

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN BEBAN TARIK DAN  
WAKTU PADA BETON LIMBAH BATU BATA TAHAN API  
JENIS ALUMINA SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**Muh Fazil  
D011191012**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### STUDI EKSPERIMENTAL HUBUNGAN BEBAN TARIK DAN WAKTU PADA BETON LIMBAH BATU BATA TAHAN API JENIS ALUMINA SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR

Disusun dan diajukan oleh

**MUH FAZIL**  
**D011 19 1012**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 02 Agustus 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**

NIP: 196805292002121002

Pembimbing Pendamping,



**Dr.Eng. Muhammad Akbar Caronge, ST,M.Eng**

NIP: 198604092019043001

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**

NIP. 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muh Fazil  
NIM : D011191012  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Studi Eksperimental Hubungan Beban Tarik dan Waktu Pada Beton Limbah Batu Bata Tahan Api Jenis Alumina Sebagai Pengganti agregat kasar}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Muh Fazil

## ABSTRAK

**Muh Fazil.** Studi Eksperimental Hubungan Beban dan waktu pada Beton yang Terbuat dari Limbah Batu Bata Tahan Api Jenis Alumina (dibimbing oleh Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng dan Dr. Eng. M. Akbar Caronge, ST., MT.,)

Batu bata tahan api adalah bahan padat yang dapat menahan suhu tinggi. Batu bata tahan api dipasang pada dinding dan lantai tungku pembakaran untuk memberikan insulasi termal yang baik. Secara umum, ketika batu bata tahan api telah habis masa pakainya, maka akan dibongkar dan diganti dengan yang baru. Dalam hal ini, sekitar 28 juta ton limbah bata tahan api dihasilkan setiap tahun, sehingga pemindahan dan pembuangan bata tahan api ini menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Penggunaan batu bata tahan api sebagai pengganti agregat dapat mengurangi pencemaran lingkungan, salah satu industri yang memakai batu bata tahan api adalah PT. Vale Indonesia Tbk. ketika habis masa pakainya maka akan diganti, sehingga batu bata tahan api dikategorikan sebagai limbah. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku hubungan beban tarik dan waktu pada beton substitusi agregat kasar batu bata tahan api jenis alumina. Penelitian ini dilakukan di Lab.Riset Eco Material Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan bahan penyusun beton berupa agregat kasar, agregat halus, agregat batu bata tahan api, semen dan air. Benda uji beton adalah benda uji silinder ukuran 10 x 20 dengan rancangan campuran beberapa variasi yaitu beton normal sebagai kontrol, dan 15% RB, 30% RB, 50% RB. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian kuat tarik belah. Hasil penelitian yakni berdasarkan grafik hubungan beban tarik dan waktu yang terbentuk dapat dilihat bahwa hubungan beban dengan waktu campuran pada refraktori brick roof sebagai pengganti agregat kasar menunjukkan beban semakin meningkat hingga mencapai nilai maksimum dan menurun secara perlahan hingga benda uji mengalami kegagalan seiring dengan bertambahnya waktu.

Kata Kunci: Batu bata tahan api, Kuat Tarik, Waktu.

## ABSTRACT

**Muh Fazil.** *Eksperimental Study of Load and the time relationships in concrete made from waste Alumina Refractory Bricks* (Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng dan Dr. Eng. M. Akbar Caronge, ST., MT.,)

Refractory bricks are a dense material that can withstand high temperatures. Refractory bricks are laid on the walls and floor of the kiln to provide good thermal insulation. In general, when the refractory bricks have reached the end of their useful life, they will be dismantled and replaced with new ones. In this regard, approximately 28 million tons of waste refractory bricks are generated annually, so the removal and disposal of these refractory bricks generates large amounts of waste. The use of refractory bricks as a substitute for aggregate can reduce environmental pollution, one of the industries that use refractory bricks is PT. Vale Indonesia Tbk. when it expires it will be replaced, so that refractory bricks are categorized as waste. The purpose of this study was to analyze the behavior of the relationship between tensile load and time on coarse aggregate substitution concrete for alumina refractory bricks. This research was conducted at the Eco Materials Research Lab, Faculty of Engineering, Hasanuddin University with concrete constituents in the form of coarse aggregate, fine aggregate, refractory brick aggregate, cement and water. The concrete sample was a 10 x 20 cylindrical concrete sample with a mixed design of several variations, namely normal concrete as a control, and 15% RB, 30% RB, 50% RB. The test was carried out in the form of a split tensile strength test. The results of the study, namely based on the graph of the relationship between tensile load and time formed, it can be seen that the relationship between load and time of the mixture on a refractory brick roof as a substitute for coarse aggregate shows that the load increases until it reaches the maximum value and decreases slowly until the test object fails with increasing time.

Keywords : Refractory bricks, Tensile Strength, Time.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Beton .....	6
2.2 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2.1 Refractory Brick.....	7
2.2.2 Kuat Tarik .....	10
2.3 Bahan penyusun beton .....	11
2.3.1 Limbah Batu Bata Tahan Api Jenis Alumina .....	11
2.3.2 Semen.....	12
2.3.3 Agregat.....	15
2.3.3.1 Agregat Kasar.....	16
2.3.3.2 Agregat Halus.....	17
2.3.4 Air .....	19
2.4 Sifat – Sifat Mekanis Beton .....	21
2.4.1 Kuat Tarik.....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	22
3.2 Lokasi Penelitian.....	24
3.3 Metode Penelitian dan Sumber Data.....	24
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.5 Pemeriksaan Karakteristik Material .....	26
3.6 Pembuatan Benda Uji.....	26
3.7 Metode Pemeriksaan <i>Slump Test</i> .....	27
3.8 Perawatan ( <i>Curing</i> ) Benda Uji.....	27
3.9 Pengujian Benda Uji .....	28
3.9.1 Pengujian Kuat Tarik .....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Pengujian Karakteristik Material .....	29
4.1.1 Agregat Kasar.....	29
4.1.1.1 Batu Pecah 10 – 20 mm .....	29

4.1.1.2 Batu Pecah 20 - 30 mm .....	30
4.1.1.3 Refraktori Brick Roof .....	30
4.1.2 Agregat Halus.....	31
4.2 Rancangan Campuran Beton.....	32
4.3 Hubungan Beban dan Waktu Campuran <i>refraktori brick Roof</i> Akibat Beban Tarik (21 Mpa).....	33
4.4 Hubungan Beban dan Waktu Campuran <i>refraktori brick Roof</i> Akibat Beban Tarik (25 Mpa).....	36
4.5 Waktu Puncak .....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA .....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bagan Alir Penelitian .....	23
Gambar 2. Material Beton ( a. <i>Refractory brick</i> Lolos saringan $\frac{3}{4}$ mm; b. Agregat kasar ukuran 20-30 mm(G2); c. Agregat kasar ukuran 10-20 mm (G1); d. Agregat Halus; e. Semen Portland; f. Air bersih. )... 25	25
Gambar 3. Curing air benda uji.....	27
Gambar 4. Pengujian tarik belah.....	28
Gambar 5. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton normal A-0 ( $f'c = 21$ MPa) umur 28 hari .....	33
Gambar 6. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton <i>Refractory brick</i> A-15 ( $f'c = 21$ MPa) umur 28 hari .....	34
Gambar 7. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton <i>Refractory brick</i> A-30 ( $f'c = 21$ MPa) umur 28 hari .....	35
Gambar 8. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton <i>Refractory brick</i> A-50 ( $f'c = 21$ MPa) umur 28 hari .....	36
Gambar 9. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton normal A-0 ( $f'c = 25$ MPa) umur 28 hari .....	36
Gambar 10. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton <i>Refractory brick</i> A-15 ( $f'c = 25$ MPa) umur 28 hari .....	37
Gambar 11. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton <i>Refractory Brick</i> A-30 ( $f'c = 25$ MPa) umur 28 hari .....	38
Gambar 12. Hubungan beban dan waktu untuk sampel beton <i>Refractory Brick</i> A-50 ( $f'c = 25$ MPa) umur 28 hari .....	39
Gambar 13 Hasil Analisa waktu puncak 21 Mpa .....	40
Gambar 14 Hasil Analisa waktu puncak 25 Mpa .....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Bahan Baku <i>Refractory</i> Jenis Netral.....	12
Tabel 2 Syarat Gradasi Agregat Sesuai ASTM C-33.....	17
Tabel 3 Gradasi Agregat Halus .....	19
Tabel 4 Stadar Pengujian Karakteristik.....	26
Tabel 5 Hasil pemeriksaan karakteristik batu pecah (10 – 20 mm).....	29
Tabel 6 Hasil pemeriksaan karakteristik batu pecah (20 – 30 mm).....	30
Tabel 7 Hasil pemeriksaan karakteristik refraktori brick Roof.....	30
Tabel 8. Hasil pemeriksaan karakteristik pasir .....	31
Tabel 9. Komposisi campuran beton.....	32

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

---

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
<i>F<sub>ct</sub></i>	Kuat tarik beton (MPa atau N/mm <sup>2</sup> ).
P	adalah beban maksimum (N)
L	Panjang benda uji (mm)
D	Diameter benda uji (mm)
RB	<i>Refractory bricks</i>

---

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Persiapan Material.....	46
Lampiran 2 Dokumentasi Pembuatan Benda Uji.....	47
Lampiran 3 Dokumentasi Perawatan Benda Uji.....	48
Lampiran 4 Dokumentasi Pengujian.....	49
Lampiran 5 Dokumentasi Setelah pengujian .....	50

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'aalamin, atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan oleh Allah Subhanahu wata'ala, maka penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT.,IPM., ASEAN.Eng. .**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
3. **Bapak Dr. Eng. M. Akbar Caronge, ST., MT.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini
4. **Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST., MT.**, selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis pesembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Tajuddin**, dan Almarhuma ibunda **Hajrah**, beserta seluruh keluarga, atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun materi.
2. Saudara-saudari tercinta **Johari, Rasni, Haslina** dan **Enny Heriany** yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Keluarga besar DS **Adrian, Yayat, Bombom, Iot, Tapa, King, Mikey, Condriano, Aztec, Didi, Hc, Davinci, Alex, Aman dan Yuno**, yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah, dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Teman-teman asisten Laboratorium Struktur dan Bahan, yang selalu senantiasa meluangkan waktu untuk penulis, selama proses penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
5. Seluruh rekan-rekan di Laboratorium Riset Eco Material, yang senantiasa memberikan semangat dan memberi warna kebersamaan di Lab.
6. Saudara-saudariku seangkatan 2019 Teknik Sipil dan Lingkungan, PORTLAND 2020 yang telah memberi warna dalam perjalanan perkuliahan saya.

Gowa, 01 Maret 2023

Penulis

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman era globalisasi yang semakin maju menimbulkan perkembangan industri konstruksi yang semakin pesat. Perkembangan industri konstruksi diperlukan agar kebutuhan akan bahan yang dibutuhkan tersedia dengan mudah dan cepat. Beton adalah salah satu teknologi konstruksi dalam disiplin ilmu bahan yang selalu berkembang hingga saat ini. Sering kali bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan beton secara masif diberbagai daerah menimbulkan kerusakan alam. Kontribusi limbah beton terhadap timbunan sampah konstruksi cukup besar. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya aktifitas konstruksi bangunan. Di Indonesia, limbah konstruksi biasanya tidak dimanfaatkan dengan baik sebagian besar dibuang begitu saja di lahan terbuka dan beberapa digunakan sebagai bahan urugan. Ketersediaan material tersebut sangat banyak sehingga potensi untuk mendaur ulang sangat mungkin untuk dilakukan.

Beton adalah bahan konstruksi yang banyak digunakan memiliki 75% volume yang ditempati oleh agregat, dimana 45% adalah agregat kasar (MS Meddah, S,2010). Beton sering dipandang sebagai tempat potensial untuk limbah industri, karena sifatnya yang komposit (pengikat, air dan agregat) dan banyak digunakan, yang berarti bahwa jika limbah industri dapat digunakan dalam beton, maka tentu besar jumlah yang dapat didaur ulang. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan kembali limbah industri agar dapat digunakan sebagai salah satu bahan penyusun beton. Limbah industri tersebut antara lain *fly ash* (abu terbang), *refractory brick* (batu bara tahan api) dan sebagainya. Dari segi nilai ekonomi dapat dikatakan bahwa bahan limbah tersebut tidak ada nilainya, namun jika bahan limbah tersebut digunakan dalam campuran beton pada konstruksi bangunan akan memberikan dampak baik yaitu meningkatkan daya tahan beton dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah dalam perkembangan industri konstruksi. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah

dengan menggunakan kembali limbah batu bata tahan api. Hal ini menjadi sangat menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang. Sehingga pemanfaatan kembali limbah batu bata tahan api akan mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan tiap tahunnya.

Refraktori (batu bata tahan api) adalah bahan anorganik bukan logam yang sukar leleh pada temperatur tinggi dan digunakan dalam industri temperatur tinggi seperti bahan tungku, dan sebagainya. Material refraktori sangat diperlukan untuk banyak industri proses. Material ini melapisi furnace, tundish, ladle dan sebagainya. Material ini juga digunakan sebagai nozzle, spout, dan sliding gate. Biaya untuk pembelian dan instalasi refraktori adalah faktor yang menentukan dalam biaya proses secara keseluruhan. Kegagalan (failure) material refraktori ketika digunakan dalam suatu proses dapat berarti suatu bencana. Material refraktori diharapkan dapat tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap korosi slag cair, logam cair dan gas-gas agresif, siklus termal (thermal cycling), tahan terhadap benturan dan abrasi dengan hanya sedikit perawatan. Refraktori didefinisikan sebagai material konstruksi yang mampu mempertahankan bentuk dan kekuatannya pada temperatur sangat tinggi dibawah beberapa kondisi seperti tegangan mekanik (mechanical stress) dan serangan kimia (chemical attack) dari gas-gas panas, cairan atau leburan dan semi leburan dari gelas, logam atau slag.

Sekitar 28 juta ton limbah batu bata tahan api dihasilkan setiap tahun, sehingga pemindahan dan pembuangan bata tahan api ini menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Batu bata tahan api adalah bahan padat yang dapat menahan suhu tinggi. Batu bata tahan api dipasang pada dinding dan lantai tungku pembakaran untuk memberikan insulasi termal yang baik. Secara umum, ketika batu bata tahan api telah habis masa pakainya, maka akan dibongkar dan diganti dengan yang baru. (Samya Hacemi, Muhammed Khatab.dkk 2022)

Salah satu industri yang menggunakan batu bata tahan api atau *refractory brick* adalah PT. Vale Indonesia Tbk. Saat ini jumlah dinding tungku pembakaran di PT. Vale Indonesia Tbk yang dihasilkan mencapai sekitar 4500 ton per tahun, atau sebesar 150 m<sup>3</sup>, dimana dinding tungku pembakaran tersebut dikategorikan sebagai limbah. Salah satu jenis batu bata tahan api adalah jenis alumina, batu bata tahan api ini terletak pada lapisan dalam pada tungku pembakaran dengan masa

pakai selama empat tahun. Sehingga pembuangan limbah refraktori batu bata akan mempengaruhi lingkungan sekitar pertambangan.

Menggunakan limbah batu bata tahan api sebagai pengganti agregat bahan untuk membuat beton dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan membantu melindungi bahan mentah. Penggunaan batu bata tahan api sebagai pengganti agregat sebagai bahan untuk membuat beton akan memberi dampak ekonomi yang besar baik bagi perusahaan, pemerintah dan masyarakat sekitar jika mampu digunakan secara meluas. Dalam literatur, masih terdapat kegiatan penelitian yang terbatas mengenai sifat mekanik dan fisik beton yang dibuat dengan limbah batu bata tahan api sebagai agregat (kasar dan halus), untuk itu diperlukan penelitian terhadap beton yang dibuat dengan limbah batu bata tahan api.

Salah satu perilaku mekanik yang dimiliki oleh beton adalah kuat tarik yang dapat diketahui dari pengujian kuat tarik belah. Perilaku hubungan beban tarik dan waktu yang terjadi pada suatu material termasuk beton ketika merespons beban merupakan parameter yang penting untuk diketahui. Kemampuan Tarik beton sangat erat hubungannya dengan perilaku bahan beton yang getas. Sifat getas ini disebabkan oleh regangan hancur beton yang hanya mencapai nilai antara 0.001 sampai 0.005. kemampuan Tarik bahan produk-produk semen sejenis ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan kemampuan Tarik bahan homogen. Kemampuan Tarik beton penting pada perencanaan konstruksi seperti jalan raya pada perkerasan *rigid pavement*, perkerasan lapangan terbang, Analisa retak, dan terlebih lagi pada perencanaan beton prategang dimana seluruh Analisa didasarkan pada penampang utuh. Kekuatan Tarik beton dapat ditentukan dengan beberapa metoda pengujian yang berberda yaitu, pertama pegujian lentur (Modulus of Rupture Test) ialah melalui percobaan lentur yang paling sering digunakan dalam menentukan kekuatan tarik beton dimana beban diterapkan yang selanjutnya dapat dihitung dengan rumus balok biasa, kedua pengujian belah (Split Cylinder) yaitu pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya untuk mendapatkan apa yang disebut kuat tarik belah dan ketiga yaitu pengujian Tarik langsung (Direct Tensile) dimana sebuah batang beton diberi gaya aksial tarik sampai batang beton runtuh. Nilai kuat Tarik yang diperoleh berbeda, tergantung dari metoda pengujiannya, sehingga rasio kuat Tarik/ kuat tekan pun bervariasi. Kuat tarik beton

bervariasi antara 9% sampai 15% dari kuat tekannya. Alasan utama dari kuat tarik yang kecil ini adalah kenyataan bahwa beton dipenuhi oleh retak-retak halus. Retak-retak ini tidak berpengaruh besar bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan retak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekanan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dilakukan penelitian dengan judul :

**“Studi Eksperimental Hubungan Beban Tarik dan Waktu Pada Beton  
Limbah Batu Bata Tahan Api Jenis Alumina Sebagai Pengganti agregat  
kasar”**

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang terkait, maka penelitian ini dilaksanakan dalam upaya mencari Perilaku hubungan Beban Tarik dengan waktu substitusi agregat kasar *refractory bricks* jenis alumina.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk mengamati perilaku hubungan beban tarik dengan waktu pada beton substitusi agregat kasar *refractory bricks* jenis alumina.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan referensi terkait dengan studi eksperimental Beban tarik dengan waktu dalam penggunaan batu bata tahan api sebagai agregat dalam pembuatan beton.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Agar penelitian berjalan dengan baik dan terarah, maka penulis memberikan batasan masalah dalam melaksanakan penelitian, sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan limbah batu bata tahan api jenis alumina.
2. Penelitian menggunakan cetakan silinder (tinggi 20 cm diameter 10 cm).
3. Pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari pada kondisi curing air.

4. Pengujian dilakukan di laboratorium yang sesuai dengan standar resmi dan akan didapatkan hasil pengujian yang diharapkan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pengertian Beton**

Menurut SNI 2847:2019 beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Pada dasarnya, beton terdiri dari agregat, semen hidrolis, air, dan boleh mengandung bahan bersifat semen lainnya dan atau bahan tambahan kimia lainnya. Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mempercepat, memperlambat, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan.

Kualitas beton yang dihasilkan dari campuran bahan-bahan dasar penyusun beton meliputi kekuatan dan keawetan. Sifat-sifat sangat ditentukan oleh sifat penyusunnya, cara pengadukan, cara pengerjaan selama penuangan adukan beton ke dalam cetakan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Beton mempunyai karakteristik yang spesifikasinya terdiri dari beberapa bahan penyusun.

Menurut Tjokrodimuljo (2007) beton memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut.

#### **1. Kelebihan**

- a. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.

- b. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
- c. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
- d. Pengerjaan (*workability*) mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

## 2. Kekurangan

- a. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
- b. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
- c. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi

## 2.2 Penelitian Terdahulu

### 2.2.1 Refractory Brick

Ardalan Baradaran (2017) melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu tinggi pada sifat mekanik beton agregat bata tahan api dan semen aluminat, pada penelitian ini menggunakan agregat yang dihasilkan oleh penghancuran batu bata tahan api, kemudian dibuat 210 benda uji dengan rasio penggantian 0, 25, 50, 75, dan 100% agregat halus bata tahan api sebagai pengganti pasir alam. Benda uji dibuat dalam dua kelas, yaitu benda uji yang mengandung semen Portland biasa

dan yang mengandung semen kalsium aluminat. Sifat fisiko-mekanis benda uji beton meliputi kuat tekan, modulus elastisitas, dan kehilangan berat beton setelah dipaparkan pada suhu 110°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C, dan 1000°C, serta porositasnya. penyerapan air, dan kepadatan beton sebelum mengalami kebakaran diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa agregat bata tahan api dan semen aluminat meningkatkan kekuatan sisa beton hingga dua kali lipat melebihi suhu 800 °C. Selain itu, pengaruh penggunaan agregat halus bata tahan api bersama dengan semen aluminat terhadap peningkatan modulus elastisitas beton di bawah api tidak signifikan. kemudian porositas, penyerapan air, dan kepadatan beton sebelum mengalami kebakaran juga diteliti.

Samya Hachemi (2022) melakukan penelitian mengenai pengaruh Agregat Bata Tahan Api (RBA) daur ulang dan rasio air/semen (w/c) terhadap sifat fisik dan mekanik beton, penelitian dilakukan dengan membuat beberapa variasi, variasi pertama yaitu beton kontrol dengan 100% *Natural Aggregates* (NA), variasi ketiga beton diproduksi dengan mengganti 20% NA kasar dengan RBA kasar. dan variasi ketiga beton diproduksi dengan mengganti 20% NA kasar dan halus dengan RBA kasar dan halus. Beberapa pengujian pada penelitian adalah penyerapan air, porositas air, densitas, *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV), kuat tekan dan modulus elastisitas dinamis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kinerja beton yang dibuat dengan RBA sedikit lebih rendah dari beton konvensional. Di sisi lain, kerusakan UPV dan modulus elastisitas dinamis beton yang dibuat dengan RBA kasar dan halus 20% sedikit lebih tinggi daripada beton yang dibuat dengan RBA kasar 20%. Hasil yang sama diamati untuk penyerapan air dan porositas air. Namun, mengganti 20% RBA kasar dan halus mengarah pada peningkatan kuat tekan dan kerapatan beton. Sementara itu, berdasarkan perbandingan dengan data yang ada, ditemukan bahwa rasio w/c yang lebih rendah menghasilkan porositas beton yang lebih rendah, dan penurunan porositas secara umum mengarah pada peningkatan kinerja beton.

Mahdi Nematzadeh (2018) menggunakan batu bata tahan api yang telah didaur ulang menjadi agregat dan dicampur dengan serat Calcium Aluminate Cement (CAC) dan Polyvinyl Alcohol (PVA) dalam beton di lingkungan asam untuk peninjauan perilaku optimasi kuat beton tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perilaku tekan beton yang mengandung agregat bata refraktori

daur ulang halus bersama dengan serat Calcium Aluminate Cement (CAC) dan Polyvinyl Alcohol (PVA)) di bawah lingkungan asam. Untuk mencapai tujuan tersebut, 96 benda uji beton agregat halus dipaparkan dengan serangan asam sulfat 5% selama periode 0, 7, 21, dan 63 hari, kemudian dilakukan berbagai percobaan. Untuk mengetahui tingkat korosi benda uji terlebih dahulu dilakukan pengujian variasi berat, kemudian dilakukan pengujian Ultrasonic Pulse Velocity (UPV), yaitu pengujian beton non destruktif untuk mendapatkan tingkat porositas dan densitas, dan Pada akhir fase percobaan, spesimen dilakukan pengujian tekan setelah diperiksa secara visual untuk memeriksa tingkat korosi. Akhirnya, dengan menggunakan Respon Surface Method (RSM), solusi optimal untuk parameter desain disajikan dengan memaksimalkan kuat tekan beton berserat serta membuat campuran beton hemat biaya. Secara umum, hasil menunjukkan bahwa spesimen yang mengandung semen kalsium aluminat bersama dengan serat PVA menunjukkan sifat mekanik yang baik dalam hal pengendalian korosi terhadap serangan asam, sementara spesimen yang mengandung agregat bata tahan api yang halus menunjukkan kinerja yang kurang memuaskan dalam hal ini.

Belen Gonzales-Fonteboa dkk (2011), melakukan penelitian terhadap pengaruh agregat kasar daur ulang terhadap kerusakan beton yang menggunakan agregat daur ulang. Pada penelitian ini digunakan dua beton konvensional dengan rasio aw/c 0.55 dan 0.65. Persentase penggantian agregat kasar menggunakan agregat daur ulang sebesar 20%, 50% dan 100%. Beton dengan agregat daur ulang dirancang sebanyak delapan jenis beton (H-0.65-0, H-0.65-20, H-0.65-50, H-0.65-100, H-0.50-0, H-0.50-20, H-0.50-50 dan H-0.50-100). Metode Faury digunakan sebagai dasar untuk desain campuran beton. Untuk memperhitungkan kapasitas penyerapan yang tinggi dari agregat daur ulang, sebelum digunakan agregat dibasahi terlebih dahulu selama 10 menit. Hasil dari penelitian menunjukkan kapasitas penyerapan air yang rendah sebesar 5% yang berarti bahwa mereka adalah agregat daur ulang dengan kualitas yang relatif baik. Dari hasil pengujian didapatkan beton dengan penggantian agregat sebesar 20% sangat mirip dengan beton konvensional.

Saifullah Omary dkk (2016), melakukan penelitian mengenai hubungan antara karakteristik agregat dengan beton yang menggunakan agregat daur ulang

dan sifat-sifat beton yang menggunakan agregat daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas dan kesesuaian agregat beton daur ulang (RCA) yang didapatkan dari penghancuran balok beton yang disediakan dari limbah pembongkaran bangunan dibandingkan dengan agregat alami. Pengujian dilakukan setelah beton direndam dalam air selama 28 hari berturut-turut. Porositas beton sangat dipengaruhi oleh rasio substitusi, volume pasta dan porositas campuran butirannya. Peningkatan kuat tekan beton memiliki hubungan dengan kekuatan dari kerikilnya (LA). Dapat dikatakan, kuat tekan dan kuat tarik belah beton menurun sedangkan koefisien LA dan porositas campuran butirannya meningkat. Nilai modulus meningkat dengan meningkatnya nilai porositas beton.

### **2.2.2 Kuat Tarik**

Ming, Li, dan Zhang (2017) untuk memberikan parameter desain yang lebih andal untuk rekayasa geoteknik, Teori yang sepenuhnya analitis, yang berdasarkan asumsi deformasi elastis linear dalam tarik, dikembangkan untuk menentukan modulus elastisitas tarik dan modulus elastisitas tekan bahan secara bersamaan. Dengan Brazilian test metode, hubungan kuantitas antara perpindahan dan modulus elastisitas diturunkan. Lima sampel pada pengujian Brazilian test pemisahan digunakan untuk memeriksa pengoperasian teori tes yang diusulkan. Hasilnya menunjukkan bahwa modulus elastisitas tekan lebih besar dari modulus elastisitas tarik dibawah semua pembebanan yang dilakukan pada pengujian. Dua modulus elastisitas dalam tegangan dan kompresi berubah dengan waktu yang telah berlalu ketika sampel diam dalam tahap deformasi elastis. Hal ini berbeda dengan kesepakatan sebelumnya yaitu modulus elastisitas diperlakukan sebagai konstan selama tahap deformasi elastis. Makalah ini mengeksplorasi alasan perbedaan tersebut dari metode perhitungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode pengujian yang diusulkan layak dan dapat dipertanggungjawabkan, dan dapat diperlakukan sebagai cara yang mudah untuk menentukan modulus elastisitas melalui uji Brazil. Hal ini dapat diperkirakan bahwa pendekatan baru dapat diberikan untuk memperkirakan modulus elastisitas tekan dan tarik di Brazilian Test.

Kim, Freitas, Jung & Sim (2015) menyusun makalah yang menyajikan metode uji eksperimental yang digabungkan dengan model zona kohesif untuk mengkarakterisasi kerusakan fraktur viskoelastik dari pengikat aspal dan mastic. Pengujian yang disajikan disini secara khusus ditujukan untuk mengidentifikasi karakteristik patah tidak konstan yang bergantung pada laju dari aspal ulet pengikat dan mastik. Pengujian yang disajikan disini secara khusus ditujukan untuk mengidentifikasi karakteristik patah tidak konstan yang bergantung pada laju dari aspal ulet pengikat dan mastik. Hasil pengujian kemudian digabungkan dengan model zona kohesif viskoelastik untuk mengidentifikasi karakteristik evolusi kerusakan spesifik material dan dampak mekanisnya terhadap kinerja keseluruhan campuran aspal dengan melakukan komputasi simulasi model struktur mikro. Hasil pengujian dan simulasi model struktur mikro selanjutnya dengan jelas menunjukkan pentingnya sifat material tingkat komponen dan hubungannya dengan kinerja campuran. Protokol eksperimental yang digabungkan dengan model zona kohesif yang disajikan dalam makalah ini diharapkan dapat menyediakan alat yang efisien untuk mengevaluasi kinerja mekanis campuran yang disebabkan oleh kerusakan dengan sifat material skala kecil.

## **2.3 Bahan penyusun beton**

### **2.3.1 Limbah Batu Bata Tahan Api Jenis Alumina**

Refraktori adalah bahan keramik yang dirancang untuk menahan berbagai kondisi layanan yang parah, termasuk suhu tinggi, cairan gas korosif, abrasi dan tekanan yang disebabkan oleh mekanik dan termal. *Refractory* digunakan oleh berbagai perusahaan, termasuk produsen logam, keramik, semen dan kaca. Ketika bahan refraktori telah mencapai akhir masa pakainya, bahan tersebut diganti dengan refraktori baru yang harus dibuat dari bahan mentah murni dan refraktori bekas biasanya dibuang di tempat pembuangan sampah yang membuang limbah alam yang berharga (H. Fang, 1998).

Refraktori netral yang paling umum adalah alumina dan kromia. Produksi refraktori Chromia telah menurun selama dekade terakhir karena masalah lingkungan dengan pembentukan kromium heksavalen. Oleh karena itu, refraktori alumina adalah bahan netral yang paling tersedia. Bahan-bahan ini digunakan

secara luas oleh industri logam karena suhu lelehnya yang tinggi, harga sedang dan kemampuan untuk digunakan dalam lingkungan asam dan basa (H. Fang, 1998).

Tabel 1 Bahan Baku Refraktori Jenis Netral

Bauxite	Campuran antara diasporite ( $\alpha\text{-AlO.OH}$ ), gibbsite $\{\text{Al(OH)}_3\}$ dan boehmit ( $\text{AlO.OH}$ ). Hasil pelapukan dan leaching silika dari batuan yang kaya alumina (granit, syenit).
Corundum / Alumina	Formula $\text{Al}_2\text{O}_3$ Kadar $\text{Al}_2\text{O}_3$ 88 – 99% Titik lebur 1850 – 2050°C Merupakan mineral tambahan pada batuan metamorf (mica-schist, gneiss)
Carbon	Coke, Anthracite, Bituminous, Graphite, Charcoal Titik lebur 2000 – 2990°C Termal ekspansi rendah Ketahanan terhadap suhu kejut bagus Tidak mudah terbasahi oleh cairan besi
Silicon Carbide	$\text{SiC}$ (85-99 %) Titik lebur 1730 – 2000°C Ketahanan terhadap suhu kejut bagus Kekuatan pada suhu tinggi bagus

### 2.3.2 Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis, yaitu bahan anorganik yang ditumbuk halus dan ketika bercampur dengan air dengan menggunakan reaksi dan proses hidrasi membentuk pasta yang mengikat dan mengeras, setelah mengeras, tetap mempertahankan kekuatan dan stabilitasnya meskipun di dalam air. Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (*clinker*) *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat ( $x\text{CaO.SiO}_2$ ) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$ ) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Hidrolis berarti sangat senang bereaksi dengan air, senyawa yang bersifat hidrolis akan bereaksi dengan air secara cepat. Semen

*portland* bersifat hidrolis karena di dalamnya terkandung kalsium silikat ( $x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) dan kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4\cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) yang bersifat hidrolis dan sangat cepat bereaksi dengan air. Reaksi semen dengan air berlangsung secara *irreversible*, artinya hanya dapat terjadi satu kali dan tidak bisa kembali lagi ke kondisi semula (SNI 15-2049-2004).

Semen *portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenisnya berkisar antara 3.12 dan 3.16. Berat volume satu sak semen adalah  $94 \text{ lb/ft}^3$ . Bahan baku pembentuk semen adalah:

1. Kapur ( $\text{CaO}$ ) – dari batu kapur
2. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) – dari lempung
3. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) – dari lempung (dengan sedikit presentasi magnesia,  $\text{MgO}$ , dan terkadang sedikit alkali). Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya (Edward G.Nawy, 1998).

Semen dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a. Semen Portland

Semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

b. Semen Portland Komposit

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 tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit (SNI 15-7064-2004).

c. Semen Portland Putih

Semen hidrolis yang berwarna putih dan dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland putih yang terutama terdiri atas kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (SNI 15-0129-2004).

d. Semen Portland Pozzolan

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan (SNI 15-0302-2004).

e. Semen Masonry

Semen hidrolis yang digunakan terutama dalam pekerjaan menembok dan memplester konstruksi, yang terdiri dari campuran dari semen portland atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang digunakan untuk meningkatkan satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (*setting time*), kemampuan kerja (*workability*), daya simpan air (*water retention*), dan ketahanan (*durability*) (SNI 15-3758-2004).

f. Semen Portland Campur

Suatu bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama dari terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik yang bersifat tidak bereaksi (*inert*) (SNI 15-3500-2004).

Menurut Standar Nasional Indonesia 2049-2015 *Semen Portland/Ordinary Portland Cement (OPC)* dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan penggunaannya, yaitu :

a. Jenis I

Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang digunakan dalam penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

b. Jenis II

Semen portland tipe II merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

c. Jenis III

Semen portland tipe III merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

d. Jenis IV

Semen portland tipe IV merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

e. Jenis V

Semen portland tipe V merupakan semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

### 2.3.3 Agregat

Agregat adalah bahan berbutir seperti pasir, kerikil, batu pecah dan slag tanur (*blast-furnace slag*) yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis (SNI 2847-2019).

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat. Di mana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar. Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut (Edward G. Nawy, 1998).

Agregat merupakan bahan penyusun beton yang menempati 70 - 75% dari total volume beton sehingga kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Meskipun dulu agregat dianggap sebagai material pasif, berperan sebagai bahan pengisi saja, kini disadari adanya kontribusi positif agregat pada sifat beton, seperti stabilitas volume, ketahanan abrasi dan ketahanan umum (*durability*) diakui. Bahkan beberapa sifat fisik beton secara langsung tergantung pada sifat agregat

seperti kepadatan, panas jenis dan modulus elastisitas. Agregat berdasarkan ukuran butirnya dibedakan menjadi dua yaitu:

### **2.3.3.1 Agregat Kasar**

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000), agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

#### **1. Batu pecah alami**

Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

#### **2. Kerikil alami**

Kerikil didapat dari proses alami, yaitu pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

#### **3. Agregat kasar buatan**

Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari blast-furnace dan lain-lain.

#### **4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat**

Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan di sini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

Berat volume beton yang menggunakan agregat biasa adalah sekitar 144 lb/ft<sup>3</sup>. Sedangkan beton dengan agregat berbobot berat mempunyai berat volume sekitar 225 sampai 330 lb/ft<sup>3</sup>. Sifat-sifat beton penahan radiasi yang berbobot berat ini bergantung pada kerapatan dan kepadatannya, hampir tidak bergantung pada sektor air semennya. Dalam hal demikian, kerapatan yang tinggi merupakan satu-satunya kriteria di samping kerapatan dan kekuatannya (Edward G. Nawy, 1998).

Menurut ASTM C-33 gradasi agregat melalui persentase berat yang melalui masing-masing tabel ayakan yaitu seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Syarat Gradasi Agregat Sesuai ASTM C-33

No. Ayakan		% Berat melalui ayakan			
		Agregat Kasar		Agregat Halus	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
1 in	25	95	100	-	-
¾ in	19	-	-	-	-
½ in	12.5	25	60	-	-
3/8 in	10	-	-	100	100
No. 4	15	0	10	95	100
No. 8	2.5	0	5	80	100
No. 16	1.2	-	-	50	85
No. 30	0.6	-	-	25	60
No. 50	0.3	-	-	10	30
No. 100	0.15	-	-	2	10
Dasar		-	-	-	-

### 2.3.3.2 Agregat Halus

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000), agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasikan alami dari batu atau pasir yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm.

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan

standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus (Edward G. Nawy, 1998).

Syarat-syarat agregat halus adalah :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan aduk agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
- d. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat berikut :
  - Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
  - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
  - Sisa di atas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu :

- a. Pasir galian, dapat diperoleh diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori dan bebas dari kandungan garam.
- b. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan,

sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.

- c. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

Agregat halus memiliki zona-zona berdasarkan ukuran lolos saringannya. Menurut SNI 03 1968 1990, gradasi pasir dibagi menjadi empat kelompok yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus dan pasir halus seperti tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3 Gradasi Agregat Halus

Lubang. Ayakan____ (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan (%)			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

#### 2.3.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam

campuran beton akan menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Selain itu, air yang demikian dapat mengurangi afinitas antara agregat dengan pasta semen dan mungkin pula mempengaruhi kemudahan pengerjaan.

Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen + agregat halus + agregat kasar) material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai. Sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya (Edward G. Nawy, 1998).

Menurut SNI 03-2847-2019, persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat antara lain:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
  - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
  - b. 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 benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur yang dibuat dan diuji sesuai persyaratan.

## 2.4 Sifat – Sifat Mekanis Beton

### 2.4.1 Kuat Tarik

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 2491-2014), kuat tarik belah benda uji beton berbentuk silinder adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan.

Beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Faktor pembentuk kekuatan tarik sama dengan kuat tekan hanya besarnya kuat tarik untuk beton normal pada umumnya adalah antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Kekuatan tarik dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan belah silinder (*the split cylinder*) dimana silinder ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal diatas pelat mesin percobaan. Benda uji terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik.

Nilai kuat Tarik belah beton dapat dihitung dengan rumus:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

- F<sub>ct</sub> = Kuat tarik belah (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban pada waktu belah (N)
- L = Panjang benda uji silinder (mm)
- D = Diameter benda uji silinder (mm)