengujian ini dilakukan sebelum uji kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Pengujian densitas dilakukan dengan menimbang benda uji beton untuk mengetahui massa sampel beton seperti pada gambar 3.5. Volume semua sampel beton dianggap sama dengan volume cetakan beton. Dari data massa sampel beton dan volumenya dapat dianalisis nilai densitas menggunakan persamaan (2.1)



**Gambar 3.5** Proses penimbangan beton

### 3.10 Tes Kuat Tekan

Prosedur pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan permukaan benda uji diratakan dengan cara menambahkan lapisan belerang pada permukaan benda uji seperti pada gambar 3.6



**Gambar 3.6** Benda uji yang dilapisi belerang

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian kuat tekan sebagai berikut:

1. Mengolesi alat perata dengan oli agar belerang tidak menempel pada alat.
2. Menuangkan belerang cair kedalam alat perata, kemudian benda uji diletakan dalam alat perata dan ditekan.
3. Melepaskan benda uji dari alat perata setelah belerang menggeras dan melekat dengan benda uji.
4. Meletakan benda uji yang telah dilapisi belerang pada alat uji tekan.
5. Pembebanan diberikan secara berangsur-angsur sampai benda uji mencapai pembebanan yang maksimal kemudian alat uji dimatikan.
6. Adapun hasil yang didapat dalam pengujian ini adalah *force* (gaya) dan *stroke* (gerak perpindahan). Data yang diperoleh akan diolah menjadi tegangan dan regangan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Tegangan} = \frac{F}{A} \quad (3.7)$$

Keterangan :

$F$  = Gaya yang diterima (N)

$A$  = Luasan daerah yang ditekan ( $\text{mm}^2$ )

$$\text{Regangan} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3.8)$$

Keterangan :

$\Delta l$  = Penambahan panjang stroke) (mm)

$l_0$  = Panjang sampel sebelum ditekan (mm)

### 3.11 Tes Kuat Tarik Belah

Tes tarik belah dilakukan pada saat beton sudah mencapai umur 28 hari. Prosedur pelaksanaanya sama seperti tes kuat tekan, akan tetapi pada test ini posisi benda horizontal atau ditidurkan seperti gambar skema 2.4. serta pada tes kuat tarik belah benda uji tidak perlu dilapisi dengan belerang.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah diperoleh dari tiap - tiap pengujian dan proses pembuatan beton, kemudian dianalisa dan ditarik kesimpulan. Hasil pengujian di laboratorium terdiri dari hasil uji tekan, uji tarik dan uji densitas. Sifat mekanik beton ditentukan dari nilai kuat tekan, berat volume beton (densitas), kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton. Data data hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah dalam menganalisa.

#### **4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus**

##### **1. Percobaan Berat Jenis Pasir**

Hasil pengujian berat jenis pasir dapat dilihat pada tabel 4.1 Dari hasil rata-rata dua percobaan pengujian berat jenis pasir diperoleh nilai  $2695,5 \text{ gr/cm}^3$ . Sehingga pasir yang akan digunakan sebagai campuran beton masih memenuhi syarat sesuai SNI 03-1970-1990 yang menyatakan bahwa berat jenis pasir yang disyaratkan berada dalam batas 2,4 sampai dengan 2,7  $\text{gr/cm}^3$

**Tabel 4.1** Berat jenis pasir

Percobaan	1 (gram)	2 (gram)
Berat labu+pasir+air (W1)	1560	1560
Berat pasir SSD	500	500
Berat labu+air (W2)	1246	1245
<b>Berat jenis pasir (<math>\text{gr/cm}^3</math>)</b>	<b>2688</b>	<b>2703</b>

##### **2. Percobaan Air Resapan pada Pasir**

Hasil pengujian air resapan pada pasir dapat dilihat pada tabel 4.2. Berdasarkan SNI 03-1970-1990, diketahui bahwa kadar air resapan yang memenuhi syarat yaitu antara 1-4%. Sehingga pasir yang digunakan sebagai campuran beton masih dalam syarat yang ditentukan yaitu sebesar 1,31 %.

**Tabel 4.2** Air resapan pasir

Percobaan	1 (gram)	2 (gram)
Berat pasir SSD	500	500
Berat pasir oven (W1)	493	495
<b>Kadar air resapan=<math>((500-w1) / w1) \times 100\%</math></b>	<b>1,42</b>	<b>1,20</b>

### 3. Pengujian Kebersihan Pasir terhadap Bahan Organik

Hasil pengujian kebersihan pasir terhadap bahan organik dapat dilihat pada gambar 4.1 warna dari pengujian kebersihan pasir berdasarkan SNI 03-2816-2014 harus tidak lebih tua dari warna zat pembanding yaitu NaOH. Berdasarkan hasil pengujian warna yang timbul berupa putih bening, hal ini menunjukkan pasir yang digunakan memenuhi persyaratan.



**Gambar 4.1** Hasil pengujian kebersihan pasir terhadap bahan organik

#### 4. Pengujian Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Lumpur

Hasil pengujian kebersihan pasir terhadap bahan lumpur ditunjukkan pada tabel 4.4. Batas maksimum kadar SNI 03-4142-1996 adalah sebesar 3%. Besarnya kadar lumpur sesuai pengujian yang telah dilakukan yaitu 1,745%.

**Tabel 4.3** Kebersihan pasir terhadap lumpur

Percobaan	Pertama	Kedua
Tinggi lumpur (h) (mm)	1	1
Tinggi pasir (H) (cm)	6	5,5
<b>Kadar lumpur (%)= (h/H x100%)</b>	<b>1,67</b>	<b>1,82</b>

#### 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

##### 1. Pengujian Berat Jenis Batu Pecah

Hasil pengujian berat jenis batu pecah dapat dilihat pada tabel 4.4. Nilai rata-rata berat jenis batu pecah yang diperoleh dari percobaan yaitu sebesar 2672 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan SNI 03-1969-1990 berat jenis batu pecah yang disyaratkan sebesar 2400-2700 gr/cm<sup>3</sup>. Sehingga batu pecah yang digunakan memenuhi persyaratan.

**Tabel 4.4** Berat jenis batu pecah

Percobaan	1 (gram)	2 (gram)
Berat kerikil di udara (W1)	3000	3000
Berat kerikil di air (W2)	1875	1880
<b>Berat jenis pasir (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2667</b>	<b>2678</b>

##### 2. Pengujian Air Resapan pada Batu Pecah

Hasil pengujian air resapan pada batu pecah dapat dilihat pada tabel 4.5. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai kadar air resapan rata sebesar 1,24 %. Air resapan batu pecah yang disyaratkan sesuai SNI 03-1969-1990 sebesar 1% sampai dengan 2%. Sehingga batu pecah yang digunakan memenuhi persyaratan.

**Tabel 4.5** Air resapan pada batu pecah

Percobaan	1 (gram)	2 (gram)
Berat kerikil SSD	3000	3000
Berat kerikil oven (W1)	2967	2960
<b>Kadar air resapan=<math>((3000-w1) / w1) \times 100\%</math></b>	<b>1,11</b>	<b>1,36</b>

### 3. Pengujian Kebersihan Batu Terhadap Lumpur

Hasil pengujian kebersihan batu terhadap lumpur dapat dilihat pada tabel 4.6. Kadar lumpur rata-rata percobaan sebesar 0,5 %. Syarat pada SNI 03-4142-1996 menyatakan bahwa kadar lumpur batu pecah diharuskan kurang dari 1%. Jika tingkat kebersihan batu pecah terhadap lumpur masih lebih dari 1%, batu pecah harus dicuci kembali sampai kadar lumpur kurang dari 1%. Pada penelitian ini setelah batu pecah dicuci sebanyak 4 kali maka batu pecah tersebut telah memenuhi syarat yang diharuskan sebagai agregat beton.

**Tabel 4.6** Kebersihan batu pecah terhadap lumpur

Percobaan	1 (gram)	2 (gram)
Berat kering sebelum dicuci (W1)	1000	1000
Berat kering setelah dicuci (W2)	995	995
<b>Kadar lumpur (%)</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>

### 4.3 Analisis Pori

Setelah benda uji mengeras dan dilepaskan dari cetakan, pada permukaan benda uji nampak terdapat pori-pori seperti pada gambar 4.2. Sehingga dilakukan analisis pori-pori beton menggunakan software *image-j* untuk mengetahui jumlah dan luasan pori-pori yang ada pada setiap benda uji. Hal tersebut dilakukan karena seluruh benda uji dengan variasi penambahan campuran remahan karet ban bekas memiliki pori-pori yang beragam. Hasil analisis pori ini ditampilkan dalam bentuk histogram untuk mengetahui sebaran jumlah pori dengan luas area tertentu pada setiap benda uji yang dapat dilihat pada lampiran B. Dari data yang dihasilkan jumlah pori cenderung meningkat seiring

dengan bertambahnya presentase campuran remahan karet ban bekas pada benda uji. Munculnya pori-pori ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kurang homogenya campuran dalam benda uji, kesalahan merojok pada saat pembuatan benda uji, dan campuran pasta semen tidak dapat mengikat agregrat dengan baik sehingga menimbulkan rongga udara.



(a) (b) (c)

**Gambar 4.2** Pori-pori pada benda uji dengan presentase karet (a) 5% (b) 10% (c) 15 % dengan variasi waktu 30 menit

#### 4.4 Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dengan volume beton tetap yaitu sebesar  $0,00157 \text{ m}^3$ . Hasil pengujian densitas dapat dilihat pada tabel 4.7 yang dilakukan dengan menghitung massa per volume benda uji. Dalam pembuatan komposit beton karet, sifat unggul yang diharapkan ialah material yang kuat tetapi ringan. Dalam hal ini digunakan karet sebagai campuran beton sebagai substitusi agregrat halus yang diharapkan dapat tercapainya sifat komposit beton yang memiliki kuat tekan tinggi tetapi lebih ringan dari beton normal tanpa campuran karet.

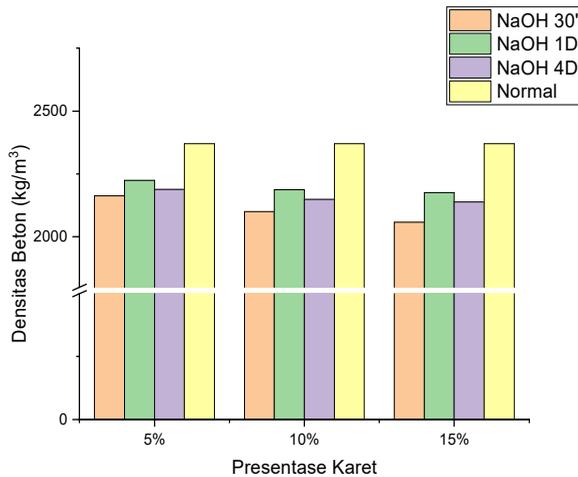
Nilai densitas beton tertinggi yaitu pada beton normal tanpa campuran karet sebesar  $2370,06 \text{ kg/m}^3$ . Nilai densitas beton

dengan campuran karet mengalami penurunan dibandingkan beton normal tanpa campuran karet. Nilai densitas beton campuran karet yang mengalami penurunan terendah pada komposisi 5% dengan waktu perendaman 1 hari yaitu sebesar 2162,42 kg/m<sup>3</sup>. Penurunan densitas beton tertinggi pada komposisi karet 15 % dengan waktu perendaman selama 4 hari yaitu sebesar 2138,85 kg/m<sup>3</sup>

**Tabel 4.7** Hasil pengujian densitas

<b>Keterangan</b>	<b>Massa (kg)</b>	<b>Massa Jenis (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Beton Normal	3,721	2370,06
CR5NH30"	3,395	2162,42
CR10NH30"	3,298	2100,64
CR15NH30"	3,232	2058,60
CR5NH1D	3,493	2224,84
CR10NH1D	3,435	2187,90
CR15NH1D	3,416	2175,80
CR5NH4D	3,436	2188,54
CR10NH4D	3,375	2149,68
CR15NH4D	3,358	2138,85

Pengaruh presentase komposisi karet dengan nilai densitas beton dapat dilihat pada gambar 4.3. Dari gambar 4.3 diperoleh hasil bahwa nilai densitas turun seiring bertambahnya presentase campuran karet dalam beton. Densitas tertinggi pada komposisi campuran karet 5%. Sedangkan densitas terendah pada komposisi campuran karet 15 %. Hal tersebut disebabkan karena semakin banyak presentase campuran karet dalam satu volume beton maka massanya semakin ringan. Dilihat dari waktu perendaman karet dalam larutan NaOH, waktu perendaman karet selama 1 hari memiliki nilai densitas tertinggi.



**Gambar 4.3** Pengaruh presentase karet dengan nilai densitas beton

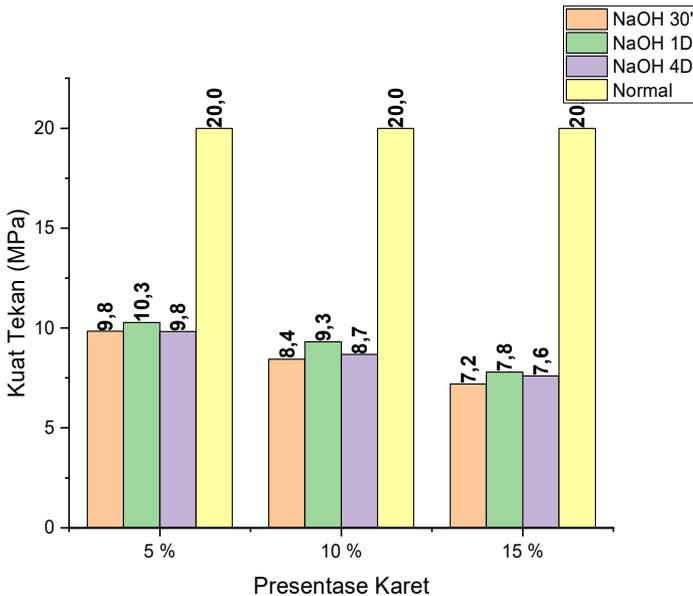
#### 4.5 Kuat Tekan

Pada pengujian ini beton normal tanpa campuran karet dijadikan sebagai variabel kontrol. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.8

**Tabel 4.8** Hasil pengujian kuat tekan

Keterangan	f'c (MPa)
Beton Normal	20,000
CR 5% NaOH 30"	9,837
CR 10% NaOH 30"	8,441
CR 15% NaOH 30"	7,196
CR 5% NaOH 1D	10,279
CR 10% NaOH 1D	9,313
CR 15% NaOH 1D	7,802
CR 5% NaOH 4D	9,821
CR 10% NaOH 4D	8,673
CR 15% NaOH 4D	7,594

Pengujian kuat tekan beton dengan campuran remahan karet diharapkan dapat memperbaiki sifat getas beton sehingga meningkatkan kuat lentur dan kuat tekan beton. Beton karet yang diuji divariasikan komposisi dan perlakuan terhadap remahan karet sebagai campuran beton. Pengaruh komposisi dan waktu perendaman dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5

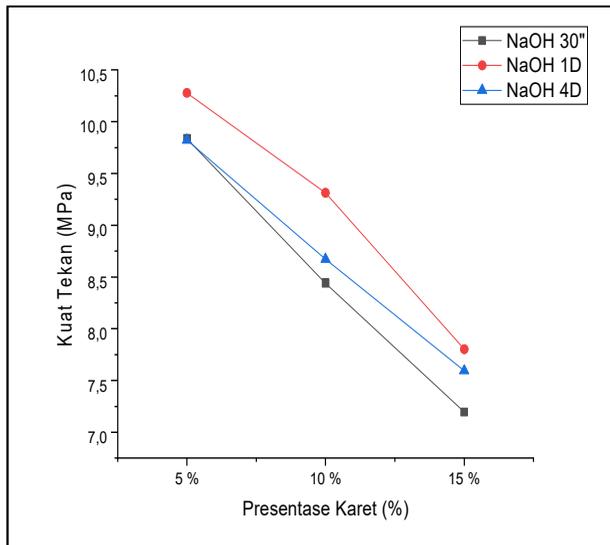


**Gambar 4.4** Pengaruh komposisi remahan karet terhadap kuat tekan

Dari gambar 4.4 dapat diketahui bahwa beton dengan penambahan karet mengalami penurunan kuat tekan jika dibandingkan dengan beton normal tanpa penambahan karet. Semakin banyak campuran remahan karet dalam beton maka kuat tekan semakin turun. Beton dengan komposisi campuran 15 % mengalami penurunan kuat tekan tertinggi. Beton dengan komposisi campuran remahan karet 5 % mengalami penurunan kuat tekan terendah. Dengan kata lain, beton karet dengan

komposisi campuran 5% memiliki kuat tekan tertinggi dari pada beton karet dengan komposisi campuran 10% dan 15%. Penurunan kuat tekan beton karet dengan variasi komposisi ini dapat disebabkan karena campuran yang tidak homogen dan lemahnya ikatan karet dengan pasta semen.

Pada beton karet variasi 5% terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar 50,8% untuk variasi waktu perendaman selama 30 menit, 48,6% pada variasi waktu 1 hari dan 50,9% untuk variasi waktu selama 4 hari. Prosentase penurunan nilai kuat tekan beton terbesar terjadi pada variasi *crumb rubber* 15% dengan variasi waktu perendaman selama 30 menit dengan nilai prosentase penurunan mencapai 64%.



**Gambar 4.5** Pengaruh variasi waktu perendaman karet dalam larutan NaOH

Dari gambar 4.6 diketahui bahwa beton karet dengan variasi waktu perendaman karet dalam larutan NaOH selama 1 hari memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Waktu perendaman karet dalam larutan NaOH selama 30 menit menghasilkan beton karet dengan

kuat tekan terendah. Oleh karena yaitu waktu yang optimal untuk melakukan premdaman remahan karet dalam larutan NaOH yaitu selama 1 hari.

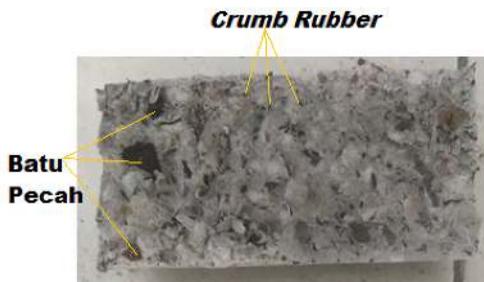
#### 4.6 Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tarik belah dapat diamati pada tabel 4.9 sebagai berikut:

**Tabel 4.9** Hasil pengujian kuat tarik belah

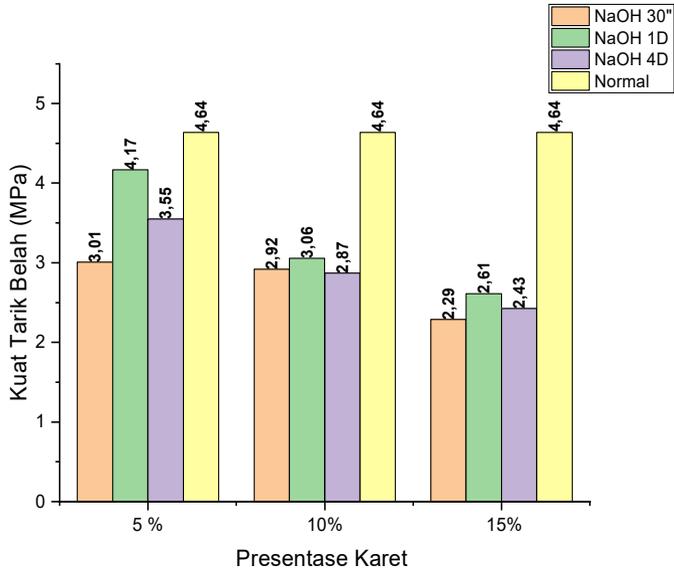
<b>Keterangan</b>	<b>Fct (MPa)</b>
Beton Normal	4,639
CR 5% NaOH 30"	2,286
CR 10% NaOH 30"	2,919
CR 15% NaOH 30"	3,007
CR 5% NaOH 1D	2,613
CR 10% NaOH 1D	3,058
CR 15% NaOH 1D	4,169
CR 5% NaOH 4D	2,426
CR 10% NaOH 4D	2,871
CR 15% NaOH 4D	3,548

Pengujian kuat tarik belah ini benda uji akan terbelah menjadi dua secara horisontal seperti pada gambar 4.6



**Gambar 4.6** Hasil benda uji pada pengujian kuat tarik belah

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa sebaran komposisi agregrat dalam beton merata keseluruhan bagian. Sehingga campuran beton karet adalah homogen.



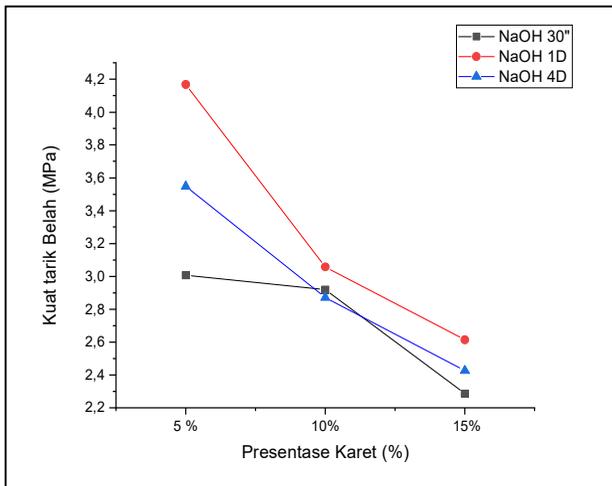
**Gambar 4.7** Perbandingan presentase karet dengan nilai kuat tarik belah

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa semakin banyak komposisi remahan karet dalam campuran beton maka kuat tarik belah semakin turun seperti halnya pada kuat tekan. Hal tersebut dapat terjadi karena sebenarnya pada prinsipnya pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah yaitu sama dengan memberikan beban pada benda uji. Namun posisinya saja yang berbeda yaitu secara vertikal dan horizontal. Sehingga jika hasil pengujian kuat tekan turun maka nilai kuat tarik belahnya juga turun.

Beton dengan komposisi campuran 15% mengalami penurunan kuat tarik belah tertinggi. Beton dengan komposisi campuran remahan karet 5% mengalami penurunan kuat tarik

belah terendah. Dengan kata lain, beton karet dengan komposisi campuran 5% memiliki kuat tarik belah tertinggi dari pada beton karet dengan komposisi campuran 10% dan 15%. Penurunan kuat tarik belah beton karet dengan variasi komposisi ini dapat disebabkan lemahnya ikatan karet dengan pasta semen.

Pada beton karet variasi 5% terjadi penurunan nilai kuat tarik belah sebesar 35,12% untuk variasi waktu perendaman selama 30 menit; 10,13% pada variasi waktu 1 hari dan 23,49% untuk variasi waktu perendaman selama 4 hari. Prosentase penurunan nilai kuat tarik belah beton terbesar terjadi pada variasi *crumb rubber* 15% dengan variasi waktu perendaman selama 30 menit dengan nilai prosentase penurunan mencapai 50,64%.



**Gambar 4.8** Pengaruh komposisi karet terhadap kuat tarik belah

Dari gambar 4.8 diketahui bahwa beton karet dengan variasi waktu perendaman karet dalam larutan NaOH selama 1 hari memiliki nilai kuat tarik belah tertinggi. Waktu perendaman selama 30 menit cenderung memiliki nilai kuat tarik belah terendah. Oleh karena itu dalam penelitian ini, waktu yang optimal untuk melakukan perendaman remahan karet dalam larutan NaOH yaitu selama 1 hari.

#### 4.7 Modulus Elastisitas

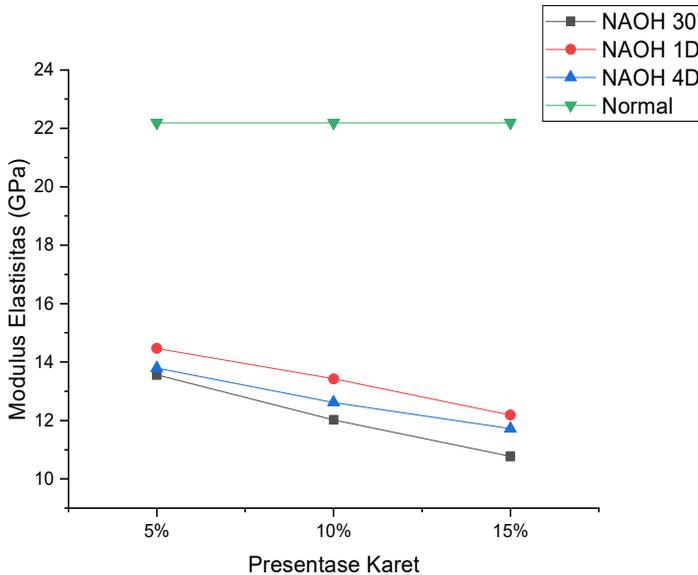
Hasil analisis pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat pada tabel 4.10. Modulus elastisitas dianalisa berdasarkan nilai kuat tekan maksimum dan massa jenis pada beton.

**Tabel 4.10** Hasil analisis pengujian modulus elastisitas

Keterangan	Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)
NC	2370,06	20,00	22,188
CR5NH30"	2162,42	9,84	13,561
CR10NH30"	2100,64	8,44	12,027
CR15NH30"	2058,60	7,20	10,773
CR5NH1D	2224,84	10,28	14,467
CR10NH1D	2187,90	9,31	13,429
CR15NH1D	2175,80	7,80	12,189
CR5NH4D	2188,54	9,82	13,797
CR10NH4D	2149,68	8,67	12,621
CR10NH4D	2138,85	7,59	11,721

Dari gambar 4.9 dapat diketahui bahwa nilai modulus elastisitas pada beton karet menurun dibandingkan dengan beton normal tanpa campuran karet. Modulus elastisitas tertinggi beton karet yaitu pada komposisi campuran karet 5%. Komposisi campuran karet 15% memiliki nilai modulus elastisitas yang terendah.

Pada beton karet variasi 5% terjadi penurunan nilai modulus elastisitas sebesar 38,88% untuk variasi waktu perendaman selama 30 menit; 34,80% pada variasi waktu 1 hari dan 37,82% untuk variasi waktu perendaman selama 4 hari. Prosentase penurunan nilai modulus elastisitas beton terbesar terjadi pada variasi *crumb rubber* 15% dengan variasi waktu perendaman selama 30 menit dengan nilai prosentase penurunan mencapai 51,44%.



**Gambar 4.9** Perbandingan presentase karet dengan nilai modulus elastisitas

#### 4.8 Interpretasi Hasil Analisis

Dari hasil pengujian densitas seiring dengan penambahan komposisi karet dalam campuran beton maka nilai densitas makin turun. Pengurangan nilai densitas beton karet ini berkaitan dengan sifat fisik karet. Karet memiliki densitas yang lebih rendah dari pasir alami yaitu berkisar  $1,1 \text{ g/cm}^3$  [11]. Remahan karet tersebut menempati volume yang besar sebagai agregat halus pada beton sehingga menurunkan densitas beton karet.

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa kuat tekan beton karet mengalami penurunan 48,6-64% dari kuat tekan beton normal. Penurunan kuat tekan beton karet terus bertambah seiring dengan bertambahnya komposisi karet. Nilai kuat tarik belah juga mengalami penurunan 10,13-50,64% dari nilai kuat tarik belah beton normal. Presentase penurunan kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan penurunan kuat tarik belah sehingga beton

karet lebih tahan terhadap pembebanan non-struktural. Oleh karena itu, beton karet lebih cocok digunakan untuk konstruksi bangunan non-struktural seperti alas rel kereta api, alas pipa parit, dan sebagai paving.

Berbeda dengan hipotesa sebelum melakukan penelitian, bahwa karet yang memiliki sifat lentur, ternyata tidak mampu meningkatkan nilai kuat tarik belah dan kuat tekan. Hal ini disebabkan oleh lemahnya ikatan karet dengan campuran lain sehingga menyebabkan terbentuknya rongga pada beton. Serta permukaan karet yang licin dan tidak dapat menyerap air, sehingga tidak bisa terikat secara sempurna dengan beton. Hal tersebut dibuktikan dengan adanya pori-pori pada seluruh benda uji beton karet. Larutan NaOH yang digunakan untuk memperbaiki ikatan karet dan pasta semen dalam beton tidak signifikan untuk memperbaiki ikatan tersebut. Sehingga nilai kuat tekan dan kuat tarik belah menurun. Dalam penelitian ini waktu yang paling optimal untuk melakukan perendaman karet dalam larutan NaOH yaitu selama 1 hari dengan konsentrasi larutan 10%. Waktu perendaman yang terlalu singkat tidak dapat mengubah permukaan karet dan waktu perendaman yang terlalu lama menyebabkan permukaan karet terlalu kasar dan dapat merusak karet. Selain itu permukaan yang terlalu kasar memungkinkan terbentuknya rongga-rongga udara di dalam karet [12].

Hasil analisa modulus elastisitas beton karet mengalami penurunan jika dibandingkan dengan beton normal. Presentase penurunan nilai modulus elastisitas beton karet sebesar 34,80-51,44% dibandingkan dengan beton normal tanpa campuran karet. Nilai modulus elastisitas beton berhubungan erat dengan kekakuan suatu bahan. Semakin kecil nilai kuat tekan beton maka beton itu memiliki modulus elastisitas yang rendah pula. Semakin kecil modulus elastisitas, maka kekakuan bahan akan menurun. Kekakuan yang kecil berakibat pada peningkatan daktilitas beton, sehingga saat menerima gaya maksimum beton tidak hancur seketika melainkan akan mengalami deformasi beberapa saat hingga mengalami kehancuran total. Sehingga beton karet lebih lentur dari pada beton normal tanpa campuran karet.

Pada penelitian ini komposisi terbaik untuk campuran beton limbah karet yaitu sebesar 5%. Pada komposisi 5% nilai kuat tekan 9,834 MPa untuk variasi waktu perendaman selama 30 menit; 10,279 MPa variasi waktu perendaman selama 1 hari dan 9,821 MPa untuk variasi waktu perendaman selama 4 hari. Nilai kuat tarik belah pada komposisi 5% yaitu 2,286 MPa untuk variasi waktu perendaman selama 30 menit; 2,613 MPa variasi waktu perendaman selama 1 hari dan 2,426 MPa untuk variasi waktu perendaman selama 4 hari. Modulus elastisitas pada komposisi karet 5% yaitu 13,561 GPa untuk variasi waktu perendaman selama 30 menit; 14,467 GPa variasi waktu perendaman selama 1 hari dan 13,797 GPa untuk variasi waktu perendaman selama 4 hari. Dalam penelitian ini waktu yang optimal untuk melakukan perendaman karet dalam larutan NaOH yaitu selama 1 hari.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Semakin banyak penambahan komposisi *crumb rubber* pada beton menurunkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Komposisi terbaik campuran beton limbah karet yaitu 5% dengan nilai kuat tekan 10,279 MPa, kuat tarik belah 2,613 MPa dan modulus elastisitas 14,46 GPa
- b. Waktu perendaman dalam larutan NaOH yang terlalu singkat tidak dapat mengubah permukaan ksaret dan waktu perendaman yang terlalu lama menyebabkan permukaan karet terlalu kasar dan dapat merusak karet Waktu yang optimal untuk melakukan prendaman remahan karet dalam larutan NaOH yaitu selama 1 hari.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Vessalas, “Enhancing mechanical performance of rubberised concrete pavements with sodium hydroxide treatment,” *J.Material. Structure.*, **vol.49** pp. 813–827, 2016.
- [2] M. Vebrianto, “*Karet dan aplikasinya pada bangunan teknik sipil*,” in Yogyakarta: Harvest Publication, 2006.
- [3] O. Youssf and M. ElGawady, “An overview of sustainable concrete made with scrap rubber,” in *22nd Australasian Conference on Mechanics of Structures and Materials*, Sydney, NSW, Australia, 2013.
- [4] A. R. Khaloo, M. Dehestani, and P. Rahmatabadi, “Mechanical properties of concrete containing a high volume of tire – rubber particles,” *J.Waste Manag.*, **vol. 28**, no. 12, pp. 2472–2482, 2008.
- [5] N. Segre and I. Joekes, “Use of tire rubber particles as addition to cement paste,” *J.Cem. Concr. Res.*, **vol.30**, no 9, pp. 1421-1425, 2000.
- [6] W. D. Callister, “*Materials science and engineering: An introduction (7nd edition)*,” New York: John Wiley&Sons.Inc., 2007.
- [7] N. Nayiroh, “*Teknologi Material Komposit*,” Universitas Islam Negeri Malang, Bahan Ajar, 2017, pp. 2–6.
- [8] S. Hidayat, *Semen: Jenis dan Aplikasinya*, Cetakan I. Jakarta: PT Kawan Pustaka, 2009.
- [9] R. R. Irawan, “Kajian Sifat Kimia, Fisika, Dan Mekanik Semen Portland Di Indonesia,” *J. Jalan-Jembatan*, **vol. 34**, no. 2, pp. 79–90, 2017.
- [10] T. Mulyono, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit C.V Andi Offset, 2003.
- [11] A. Rohmad, H. Sukanto, and W. W. Raharjo, “Karakterisasi Produk Ubin Berbahan Dasar Plastik PP dan Karet Ban Bekas Dengan Metode Pressured Sintering,” *J.Mekanika*, **vol. 11**, no. 2, pp. 123–129, 2013.
- [12] M. Elchalakani, M. F. Hassanein, A. Karrech, and B. Yang,

- “Experimental investigation of rubberised concrete-filled double skin square tubular columns under axial compression,” *J.Eng. Struct.*, **vol. 171**, pp. 730-746, 2018.
- [13] G. Riana,dkk,“Pengaruh H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Konsentrasi NaOH dan Waktu terhadap Derajat Putih Pulp dari Mahkota Nanas,” *J. Tek. Kim.*, **vol. 18**, no. 3, pp. 25–34, 2013.

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 15 Desember 1995 di Sukoharjo, Jawa Tengah. Penulis menempuh pendidikan di SDN Negeri Bejen II (2002-2008), SMPN 2 Karanganyar (2008-2011), SMAN 1 Karanganyar (2011-2014) dan (2014-2017) D3 Metrologi dan Instrumentasi UGM. Penulis melanjutkan studi jenjang S-1 di Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Bidang minat yang diambil penulis adalah rekayasa bahan. Penulis mengambil kerja praktik di Fisika LIPI selama 1 bulan. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* [esti.panuntun@gmail.com](mailto:esti.panuntun@gmail.com).