

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan bahan struktur yang sering digunakan dalam sebuah konstruksi. Hal ini disebabkan beton mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain diantaranya harga yang relatif murah dikarenakan material dasar beton dari bahan lokal, memiliki kuat tekan yang tinggi sehingga kuat menahan beban tekan yang tinggi, kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang sangat beragam, serta ketahanannya yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar. Akan tetapi salah satu dari kekurangan konstruksi beton adalah terjadi perubahan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan perubahan dari kekuatan beton, dimana hal tersebut dapat disebabkan karena terjadinya bencana kebakaran pada konstruksi gedung (Triandanu, 2010).

Kebakaran gedung mulai mendapat perhatian serius dari semua pihak, setelah Indonesia didera sejumlah kasus kebakaran gedung yang cenderung meningkat tajam. Ditinjau dari segi jenis bangunan yang terbakar maka bangunan tempat tinggal menempati urutan pertama dengan jumlah kejadian 62%, bangunan industri 15%, pertokoan 11% dan lainnya 5% (Surbakti, 2021).

Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi seperti yang terjadi pada bencana kebakaran ternyata dapat mempengaruhi sebuah konstruksi yaitu permukaan struktur berwarna hitam atau gosong dan membawa dampak yang sangat signifikan terhadap kualitas/kekuatan struktur beton pada gedung tersebut.

Umumnya kekuatan struktur dari beton mengalami penurunan dan hal tersebut menyebabkan penggunaan struktur itu tidak maksimal (Srihayati, dkk, 2021).

Menurut Atmaja (2018) Beton yang mengalami peningkatan kuat tekan menunjukkan suatu struktur beton pasca kebakaran tersebut layak fungsi. Sedangkan beton yang mengalami penurunan kuat tekan menunjukkan suatu struktur beton pasca kebakaran tidak layak fungsi. Beton yang mengalami penurunan kuat tekan pasca kebakaran adalah : Mutu beton K-200 mengalami penurunan kuat tekan beton pada saat pembakaran selama 2 jam dengan suhu 302°C, 4 jam dengan suhu 315°C, dan 8 jam dengan suhu 396°C; Mutu beton K-250 tidak mengalami peningkatan kuat tekan; Mutu beton K-300 mengalami penurunan kuat tekan beton pada saat pembakaran selama 2 jam dengan suhu 332°C, 6 jam dengan suhu 755°C, dan 8 jam dengan suhu 870°C; Mutu beton K-350 mengalami penurunan kuat tekan beton pada saat pembakaran selama 2 jam dengan suhu 399°C, 6 jam dengan suhu 570°C, dan 8 jam dengan suhu 727°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Sirait (2009), menggunakan balok beton bertulang penampang empat persegi ukuran 15 x 25 x 320, terletak pada tumpuan sederhana, bertulangan lemah. Waktu pembakaran mulai dari 30, 60, 90 dan 120 menit dengan balok yang berbeda pada suhu 500°C sejak awal hingga akhir pembakaran dan tanpa pembebanan. Pembebanan pada uji lentur menunjukkan penurunan daya pikul sebesar 26%, demikian juga pada uji kuat tekan beton menunjukkan penurunan kuat tekan beton sebesar 65% dari kekuatan awal.

Adapun hasil penelitian Ahmad dan Taufieq (2006), menyatakan bahwa terjadi penurunan kekuatan pada bangunan beton yang telah dioven. Pada penelitian

ini didapatkan kuat tekan pada beton yang tidak dioven sebesar 240,0624 kg/cm². Kekuatan sisa beton yang dioven pada temperatur 200°C dan 400°C adalah 88,89% dan 70,15 % dari kekuatan beton normal yang tidak dioven.

Menurut Zacoeb dan Anggraini (2005), perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan membawa dampak pada struktur beton. Karena pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang menyebabkan terjadinya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks. Hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut. Pada beton normal mutu tinggi dengan suhu 1200°C terjadi penurunan kekuatan tekan sampai tinggal 40% dari kekuatan awal. Sedangkan pada beton mutu tinggi dengan Silikafume dan Superplasticizer akan mengalami perubahan yang cukup berarti pada suhu tinggi dimana kekuatannya tinggal 35%.

Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya. Hal ini menjadi salah satu tantangan yang dihadapi para ahli teknik sipil dalam menganalisis kekuatan struktur beton pada konstruksi akibat temperatur tertinggi yang dialami elemen bangunan pada saat kebakaran, kekuatan sisa bangunan pasca kebakaran dan teknik perkuatan bangunan sesuai keperluan sehingga fungsi bangunan dapat dikembalikan seperti sebelum terjadi kebakaran.

Sampai saat ini penelitian tentang konstruksi beton pasca kebakaran masih merupakan topik yang hangat diteliti. Keinginan para peneliti untuk mengetahui secara akurat bentuk, gambaran dan besar pengaruh beton pasca kebakaran merupakan hal yang masih perlu diteliti lebih lanjut. Para peneliti mulai meneliti

dengan membuat benda uji beton yang kemudian dibakar langsung atau dibakar dalam oven atau tungku. Setelah itu dilakukan pengujian pada benda uji berupa kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Berkaitan dengan hal tersebut, maka penulis mengangkat judul **“Study Karakteristik Beton Pasca Kebakaran”**.

B. Rumusan Masalah

Untuk menjelaskan permasalahan sesuai dengan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah yang diangkat dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton pasca kebakaran dengan beton normal?
2. Bagaimana perbandingan kuat tarik belah beton pasca kebakaran dengan beton normal?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir sebagai berikut ini :

1. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton pasca kebakaran dengan beton normal
2. Untuk mengetahui perbandingan kuat tarik belah beton pasca kebakaran dengan beton normal

D. Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Lasape, Kab. Pinrang
2. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Gunung Atakae Lawowoi,

Kab.Sidrap.

3. Semen yang digunakan adalah *Portland Pozzoland Sement (PPC)* merek Tonasa.
4. Nilai slump digunakan adalah 75-100 mm
5. Jumlah benda uji 24 buah.
6. Kuat tekan beton direncanakan (f'_c) = 25 Mpa
7. Waktu Pembakaran beton adalah 2 jam, 4 jam dan 6 jam
8. Metode pencampuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000.
9. Metode pengujian kuat tekan beton sesuai SNI 1974:2011.
10. Karakteristik beton dimaksudkan kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.
11. Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silender dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dan harapan yang ingin diperoleh dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi apakah beton pasca kebakaran dapat mempengaruhi kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.
2. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang membahas beton pasca kebakaran.
3. Memberikan informasi tentang pengembalian fungsi konstruksi beton pasca kebakaran.

F. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan menyampaikan penguraian atau gambaran singkat

tentang penjelasan masing-masing bab,yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang perancangan mutu beton, material campuran beton, pengertian beton, SNI tentang baku beton, serta studi tentang beton pasca bakar.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang urutan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yang berupa investigasi lapangan dan pengujian langsung di laboratorium.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan melalui uji laboratorium yang dijabarkan dalam bentuk tabel, grafik, maupun gambar.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berupa sumbangan pikiran terkait dengan permasalahan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Beton

Menurut SNI 2847-2013, beton (*concrete*) adalah campuran semen portland (PC) atau semen hidraulis, agregat halus, agregat kasar, air, dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*). Bahan tambah dapat berupa zat kimia, serat, atau bahan buangan non kimia. Untuk memperoleh kuat desak beton yang direncanakan diperlukan mix design untuk menentukan jumlah proporsi bahan penyusun yang dibutuhkan.

Dalam Mulyono (2006) Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah. Sedang Sagel dkk. (1994) menguraikan bahwa beton adalah suatu komposit dari bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Sifat beton dipengaruhi oleh bahan pembentuknya serta cara pengerjaannya. Semen mempengaruhi kecepatan pengerasan beton. Selanjutnya kadar lumpur, kebersihan, dan gradasi agregat mempengaruhi kekuatan pengerjaan yang mencakup cara penuangan, pemadatan, dan perawatan, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton. Secara umum kelebihan beton dibandingkan material konstruksi lain adalah dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban tekan yang berat, tahan terhadap temperatur tinggi dan biaya pemeliharaan rendah/ kecil. Sedangkan kekurangan bentuk yang sudah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, berat serta

daya pantul suara besar.

B. Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan agregat, semen portland, air, Bahan tambah atau tidak menggunakan bahan tambah. Beton yang memiliki beberapa persyaratan pada bahan penyusunnya.

1. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan sesuatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton (Tjokrodinuljo, 2007). Kekuatan beton dapat dilihat dari jenis agregat yang akan dipakai. Susunan agregat dapat dilihat dari pengujian analisa saringan (*sieve analysis*). Dengan analisa saringan agregat dapat dilihat gradasi agregat yang menentukan kuat tekan agregat. Menurut SNI 2847-2013 Pasal 3.3.2 ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:

- a. Seperlima dari jarak terkecil antara sisi cetakan,
- b. Sepertiga ketebalan slab,
- c. Tiga perempat jarak bersih minimum antara tulangan atau kawat,
bundle tulangan, tendon prategang atau selongsong.

SNI 2847-2013 Pasal 3.3.1 menyebutkan bahwa agregat normal untuk beton harus memenuhi persyaratan ASTM C33M. Mulyono (2003) menyatakan bahwa dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat halus dan agregat kasar.

- a. Agregat halus ialah yang semua butirnya lolos ayakan berlubang 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 (ASTM C33, 1982) atau 5,0 mm (BS.812, 1976).

Menurut PBI 1971 Syarat syarat agregat halus adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, bersifat kekal dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
- 2) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap jumlah berat agregat kering. Apabila kandungan lumpur lebih dari 5% agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
- 3) Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal ini dapat dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams Header* dengan menggunakan larutan NaOH.
- 4) Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut ini:
 - a) Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - b) Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
 - c) Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar 80%-90% berat

- b. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1982). Menurut PBI 1971, Pasal 3.4 syarat-syarat agregat kasar adalah sebagai berikut ini.

- 1) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tidak melebihi 20% dari berat agregat

seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

- 2) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- 4) Kekerasan butir-butir agregat kasar yang diperiksa dengan bejana pengujian dari *Rudolf* dengan beton pengujian 20 ton yang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

- a) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat

- b) Tidak terjadi pembubukan sampai 19-30 mm lebih dari 22% berat.

Kekerasan ini dapat juga diperiksa dengan alat *Los Angeles*.

Dalam hal ini tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%.

- 5) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat 1 PBI 1971, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

- a) Sisa diatas ayakan 31,5 mm harus 0% berat.

- b) Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90% dan 98%.

- c) Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, maksimum 60% dan minimum 10% berat.

2. Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat - silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu (Tjokrodimuljo, 2007). Semen dapat dibedakan menjadi semen hidrolik dan semen semen non hidrolik. Semen hidrolik merupakan semen yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozzolan, semen terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif. Sedangkan Semen non hidrolik merupakan semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras dalam air akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non hidrolik adalah kapur.

Fungsi dari semen adalah bereaksi dengan air dan membentuk pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu pasta semen juga untuk mengisi rongga-rongga diantara beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Menurut Tjokrodimuljo (2007) bahwa jenis semen portland yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

- a. Jenis semen I adalah semen yang digunakan untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis jenis lain.
- b. Jenis semen II adalah semen yang digunakan untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

- c. Jenis semen III adalah semen yang digunakan untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis semen IV adalah semen yang digunakan dalam konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis semen V adalah semen yang digunakan dalam konstruksi dengan syarat sangat tahan dengan sulfat.

3. Air

Untuk bereaksi dengan semen Portland, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30% saja dari berat semen, namun dalam kenyataannya jika faktor nilai faktor air semen (berat air dibagi dengan berat semen) kurang dari 0,35 adukan beton sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air semen lebih 0,40 (berarti terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen). Kelebihan air ini diperlukan sebagai pelumas agar adukan beton dapat dikerjakan. Makin banyak air untuk pelumas maka adukan beton makin mudah dikerjakan. Akan tetapi perlu dicatat bahwa jumlah air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena betonnya setelah mengeras akan *porous* sehingga kekuatannya rendah.

Menurut Tjokrodinuljo (2007), air sebagai bahan bangunan seharusnya memiliki persyaratan sebagai berikut :

- a. Air harus bersih,
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual, benda benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter,
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,

- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter, khusus untuk beton pra - tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter, dan
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter.

C. Karakteristik Beton

Karakteristik beton merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan mutu beton. Pengujian karakteristik beton ada 5 yaitu kuat tekan, uji modulus elastisitas, kuat tarik belah, kuat lentur, uji lekat beton dan tulangan. Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini ada 2 yaitu :

1. Kuat Tekan Beton

Beton memiliki kelebihan pada kuat tekan dibandingkan dengan kuat tarik. Menurut SNI 1974-2011 yang dimaksud dengan kuat tekan adalah beban aksial yang terhadap beton silinder, pada laju pembebanan yang dihitung dalam batas yang ditentukan hingga terjadi kehancuran. Kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji. Kuat tekan beton adalah besar pembebanan maksimum persatuan luas, yang mampu dipikul oleh beton sampai beton tersebut mengalami retak. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, air, dan berbagai jenis bahan tambahan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodinuljo, 2007). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan Persamaan 1.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

f'_c = kuat tekan beton pada umur hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

2. Kuat Tarik Belah

Kekuatan tarik belah digunakan dalam mendesain elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang penyaluran dari tulangan(SNI 2491 : 2014). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya..Metode pengujian ini mencakup cara penentuan kuat tarik belah benda uji yang dicetak berbentuk silinder. Kuat tarik belah beton adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silindersecara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya. Beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986:11).

Kosakoy (2017) menyatakan bahwa kekuatan tarik belah beton berkisar seperdelapan belas kuat desak pada waktu umurnya masih muda dan berkisar seperduapuluh sesudahnya. pengujian kuat tarik belah merupakan pemberian gaya tekan sepanjang diameter specimen pada kisaran sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar yang diberi beban.

Keruntuhan tarik terjadi akibat dari keruntuhan tekan karena area beban dalam keadaan tekan triaksial, sehingga memungkinkan mendapatkan tegangan tekan lebih tinggi daripada kekuatan tekan uniaksial. Dari pembebanan maksimum yang diberikan, kekuatan tarik belah dihitung berdasarkan Persamaan 2.

$$f_t = \frac{2 P}{\pi \cdot d \cdot L} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan :

F_t = kuat belah beton (MPa)

P = beban maksimum yang diberikan (N)

D = diameter silinder (mm)

L = lebar silinder(mm)

D. Beton Pasca Bakar

Kebakaran membawa dampak yang serius terhadap bangunan gedung yang terbuat dari beton. Secara umum, material beton relatif lebih tahan api dibandingkan kayu dan plastik, juga baja. Namun demikian, untuk memberikan kinerja durabilitas terhadap api yang signifikan, tetap diperlukan beberapa persyaratan untuk durabilitas beton pasca bakar yang memadai (Kusno dan Susilorini, 2011).

Komposisi bahan penyusun beton sangat penting untuk diperhatikan dalam hal durabilitas beton pasca bakar karena pasta semen dan agregat mengandung komponen yang dapat berdekomposisi setelah pemanasan. Di samping itu, beberapa aspek dari beton seperti permeabilitas, dimensi elemen, laju peningkatan suhu, menjadi faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam beton pasca bakar.

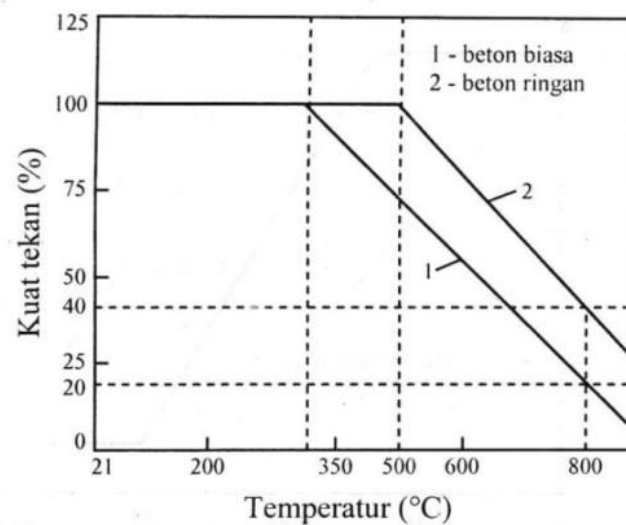
Dalam Sumardi (2000), kebakaran pada hakekatnya merupakan reaksi

kimia dari *combustible* material dengan oksigen yang dikenal dengan reaksi pembakaran yang menghasilkan panas. Panas hasil pembakaran ini diteruskan ke massa beton/mortar dengan dua macam mekanisme yakni pertama secara radiasi yaitu pancaran panas diterima oleh permukaan beton sehingga permukaan beton menjadi panas. Pancaran panas akan sangat potensial, jika suhu sumber panas relatif tinggi. Kedua secara konveksi yaitu udara panas yang bertiup/bersinggungan dengan permukaan beton/mortar sehingga beton menjadi panas. Bila tiupan angin semakin kencang, maka panas yang dipindahkan dengan cara konveksi semakin banyak.

E. Sifat Beton pada Temperatur Tinggi

Ketika suhu yang tinggi terjadi seperti dalam proses pembakaran atau pemanasan, beton akan mengalami sejumlah perubahan dalam komposisi *chemical*, dan struktur *physical*. Perubahan-perubahan ini terjadi dalam *hardened cement paste* (HCP) pada suhu 300°C berlanjut sampai terjadi hancurnya calcium-silicate-hydrate (C-S-H) secara total atau menyeluruh pada suhu 900°C. Sebagai akibat dari perubahan-perubahan ini, beton secara perlahan atau bahkan terkadang secara langsung mengalami kehilangan *strenght and durability* (Rakhman, 2018).

Menurut Nugraha & Antoni (2007), beton normal pada suhu 100°C air kapiler pada beton menguap, pada suhu 200°C air yang terserap di dalam agregat mulai menguap, pada suhu 400°C pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu, dan pada suhu 800°C beton normal hanya memiliki kuat tekan 20% dari kekuatan awal. Pengaruh dari perubahan temperatur terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Penurunan Kuat Tekan Beton karena Temperatur Tinggi

Sumber : Nugraha & Antoni, 2007

F. Penelitian Terdahulu

1. Setyowati (2016) “Pengaruh Suhu Tinggi pada *Microstruktur* Beton. Hasil yang diperoleh pengaruh suhu tinggi sampai dengan 400°C tidak signifikan mengurangi kekuatan dari beton, bahkan proses kimia yang membuat material makin padat dan lebar retakan yang kecil. Ketika suhu mencapai lebih dari 600°C, Beton mengalami fase pengurangan *portlandite* yang signifikan. Pengurangan *portlandite* menyebabkan sifat semen sebagai pengikat berkurang dan hilang.
2. Olil, dkk (2015) “Pengaruh Penambahan *Admixture Damdex* pada Beton yang Mengalami Suhu Tinggi”. Hasil pengujian pada kondisi normal beton menggunakan *damdex* memiliki kekuatan tekan rata-rata 26,48 MPa atau lebih besar 3,33% dari beton normal dengan kuat tekan 25,48 MPa. Beton menggunakan *damdex* mengalami penurunan kuat tekan 13,2 % dibandingkan dengan beton normal yang dipanaskan pada suhu 0°C - 200°C selama 7

- jam. Sedangkan pada pemanasan 200°C yang dilakukan selama 3 jam penurunan yang terjadi 12,2% lebih kecil dibandingkan dengan beton normal.
3. Natalia (2011) “Pengaruh Pemanasan Terhadap Kuat Tekan Beton”. Hasil penelitian didapatkan kuat tekan beton semakin menurun sejalan dengan penambahan suhunya. Hasil kuat tekan pada 2 jam yang paling kecil 9,6 N/m² pada suhu 200°C dan kuat tekan pada 5 jam yang paling kecil 10,6 N/m² pada suhu 200°C. Porositas pada 2 jam yang paling kecil 11,8% sedangkan pada 5 jam paling kecil 5,9% pada suhu 200°C.
 4. Labora (2016) “Pengaruh penambahan Plastocrete® RT6 Plus terhadap kuat Tekan Beton”. Hasil yang didapatkan pada pencampuran beton normal dengan bahan tambah Plastocrete® RT6 Plus mengalami peningkatan kuat tekan maksimum pada penambahan Plastocrete® RT6 Plus sebesar 0,5% dengan pengurangan air 20%. Penambahan admixture pada campuran beton dapat menambah kuat tekan sesuai dosis pemakaiannya
 5. Ahmad, dkk (2009) “Kuat Tekan Beton dengan Kenaikan Temperatur”. Hasil beton yang telah dipanasi pada temperatur 200°C, 400°C dan 600°C, kuat tekan rata-ratanya berturut-turut sebesar 85,83%, 58,40% dan 35,08% dari beton normal. Model regresi yang dihasilkan jika berbentuk regresi linier, persamaannya adalah $y = -0,2802 x + 248,79$ dengan nilai R² yaitu 0,8539. Sedangkan model regresi berbentuk regresi polinomial derajat 2 persamaannya adalah $y = 10 - 4x^2 - 0,3402x + 255,65$ dengan nilai R² yaitu 0,8576.
 6. Bayuasri, dkk (2006) ini menunjukkan bahwa kekuatan perilaku elastisitas beton dan modulus beton setelah dibakar adalah sama, yaitu menurun. Tingkat

degradasi dipengaruhi oleh suhu tercapai dan durasi. Semakin lama durasi dan semakin tinggi temperatur maka kekuatan sisa cenderung lebih kecil. Sebagai contoh, beton yang dibakar pada suhu 300°C selama 3 jam, kekuatan sisa beton $\pm 71,8\%$, dan untuk durasi 9 jam menjadi $\pm 60,04\%$. Perubahan kekuatan beton dan modulus elastisitas beton untuk berbagai mutu beton berbeda meskipun mereka dibakar pada suhu dan durasi yang sama. Misalnya pada suhu 600°C selama durasi 5 jam, kekuatan beton K-225 kekuatan sisanya $\pm 36,40\%$, sedangkan K-350 kekuatan sisanya $\pm 24,46\%$.

7. Daga (2002) “Studi Eksperimen Kekuatan Beton yang mengalami Kebakaran”. Hasil kuat tekan rata-rata sebagai berikut : untuk beton normal (umur 28 hari) didapat hasil rata-rata kuat tekan f'_{cr} sebesar 22,837 MPa; untuk beton yang dibakar 2 jam (300°C) f'_{cr} sebesar 23,919 MPa; untuk beton yang dibakar 5 jam (500°C) f'_{cr} yaitu 19,274 MPa; dan untuk beton yang dibakar 10 jam (900°C) f'_{cr} yaitu 17,200 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 2 jam sebesar 1,082 MPa (4,74%) dan penurunan kekuatan tekan beton pada beton yang dibakar selama 5 jam sebesar 3,563 MPa (15,60%) serta penurunan kekuatan tekan beton yang dibakar selama 10 jam sebesar 5,637 MPa (24,68%).
8. Suku, dkk (tanpa tahun) telah melakukan penelitian tentang perubahan perilaku kuat tekan dan tarik akibat pemanasan, yang bertujuan untuk mengetahui perilaku kekuatan beton pasca dipanaskan pada suhu dan temperatur tertentu. Penelitian menggunakan benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Variasi lama pemanasan dilakukan 1-2 jam. Sedangkan untuk variasi

suhu pemanasan 300°C, 500°C, dan 700°C. Pengujian dilakukan pada saat berumur 28 MPa dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Hasil Pengujian kuat tekan beton menghasilkan penurunan 24,24% - 38,53% untuk lama pembakaran 1 jam dan terjadi penurunan sebesar 29,95% - 41,3% untuk lama pembakaran 2 jam untuk variasi 300°C, 500°C, dan 700°C. Pada pengujian kuat tarik belah akibat lama pemanasan 1 jam pada suhu 300°C, 500°C, dan 700°C terjadi penurunan kuat tarik yang sangat tinggi, kemudian kekuatan sisanya hanya sebesar 54,12%-24,17%. Demikian pula pada pemanasan 2 jam, kekuatan sisanya hanya sebesar 45% - 20%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tinjauan Umum

Jenis Penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen kualitatif tentang struktur beton pasca kebakaran dengan karakteristik beton yang berbeda dan durasi terbakar yang berbeda yaitu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam diuji kuat tekan dan kuat tarik belah pada saat umur beton 28 hari. Pada setiap mutu beton dibuat 3 (tiga) buah benda uji dengan variabel tanpa dibakar, 2 jam pembakaran, 4 jam pembakaran dan 6 jam pembakaran, sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak 24 buah. Adapun tahapan pelaksanaan yang digunakan dalam eksperimen ini adalah :

1. Tahap persiapan, meliputi pengumpulan data-data teori dasar, mempersiapkan material yang diperlukan, mempersiapkan alat yang akan digunakan.
2. Tahap perhitungan campuran beton. Pada tahap ini merencanakan *mix design* dengan mutu beton yaitu $f_c'25$ Mpa.
3. Tahap pengecoran meliputi persiapan penjemburan agregat kasar dan halus sebelum pembuatan beton, penakaran dan pengadukan.
4. Pemeriksaan kekentalan adukan beton. Pada tahap ini setelah pembuatan adukan beton segar kemudian diuji kekentalannya dengan *slump test*.
5. Tahap pencetakan beton. Beton segar yang sudah siap lalu dicetak dengan bentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
6. Tahap pengeringan beton. Beton yang telah dicetak kemudian dikeringkan

selama 1 hari.

7. Tahap perawatan/ perendaman beton.
8. Pengujian kuat tekan beton tanpa dibakar.
9. Pembakaran benda uji. Beton yang sudah berusia 28 hari kemudian dibakar menggunakan tungku.
10. Pendinginan beton setelah pembakaran dan pemeriksaan beton setelah pembakaran.
11. Pengujian kuat tekan beton setelah pembakaran. Setelah beton terbakar dan didinginkan kemudian diuji kuat tekan.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini semuanya berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare. Adapun alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Mesin tekan beton yang dapat digunakan untuk pengujian kuat tekan dengan perlengkapan antara lain manometer dengan dua jarum pembacaan beban, dua buah titik perletakan berbentuk balok, dua buah titik pembebanan berbentuk balok, ketelitian peralatan pada skala pembacaan minimum adalah 12,5g.
- b. Cetakan benda uji dengan bentuk benda uji silinder ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm
- c. Sarana Penunjang

- d. Sarana penunjang lainnya antara lain timbangan kapasitas 50 kg .

2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Semen yang digunakan ialah *Portland Pozzoland Sement (PPC)* merek Tonasa.
- b. Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini ialah pasir yang bersumber dari pasir alam dari Kab. Pinrang.
- c. Agregat kasar (betu pecah) yang digunakan dalam penelitian ini ialah batu pecah (maksimum 20 mm) yang bersumber dari *stone crusher* asal Sidrap.
- d. Air pencampur yang digunakan ialah air PDAM.

C. Lokasi dan Waktu

Lokasi Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare dan waktu penelitian dilakukan selama 4 (enam) bulan dimulai pada bulan April sampai dengan bulan Agustus 2021.

D. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan campuran adukan beton dilakukan setelah menghitung proporsi masing-masing bahan yang dipergunakan, kemudian mencampur dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1. Mengambil bahan-bahan pembentuk beton yaitu semen, pasir dan kerikil dengan perbandingan sesuai di SNI.

2. Mencampur semen, air, kerikil dalam ember dengan menggunakan *concrete mixer*.
3. Memasukkan adukan ke dalam alat silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm.
4. Benda uji di buka pada umur 1 hari kemudian dilanjutkan dengan perendaman.

E. Pembakaran Benda Uji

Pembakaran benda uji dilakukan dengan menggunakan tungku (*drum*) yang dibakar secara bertahap yaitu membakar 3 benda uji, dimana benda uji tersebut masing-masing akan di angkat dan di ukur suhunya menggunakan *termometer* di waktu pembakaran 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Pembakaran dilakukan sebanyak 3 kali pembakaran disesuaikan dengan waktu pembakaran yang memiliki masing-masing 3 benda uji.

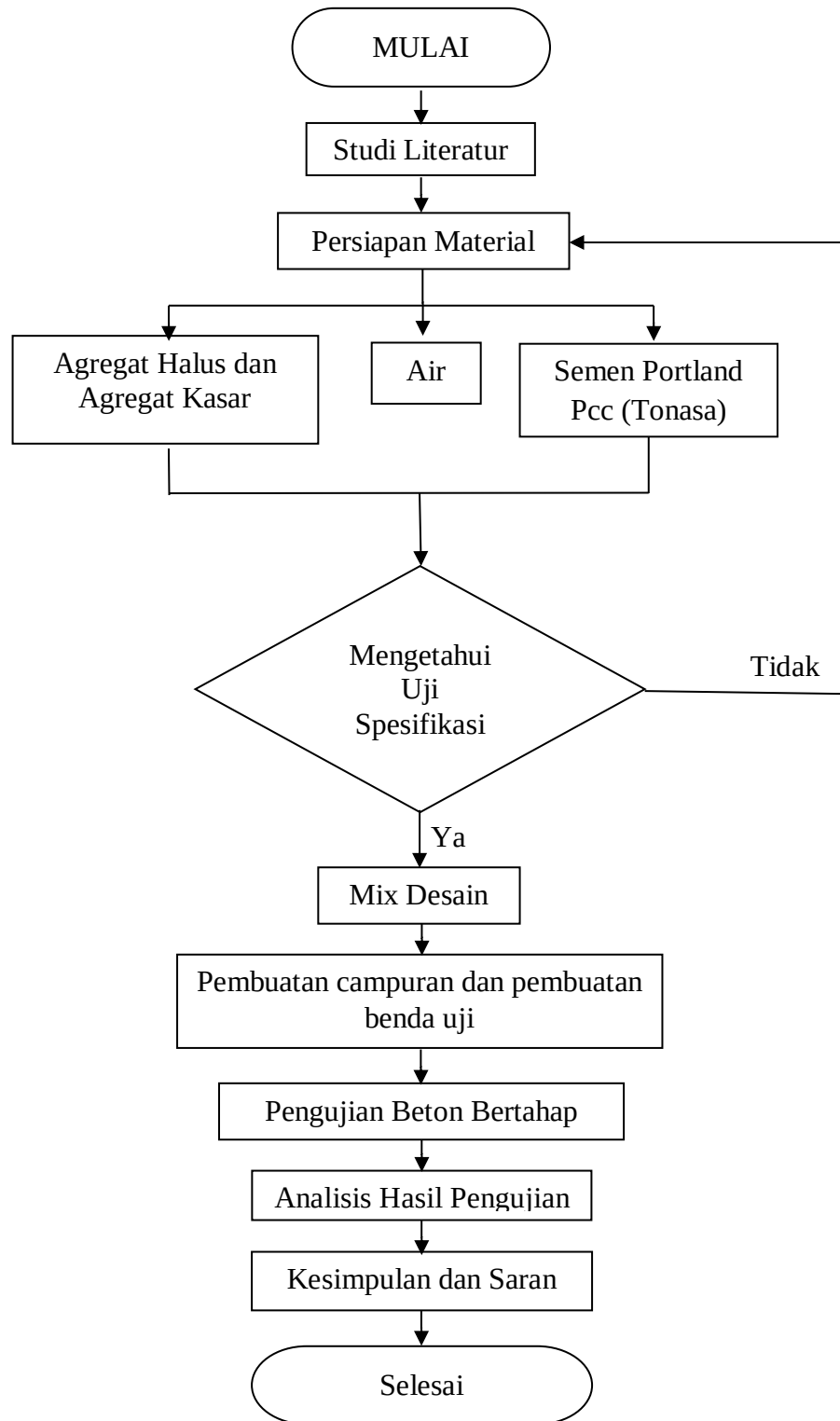
Tabel 3. 1 Variasi Benda Uji Kuat Tekan

kode benda uji	Waktu Pembakaran (jam)	Jumlah benda uji
BN	-	3
KT2	2	3
KT4	4	3
KT6	6	3
Total		12

Tabel 3. 2 Variasi Benda Uji Kuat Tarik Belah

kode benda uji	Waktu Pembakaran (jam)	Jumlah benda uji
BN	-	3
KTB2	2	3
KTB4	4	3
KTB6	6	3
Total		12

F. Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI 2493:2011 dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Tabel 4.1 Rekapitulasi pengujian agregat halus

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	3,3%	3,3%	3.30%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 1	No. 1	No. 1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.35%	2.04%	2.20%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.45	1.47	1.46	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.64	1.64	1.64	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1%	1.83%	1.55%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.58	2.55	2.56	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.49	2.43	2.46	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.53	2.48	2.50	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.88	2.88	2.88	Memenuhi

2. Agregat Kasar

Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.90%	0,90%	0.90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	11,5%	11,8%	11.8%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	0,6%	0,76%	0,68%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6-1,9 kg/liter	1.63	1.63	1.65	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6-1,9 kg/liter	1.89	1.85	1.87	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	0,48 %	0,44%	0,46%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.4	2.52	2.46	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.38	2.5	2.44	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.39	2.51	2.45	Memenuhi

B. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut :

Diketahui data material:

Mutu beton = 25 Mpa

Slump = 75– 100 mm

Ukuran agregat maksimum = 20

Berat kering oven agregat kasar = 1.873

Berat jenis semen tanpa tambahan udara = 3.15

Modulus kehalusan agregat halus = 2.88

Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2.50
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2.45
Penyerapan air agregat halus	= 1.55%
Penyerapan air agregat kasar	= 0.46%
Kadar Air agregat halus	= 2.20%
Kadar Air agregat kasar	= 0.68%

Tabel 4.3 *Mix Design* untuk 1 M3 Beton (Sumber :Hasil olah data laboratorium 2021)

Bahan	Kebutuhan Bahan (kg)
Air (berat bersih)	209,80
Semen	343,00
Ag. Kasar (kering)	1154,10
Ag. Halus (kering)	678,30

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

1	1,98	3,37	0.61
---	------	------	------

Tabel 4.4 *Mix Design* untuk 1 buah Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm (Sumber :Hasil olah data laboratorium 2023)

Bahan	Kebutuhan Bahan (kg)
Air (berat bersih)	1.22
Semen	2.00
Ag. Kasar (kering)	6.73
Ag. Halus (kering)	3.95

Berdasarkan Tabel 4.4 hasil yang didapat di Laboratorium untuk perancangan campuran (*mix design*) Beton Normal untuk 1 (satu) sampel yaitu semen 3,95 kg, pasir 6,73 kg kerikil 2 kg dan air 1,22 kg.

C. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari sebanyak 12 sampel yang terdiri dari 4 variasi yaitu BN, KT2, KT4 dan KT6. Untuk masing-masing variasi dibuat 3 sampel beton normal dan 9 beton yang dibakar untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari BN, KT2, KT4 dan KT6 dengan 28 hari perendaman yaitu sebagai berikut :

1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil kuat tekan beton normal

No.	Nama Sampel	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (MPa)	Kuat Tekan f'_c Rata-rata (MPa)
1	BN1	460	26,04	26,14
2	BN2	465	26,33	
3	BN3	460	26,04	

Pada pengujian kuat tekan beton normal dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 26, 14 MPa.

2. Kuat tekan beton 2 jam pembakaran

Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil kuat tekan beton 2 jam pembakaran

No.	Nama Sampel	Suhu (°C)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (MPa)	Kuat Tekan f'_c Rata-rata (MPa)
1	KT21	330	380	21,51	24,16
2	KT22	280	430	24,35	
3	KT23	240	470	26,61	

Pada pengujian kuat tekan beton 2 jam pembakaran dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 24,16 MPa.

3. Kuat tekan beton 4 jam pembakaran

Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil kuat tekan beton 4 jam pembakaran

No.	Nama Sampel	Suhu (°C)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (MPa)	Kuat Tekan f'_c Rata-rata (MPa)
1	KT41	420	260	14,72	15,10
2	KT42	480	240	13,59	
3	KT43	360	300	16,99	

Pada pengujian kuat tekan beton 4 jam pembakaran dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 15,10 MPa.

4. Kuat tekan beton 6 jam pembakaran.

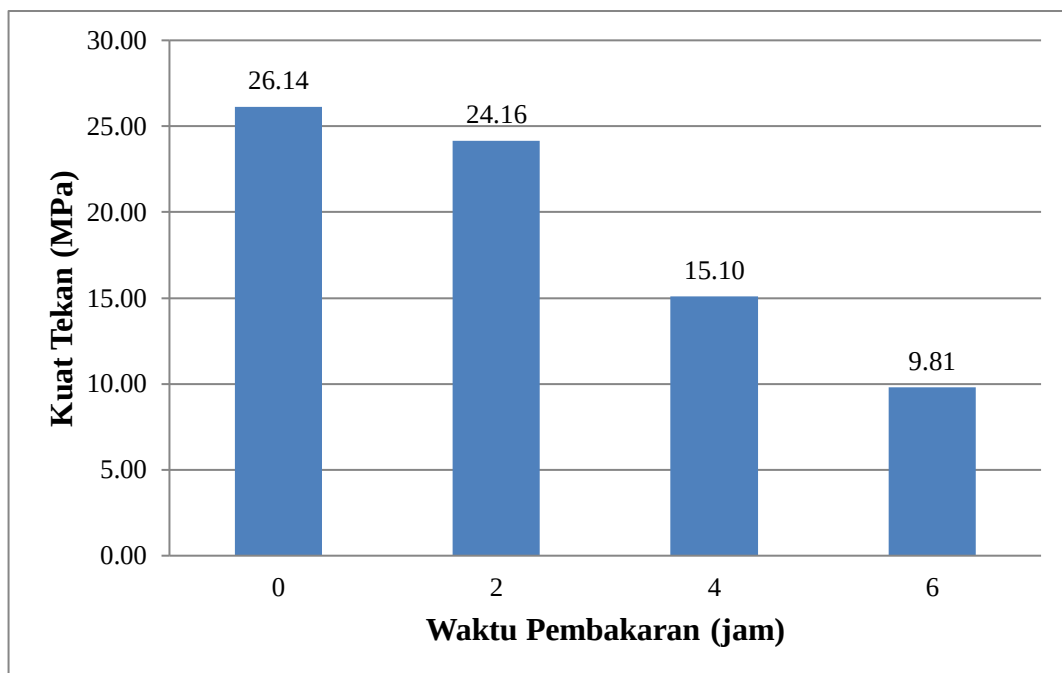
Tabel 4.8 Rekapitulasi hasil kuat tekan beton 6 jam pembakaran

No.	Nama Sampel	Suhu (°C)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'_c (MPa)	Kuat Tekan f'_c Rata-rata (MPa)
1	KT61	560	170	9,62	9,81
2	KT62	590	160	9,06	
3	KT63	580	190	10,76	

Pada pengujian kuat tekan beton 6 jam pembakaran dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 9,81 MPa.

Tabel 4.9 Rekapitulasi kuat tekan beton dan suhu maksimum

No.	Nama Sampel	Kuat Tekan f'_c Rata-rata (MPa)	Suhu Rata-rata (°C)
1	BN	26,14	0
2	KT2	24,16	283
3	KT4	15,10	420
4	KT6	9,81	576



Gambar 4.1 Grafik gabungan kuat tekan beton pasca kebakaran

Pada gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa beton dengan lama pembakaran 2 jam mengalami penurunan kuat tekan sebesar 1,98 MPa pada dari beton normal yaitu sebesar 8% dari beton normal. Pada beton dengan lama pembakaran 4 jam mengalami penurunan kuat tekan sebesar 11,04 MPa yaitu sebesar 46% dari beton

normal dan pada beton dengan lama pembakaran 6 jam mengalami penurunan yang signifikan yakni 16,32 MPa yaitu sebesar 62% dari beton normal.

D. Kuat Tarik Belah Beton

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 12 buah sampel. Yang terdiri dari BN, KTB2, KTB4 dan KTB6. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap BN, KTB2, KTB4 dan KTB6 adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

Tabel 4.10 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal

No.	Nama Sampel	Beban (KN)	Kuat Tarik Belah Ft (MPa)	Kuat Tarik Belah Ft Rata-rata (MPa)
1	BN1	250	3,54	3,37
2	BN2	245	3,47	
3	BN3	220	3,11	

Pada pengujian kuat tarik belah beton normal dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 3,37 MPa.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Tarik belah beton normal

Dari gambar 4.2 pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{\text{S. Agregat Atas}}{\text{Total agregat}} \times 100 \\ &= \frac{9}{19} \times 100 \\ &= 47 \%\end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{\text{S. Agregat Bawah}}{\text{Total agregat}} \times 100 \\ &= \frac{10}{19} \times 100 \\ &= 53 \%\end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 47% : 53 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

2. Tarik belah beton 2 jam pembakaran

Tabel 4.11 Rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton 2 jam pembakaran

No.	Nama Sampel	Suhu (°C)	Beban (KN)	Kuat Tarik Belah Ft (MPa)	Kuat Tarik Belah Ft Rata-rata (MPa)
1	KTB21	330	220	3,11	3,30
2	KTB22	280	230	3,26	
3	KTB23	240	250	3,54	

Pada pengujian kuat tarik belah beton 2 jam pembakaran dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 3,30 MPa.

**Gambar 4.3** Tarik belah beton 2 jam pembakaran

Dari gambar 4.3 pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\
 &= \frac{23}{48} \times 100 \\
 &= 47,92 \%
 \end{aligned}$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat \text{ Bawah}}{Total \text{ agregat}} \times 100 \\
 &= \frac{25}{48} \times 100 \\
 &= 52,08 \%
 \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 47,92% : 52,08 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

3. Tarik belah beton 4 jam pembakaran

Tabel 4.12 Rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton 4 jam pembakaran

No.	Nama Sampel	Suhu (°C)	Beban (KN)	Kuat Tarik Belah Ft (MPa)	Kuat Tarik Belah Ft Rata-rata (MPa)
1	KTB41	420	125	1,77	1,86
2	KTB42	480	130	1,84	
3	KTB43	360	140	1,98	

Pada pengujian kuat tarik belah beton 4 jam pembakaran dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 1,86 MPa.



Gambar 4.4 Tarik belah beton 4 jam pembakaran

Dari gambar 4.4 pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{14}{27} \times 100 \\ &= 51,85 \%\end{aligned}$$

- b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\begin{aligned}\% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Bawah}{Total agregat} \times 100 \\ &= \frac{13}{27} \times 100 \\ &= 48,15 \%\end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 51,85% : 48,85 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

4. Tarik belah beton 6 jam pembakaran

Tabel 4.13 Rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton 6 jam pembakaran

No.	Nama Sampel	Suhu (°C)	Beban (KN)	Kuat Tarik Belah Ft (MPa)	Kuat Tarik Belah Ft Rata-rata (MPa)
1	KTB61	560	70	0,99	0,92
2	KTB62	590	60	0,85	
3	KTB63	580	65	4.89	

Pada pengujian kuat tarik belah beton 6 jam pembakaran dengan jumlah benda uji 3 buah di dapat kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari adalah 0,92 MPa.



Gambar 4.5 Tarik belah beton 6 jam pembakaran

Dari gambar 4.5 pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

- a. Sebaran agregat bagian atas

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Sebaran agregat} &= \frac{S.Agregat Atas}{Total agregat} \times 100 \\
 &= \frac{20}{39} \times 100
 \end{aligned}$$

$$= 51,28 \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat \text{ Bawah}}{Total \text{ agregat}} \times 100$$

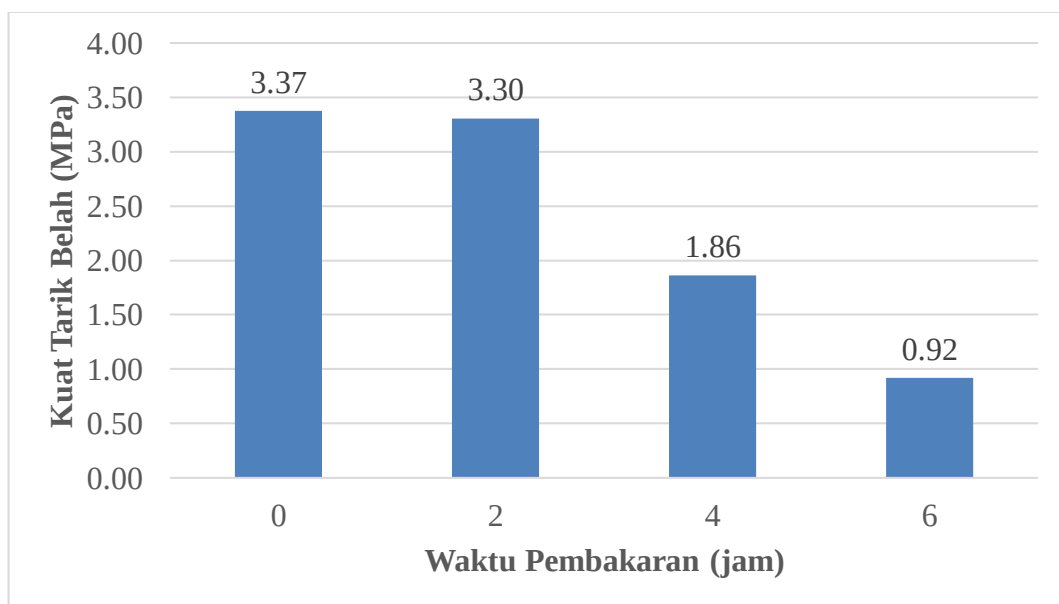
$$= \frac{19}{39} \times 100$$

$$= 48,72 \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 51,28% : 48,72 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

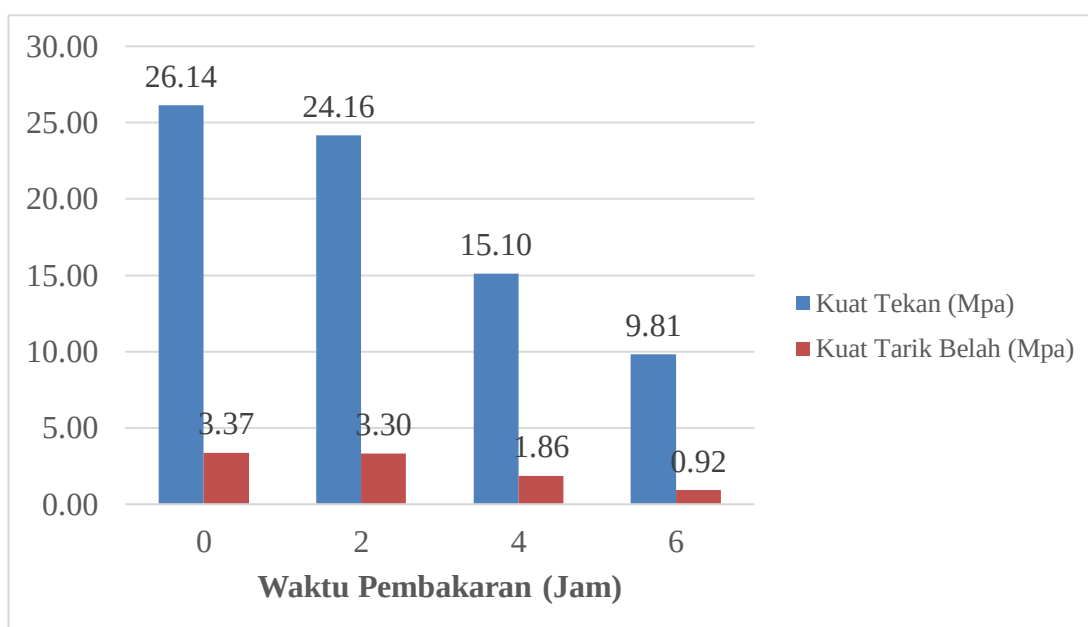
Tabel 4.14 Rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton dan suhu maksimum

No.	Nama Sampel	Kuat Tari Ft Rata-rata (MPa)	Suhu Rata-rata (°C)
1	BN	3,37	0
2	KTb2	3,30	283
3	KTb4	1,86	420
4	KTb6	0,92	576



Gambar 4.6 Grafik gabungan kuat tarik belah beton pasca kebakaran

Pada grafik 4.6 dapat dijelaskan bahwa beton dengan lama pembakaran 2 jam mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 0,07 MPa yaitu sebesar 2% dari beton normal. Pada beton dengan lama pembakaran 4 jam mengalami penurunan kuat tekan sebesar 1,51 MPa yaitu 45% dari beton normal dan pada beton dengan lama pembakaran 6 jam mengalami penurunan yang signifikan yakni 2,45 MPa yaitu sebesar 73% dari beton normal.



Gambar 4.7 Grafik gabungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton pasca kebakaran

Pada grafik 4.7 dapat dijelaskan bahwa nilai kuat tarik belah untuk beton normal yaitu 12% dari nilai kuat tekan beton. Pada beton dengan lama pembakaran 2 jam nilai kuat tarik belah yaitu 13% dari nilai kuat tekan beton. Pada beton dengan lama pembakaran 4 jam nilai kuat tarik belah yaitu 14% dari nilai kuat tekan beton dan pada beton dengan lama pembakaran 6 jam nilai kuat tarik belah yaitu 9% dari nilai kuat tekan beton dengan demikian nilai kuat tarik belah beton 9% - 15 % dari nilai kuat tekannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil dari pengujian kuat tekan beton pasca kebakaran dengan durasi pembakaran 2 jam, 4 jam dan 6 jam, maka didapatkan hasil pengujian beton pada umur 28 hari yaitu beton normal sebesar 26,16 MPa, 2 jam pembakaran sebesar 24,16 MPa mengalami penurunan kuat tekan sebesar 8% dari beton normal, 4 jam pembakaran sebesar 15,10 MPa mengalami penurunan kuat tekan sebesar 46% dari beton normal dan 6 jam pembakaran sebesar 9,81 MPa mengalami penurunan kuat tekan sebesar 62% dari beton normal. Maka dapat disimpulkan semakin lama durasi pembakaran maka nilai kuat tekan akan semakin menurun.
2. Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton pasca kebakaran dengan durasi pembakaran 2 jam, 4 jam dan 6 jam, maka didapatkan hasil pengujian beton pada umur 28 hari yaitu beton normal sebesar 3,37 MPa, 2 jam pembakaran sebesar 3,30 MPa mengalami penurunan kuat tarik belah yaitu 2% dari beton normal, 4 jam pembakaran sebesar 1,86 MPa mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 45% dari beton normal dan 6 jam pembakaran sebesar 0,92 MPa mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 73% dari beton normal. Maka dapat disimpulkan semakin lama durasi pembakaran maka nilai kuat tarik belah akan semakin menurun.

B. Saran

1. Dapat dilakukan penelitian lanjutan tentang sifat mekanik atau fisik beton pasca bakar terhadap beton bertulang yang menitikberatkan pada pengujian tulangan yang belum pernah diteliti sebelumnya.
2. Pembakaran sebaiknya dilakukan pada tungku atau oven yang bisa diatur otomatis pengaturan suhunya agar mendapatkan suhu yang konstan.
3. Melakukan penelitian lebih lanjut terhadap suhu pembakaran antara 200°C – 300°C dimana pada suhu tersebut terdapat dua hasil pengujian yang berbeda yakni kuat tekan semakin tinggi dan kuat tekan semakin turun.
4. Menambah variasi sampel yang lebih bervariasi, durasi waktu pembakaran, jenis mutu beton, metode pembakaran serta proses pengujian untuk lebih mengetahui perubahan – perubahan pada beton pasca kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Nur dan Aras. 2009. *Kuat Tekan Beton dengan Kenaikan Temperatur*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Ahmad, I.A dan Taufieq. 2006. *Tinjauan Kelayakan Forensic Engineering Dalam Menganalisis Kekuatan Sisa Bangunan Pasca Kebakaran*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Atmaja. 2018. *Struktur Beton Pasca Kebakaran Terhadap Kuat Tekan dan Karakteristik Beton*. Fakultas Teknik Universitas Serang Raya. Banten.
- Bancin, Labora. 2016. *Pengaruh Penambahan Water Reducing And Retarding Admixture Terhadap Kuat Tekan Beton*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan. Medan.
- Bayuasri, Himawan dan Antonius. 2006. *Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Daga.W. 2002. *Studi Eksperimen Kekuatan Beton Yang Mengalami Kebakaran*. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana. Kupang.
- Ferguson, P. 1986. *Dasar-Dasar Beton Bertulang*. Erlangga. Jakarta Pusat.
- Ferrodimulyo K, 2007, *Teknologi Beton*, Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Kosakoy, M. 2017. *Perbandingan Nilai Kuat Tarik Langsung dan Tidak Langsung Pada Beton yang Menggunakan Fly Ash*. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Kusno dan Susilorini. 2011. *Teknologi Beton Lanjutan*. Surya Perdana Semesta. Semarang.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Mulyono, T., 2006, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Natalia, M. 2011. *Pengaruh Pemanasan Pada Penurunan Kekuatan Beton*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Padang.
- Nugraha dan Antoni. 2000. *Teknologi Beton dari Material Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Olil, Laya, dan Nur. 2015. *Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Mengalami Suhu Tinggi*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.

- PBI, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I.-2, Cetakan ke-7*. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah, Bandung.
- Rakhman, A. 2018. *Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Beton yang Menggunakan Water Reducer dan Retarder*. Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Santoso, A. 2009. *Analisis Sifat Mekanik Tulangan Beton Pasca Bakar*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Setyowati, W. 2016. *Pengaruh Perubahan microstruktur Beton Akibat Suhu Tinggi terhadap Lebar Retak Balok Beton Bertulang*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jawa Timur.
- Sirait, 2009. *Kajian Perilaku Beton Bertulang Pasca Bakar*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jawa Timur
- SNI-2847-2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1974-2011. *Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2491:2014. *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Srihayati, Murtiadi, dan Kencanawati. 2021. *Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Silica Fume sebagai Pengganti sebagian Semen*. Fakultas Teknik Universitas Mataram. Mataram.
- Suku,N. *Perubahan Perilaku Kuat Tekan dan Tarik Belah Beton Akibat Pemanasan*. Fakultas Teknik Universitas Flores Ende. Flores.
- Sumardi, P. 2000. *Aspek Kimia Beton Pasca Bakar*. Kursus Singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton Yang Rusak Akibat Kebakaran dan Gempa. Yogyakarta.
- Surbakti, N. 2021. *Analisis Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Terhadap Kuat Tekan Karakteristik Beton*. Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Medan.
- Triandanu, K. 2010. *Kajian Kuat Belah dan Mor Beton Ringan Pasca Bakar*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Zacoeb, A. dan Anggraini. 2005. *Kuat Tekan Beton Pasca Bakar*. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jakarta Timur.