

PEMANFAATAN ABU BATU *STONE CRUSHER* DENGAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

BRILLIAN SIJABAT¹ dan ELLYZA CHAIRINA¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan
brilliansijabat17@gmail.com

Abstrak, Industri pemecahan batu umumnya menghasilkan suatu limbah yang disebut abu batu dalam jumlah yang tidak sedikit. Batu yang disebut sebagai limbah abu batu ini merupakan batu-batu kecil yang berdiameter 100 mm (tertahan ayakan) dan 50 mm (lolos ayakan). Karena bentuknya yang kecil ini, dikatakan bahwa abu batu dapat dijadikan bahan pengganti pasir atau bahan agregat yang bagus dalam kegiatan konstruksi untuk dicampurkan dengan bahan-bahan material lainnya. Tujuan dilakukannya penelitian ini ialah mengetahui kadar optimalisasi penggunaan abu batu dan seberapa jauh bisa dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan lingkungan. Sebuah bahan beton bangunan bisa diciptakan dengan mencampurkan beberapa bahan dan abu pasir sebagai bahan agregat pengganti pasir sebanyak lebih dari 20%. Sebagai pengganti pasir yang bersifat alami, peneliti menggunakan abu batu berproporsi sebanyak 20% dan 30% pada penelitian ini. Hasil penelitian ini memperlihatkan penggunaan agregat halus berupa abu batu menghasilkan jumlah nilai kuat tekan beton dengan variasi persen dari jumlah pasir didapat hasil kuat tekan beton normal dengan hasil kuat tekan hampir mendekati dengan mutu beton yang sudah ditetapkan. Kuat tekan beton dengan campuran abu batu 20% abu batu didapat dengan nilai kuat tekan melebihi dari syarat nilai mutu beton, dan kuat tekan beton dengan campuran 30% abu batu bahkan akan sangat memenuhi dari mutu beton pada ketentuan syarat mutu beton. Pada pengujian ini masa perendaman beton lakukan pada di 28 hari. Hasil pengujian ini dilakukan berdasarkan yang sudah dilakukan pengujian dengan mutu $f_c' = 22$ MPa.

Kata kunci: Abu batu, agregat, campuran, material.

Abstract, The stone crushing industry generally produces a waste called stone ash in large quantities. Stones referred to as stone ash waste are small stones with a diameter of 100 mm (retained by the sieve) and 50 mm (passed through the sieve). Because of its small shape, it is said that stone ash can be used as a substitute for sand or a good aggregate material in construction activities to be mixed with other materials. The aim of this research is to determine the optimum level of use of rock ash and how far it can be used to overcome environmental problems. A building concrete material can be created by mixing several ingredients and sand ash as an aggregate substitute for sand with more than 20%. As a substitute for natural sand, researchers used rock ash in proportions of 20% and 30% in this research. The results of this research show that the use of fine aggregate in the form of stone ash produces a total value of compressive strength of concrete with variations in percent of the amount of sand, resulting in normal concrete compressive strength results with compressive strength results almost close to the specified concrete quality. The compressive strength of concrete with a mixture of 20% stone ash is obtained with a compressive strength value that exceeds the concrete quality requirements, and the compressive strength of concrete with a mixture of 30% stone ash will even meet the concrete quality requirements of the concrete quality requirements. In this test, the concrete soaking period was 28 days. The results of this test were carried out based on tests that had been carried out with a quality of $f_c' = 22$ MPa.

Key words: Stone ash, aggregate, material, mix.

PENDAHULUAN

Kumpulan butiran-butiran mineral seperti pasir, kerikil, atau batu yang pecah hasil dari kegiatan manusia maupun alam disebut agregat. Perusahaan-perusahaan pemecah batu umumnya menghasilkan limbah agregat halus berupa abu batu dan agregat kasar yang bisa dimanfaatkan untuk campuran material konstruksi. Besaran bahan material yang tergolong ke dalam agregat halus berdiameter paling besar 5mm yang biasanya berbentuk pasir baik buatan maupun yang berasal dari alam. Pasir adalah bahan agregat yang paling banyak digunakan dalam mengisi campuran semen karena sifatnya yang tidak membutuhkan pemrosesan lebih lanjut, harganya yang terhitung murah, dan jumlahnya yang melimpah di alam.

Salahsatu bahan material utama dalam konstruksi adalah batu pecah yang bersumber dari pengolahan batuan sungai dengan teknik jaw *crusher* yang kemudian didapatkan sebuah produk dengan ukurannya masing-masing sesuai peruntukannya. Batu pecah diolah sedemikian rupa bertujuan untuk mendapatkan agregat kasar, sementara abu batu yang dihasilkannya tergolong ke dalam produk sampingan dan termasuk ke dalam jenis agregat halus.

Abu batu mempunyai potensial yang cukup tinggi dan bisa bermanfaat untuk campuran material bangunan karena mempunyai 17-25% kandungan fraksi sehingga bisa dijadikan campuran pembuatan semen. Terdapat beberapa kriteria dan persyaratan pembuatan semen dengan campuran abu batu. Batu abu bisa digunakan sebagai pengganti pasir atau agregat halus pembuat semen ketika telah memenuhi berbagai kriteria dan persyaratan yang ada.

Konstruksi pekerasan jalan saat ini mayoritas telah menggunakan lapisan aspal beton, bukan lagi berupa lapisan penetrasi macadam (lapen) seperti dahulu sehingga sudah tidak banyak orang yang menggunakan abu batu dalam dunia konstruksi dan kurang diminati di masyarakat. Oleh karena itu, peneliti mencoba menemukan melakukan pengkajian mengenai bagaimana cara agar abu batu tetap dapat digunakan sebagai pengganti pasir dengan menemukan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan konstruksi saat ini.

Metode atau cara yang peneliti gunakan ialah dengan menambahkan besaran abu batu dan mengurangi jumlah pasir pada percampuran pembuatan beton. Ada sekitar 20% atau 30% abu batu dari total pasir yang dicampurkan ke dalam komposisi beton.

Dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana sebuah abu batu yang merupakan limbah industri batu pemecah dapat digunakan kembali dalam material konstruksi sehingga

mampu dijadikan nilai tambahan pendapatan sekaligus solusi atas berbagai permasalahan pencemaran lingkungan. Menurut hasil riset, abu batu masih bisa dijadikan bahan campuran dalam membuat beton karena kadar organik yang tergolong masih rendah (Hadi, 2012). Penelitian tersebut membah dan mencoba menguji seberapa besar kadar maksimal dari limbah abu batu untuk dijadikan campuran pembuatan beton dengan ketentuan kuat tekan betonnya pada usia 28 dan 14 hari dan bagaimana pengaruhnya terhadap kekuatan beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Mulyono (2004) menyebutkan bahwa beton adalah salah satu material bangunan yang dibuat atas beberapa bahan seperti air, agregat halus dan kasar, semen hidrolik, serta bahan tambahan lain (*additive/admixture*). Kinerja dan kekuatan suatu beton dipengaruhi oleh beberapa aspek, seperti pemberian bahan tambahan berupa *admixture/additive*, cara merawat beton segar, sistem pekerjaan, *mix design*, atau kualitas materialnya (air, semen, dan agregat kasar maupun halus).

Perlu pemahaman secara mendalam mengenai karakteristik setiap komponen penyusun beton sebelum mempelajari bahan-bahan penyusun (elemen gabungan) penciptaan sebuah beton. Sebelum mengkaji dan memahami secara menyeluruh mengenai beton, terlebih dahulu harus memahami keseluruhan unsur yang membentuk beton itu sendiri. Terdapat beberapa standar atau dasar pembuatan beton yang telah dikeluarkan oleh LPMB atas perintah langsung dari DPU (Departemen Pekerjaan Umum) yang menyebutkan bahwa beton terdiri atas gabungan antara air, agregat kasar dan halus, serta semen hidrolik/polland (SK.SNI T-15-1990-03:1).

Melalui sebuah alat pengujian yang biasanya berbentuk silinder berdiameter 150mm dengan tinggi 300mm, peneliti bisa menguji nilai kekuatan tekan dari beton dengan ASTM C39-86 sebagai standar tahapannya. $f'c$ (tegangan tekan paling tinggi) menjadi penentu seberapa setiap kuat tekanan dari benda yang diuji di mana benda tersebut sudah harus berusia 28 hari dan mendapat tekanan beban tertentu.

Durabilitas, keekonomisan, dan kekuatan adalah 3 hal yang harus sangat dipertimbangkan ketika membuat sebuah beton. Durabilitas diartikan sebagai seberapa besar daya tahan bahan pembuat beton dapat memikul beban. Ketika membuat sebuah beton, seseorang harus menghitung banyaknya agregat, semen, dan kadar air yang digunakan baru mencampurnya. Tahap selanjutnya adalah merawatnya selama 28 hari hingga mencapai kekuatan tertentu ($f'c$) dan mengalami pengerasan dan

diharapkan mampu menahan keseluruhan beban yang diterimanya.

Stone crusher (abu batu) merupakan bahan bangunan jenis agregat buatan untuk konstruksi yang mengandung pengisi/filler berukuran $< 0.075\text{mm}$ yang didapatkan atau merupakan hasil olahan sampingan dari industri batu pecah. Tekstur dari bahan tersebut adalah tajam, halus dan mempunyai warna abu-abu. Sifatnya antara lain mampu membentuk massa padat jika dicampurkan dengan air walaupun wujud keringnya nampak halus, keras, awet, dan mempunyai unsur alumina dan silika yang bersifat semen (pozzolan).

METODE PENELITIAN

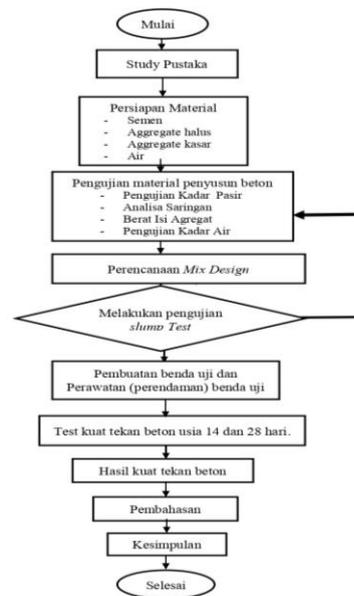
Penelitian yang peneliti lakukan ini berjenis percobaan (eksperimen) dengan tujuan menemukan seberapa besar pengaruh kuat tekan beton dengan substitusi abu batu sebagai bahan pengganti sebagian pasir terhadap beton bahan tambah abu batu yang dilakukan di dalam sebuah laboratorium terhadap 12 sampel pengujian yang bervariasi 20% dan 30%. Pada umur beton 14 dan 28 hari.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara yang dilaksanakan pada Mei 2023.

Melalui Standard Specification for Concrete Aggregate (ASTMC33) sebagai parameter pengujiannya, peneliti menganalisa saringan, menguji kadar, berat isi agregat, kadar air, dan berat jenis agregatnya. Mix design mengikuti SNI 03-2834-2000 untuk betond dengan f^c 22MPa (normal) dan ditambahkan abu batu variasi 20% dan 30% dari berat pasirnya dari pemecah batu stone crusher dengan ukuran 100 mm (lolos saringan) dengan 3-6cm slump. Peneliti kemudian menggunakan uji comperssion test dalam membandingkan keseluruhan hasil pengujian kuat tekanan yang diperoleh sehingga didapatkan perbandingan nilai kekuatan beton campuran abu batu dengan nilai kekuatan tekanan beton yang normal.

Alur Skema Penulisan



Gambar 1. Alur Skema Penelitian

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data yang peneliti dapatkan akan diolah dengan standar pengolahan pencampuran adukan beton dalam SNI-03-2831-2000 agar sesuai dengan standar yang ada dan memudahkan proses pengerjaannya.

Hasil Pengujian Beton Segar

Slump yang peneliti uji atau gunakan disesuaikan dengan SNI 1972-2008 agar *workability* (tingkat kelacakan) bisa ditemukan. Dari hasil pengujian rata-rata *slump test* untuk campuran beton segar adalah 6 cm. untuk rata-rata *Slump test* untuk campuran bahan pengganti abu batu untuk 20% dan untuk 30%. Hasil dari nilai *slump* tersebut masih batas nilai ketentuan *slump* yang direncanakan. Oleh karena itu, campuran beton dapat digunakan untuk benda uji slinder. Dengan kata lain, hasil pengujian *slump* campuran beton ini memenuhi syarat ketentuan pembuatan beton normal.

Penetapan *slump* disesuaikan dengan kondisi/keadaan selama pekerjaan berlangsung di lapangan agar dapat memenuhi syarat *workability* supaya diperoleh beton yang mudah dituangkan. Proses pembuatan beton akan semakin mudah seiring tingginya nilai *slump*. Pengujian *slump* ini dilakukan dengan menggunakan tabung *Abram* dengan ukuran tinggi 30 cm, diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, dan dilengkapi dengan tongkat panjang 60 cm berdiameter 16 mm. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Beton Segar (*Slump Test*)

No	Jenis Sampel	Nilai <i>Slump</i> (mm)
1	Beton Normal	40,1
2	Beton dengan Abu Batu 20%	38,3
3	Beton dengan Abu Batu 30%	35,5

Hasil uji kuat tekan beton

Setelah benda uji dibuat, dan dibentuk kedalam cetakan silinder dan di rawat hingga umur 14 dan 28 Hari sesuai dengan syarat dan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Maka benda uji tersebut dibawa ke Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara (UISU), untuk dilakukan pengujian, dan didapat data beban tekan beton sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Keterangan	Beban Tekan (Ton)		Beban Tekan (Ton)	
	Perendaman 14 Hari		Perendaman 28 Hari	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
Beton Normal	24.00	29.00	28.50	31.00
Beton Campuran 20%	25.00	30.00	35.00	36.50
Beton Campuran 30%	27.00	31.00	37.00	38.30

Setelah benda uji di buat, di bentuk kedalam cetakan silinder dan di rawat hingga umur 14 dan 28 Hari sesuai dengan syarat dan ketentuan SNI. Maka benda uji tersebut dibawa ke Laboratorium Universitas Islam Sumatera Utara (UISU), untuk dilakukan pengujian, dan didapat data beban tekan beton sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Ha ri	Samp el	Beb an Tek an (Ton)	Beba n Tekan (Kg)	Luas Bend a Uji (cm ²)	Beban Tekan Rata-Rata(T on)	Kuat Tekan (Fc')
14	1	24.00	24.000	176,79	26,50	20,72
	2	29.00	29.000	176,79		
28	1	28.50	28.000	176,79	29,75	20,26

Ha ri	Samp el	Beb an Tek an (Ton)	Beba n Tekan (Kg)	Luas Bend a Uji (cm ²)	Beban Tekan Rata-Rata(T on)	Kuat Tekan (Fc')
	2	31.00	32.000	176,79		

Setelah pengujian beban tekan beton menggunakan alat *Compression Test* data yang dihasilkan di bagi dengan faktor silinder dan faktor perendaman

a. Perendaman pada 14 hari

1. Beton normal = 26,50 Ton = 26.500 kg = 265.000 N

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 7,5^2 \\ &= 176,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc' &= \frac{265.000}{176,79 \times 100} = 14,98 \\ &= \frac{14,98}{0,88} = 17,2 \\ &= \frac{17,2}{0,83} = 20,72 \end{aligned}$$

b. Perendaman pada 28 hari

1. Beton normal = 29,75 Ton = 29.750 kg = 297.500 N

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 7,5^2 \\ &= 176,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc' &= \frac{297.500}{176,79 \times 100} = 16,82 \\ &= \frac{16,82}{0,83} = 20,26 \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran 20% abu batu

Ha ri	Samp el	Beb an Tek an (Ton)	Beba n Tekan (Kg)	Luas Bend a Uji (cm ²)	Beban Tekan Rata-Rata(T on)	Kuat Tekan (Fc')
14	1	25.00	25.000	176,79	27.50	21.28
	2	30.00	30.000	176,79		
28	1	35.00	35.000	176,79	35.75	24.36

	2	36.5 0	36.5 00	176, 79		
--	---	-----------	------------	------------	--	--

a. Perendaman pada 14 hari

2. Beton campuran 20% = 27,50 Ton = 27.750 kg = 275.000 N

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 7,5^2 \\ &= 176,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc' &= \frac{275.000}{176,79 \times 100} = 15,55 \\ &= \frac{15,55}{0,88} = 17,67 \\ &= \frac{17,67}{0,83} = 21,28 \end{aligned}$$

b. Perendaman pada 28 hari

3. Beton campuran 30% = 35,75 Ton = 35.750 kg = 357.500 N

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 7,5^2 \\ &= 176,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc' &= \frac{357.500}{176,79 \times 100} = 20,22 \\ &= \frac{20,22}{0,83} = 24,36 \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton campuran 30% abu batu

Ha ri	Samp el	Beb an Tek an (Ton)	Beba n Tekan (Kg)	Luas Bend a Uji (cm ²)	Beban Tekan Rata- Rata(T on)	Kuat Tekan (Fc')
14	1	27.0 0	27.0 00	176, 79	29.00	22.4 4
	2	31.0 0	31.0 00	176, 79		
28	1	37.0 0	37.0 00	176, 79	37.65	25.6 5
	2	38.3 0	38.3 00	176, 79		

a. Perendaman pada 14 hari

2. Beton campuran 30% = 29,00 Ton = 29.000 kg = 290.000 N

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 7,5^2 \\ &= 176,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc' &= \frac{290.000}{176,79 \times 100} = 16,40 \\ &= \frac{16,40}{0,88} = 18,63 \\ &= \frac{18,63}{0,83} = 22,44 \end{aligned}$$

a. Perendaman pada 28 hari

3. Beton campuran 30% = 37,65 Ton = 37.650 kg = 376.500 N

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times 7,5^2 \\ &= 176,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fc' &= \frac{376.500}{176,79 \times 100} = 21,29 \\ &= \frac{21,29}{0,83} = 25,65 \end{aligned}$$

PEMBAHASAN

Berdasarkan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dapat dijelaskan bahwa:

- Untuk hasil pengujian kuat tekan beton normal 14 hari didapat 20,72 MPa.
- Untuk hasil pengujian kuat tekan beton normal 28 hari didapat 20,26 MPa.
- Untuk hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan pengganti abu batu 20% 14 hari didapat hasil 21,28 MPa.
- Untuk hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan pengganti abu batu 20% 28 hari didapat hasil 24,36 MPa.
- Untuk hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan pengganti abu batu 30% 14 hari didapat hasil 22,44 MPa.
- Untuk hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan pengganti abu batu 30% 28 hari didapat hasil 25,65 MPa.

Berdasarkan grafik hasil perbandingan pengujian kuat tekan beton untuk setiap variasi pengujian beton normal, beton dengan bahan tambah abu batu 20% dan abu batu 30% dari umur 14 hari dan 28 hari cenderung meningkat pada setiap pengujiannya. Kuat tekan yang sesuai dengan kuat tekan rencana adalah pada beton normal umur 28 hari yaitu 20,62 MPa, pada beton dengan bahan tambah abu batu 20% umur 28 hari didapat hasil 24,36 MPa, sedangkan untuk bahan tambah abu batu 30% kuat tekan yang sesuai dengan rencana pada umur 28 hari yaitu 25,65 Mpa. Dari hasil uji penelitian ini maka dapat disimpulkan perbandingan nilai kuat tekan beton dengan adanya bahan pengganti abu batu dapat memenuhi syarat uji beton dengan mutu 22 MPa. Hal ini dikarenakan banyaknya limbah abu batu yang tidak begitu laku diperjualkan, maka dari ini abu batu cukup efisien dilakukan dalam pelaksanaan beton dan tentu

saja sudah memenuhi syarat dari seperti hasil penelitian ini, adapun syarat yang sudah di uji baiknya pengganti abu batu sebesar 20% atau bahkan lebih dari jumlah pasir yang digunakan.

KESIMPULAN

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

1. Pada beton normal kuat tekan yang dihasilkan mencapai 20,26 MPa pada umur 28 hari, dan beton dengan abu batu 20% kuat tekan yang dihasilkan sebesar 24,36 MPa lebih tinggi dari kuat tekan beton normal. Pada beton dengan abu batu 30% didapatkan kuat tekan sebesar 25,65 Mpa. Dari hasil uji penelitian ini maka dapat disimpulkan perbandingan nilai kuat tekan beton dengan adanya bahan pengganti abu batu dapat memenuhi syarat uji beton dengan mutu 22 MPa.
2. Presentase kuat tekan beton terbesar dicapai pada variasi penambahan Abu batu 30% pada umur beton 28 hari yaitu sebesar 25,65 MPa. Bahwa abu batu yang digunakan yaitu 20% sebagai substitusi sebagian agregat halus pasir dapat menghasilkan kuat tekan beton yang cukup tinggi. Demikian juga jika abu batu dengan persentase dari 30% digunakan. Maka dari itu perbandingan kuat tekan antara beton normal dengan penambahan abu batu 20% dan 30% adalah dengan rata-rata 23,42 MPa. Berdasarkan hasil persentase penelitian bahwasanya dengan penambahan abu batu sebagai bahan pengganti pasir dapat memenuhi nilai maksimum pada beton.
3. Berdasarkan dari pengujian yang telah dilaksanakan dapat diketahui bahwa pengujian *slump test* dari setiap pengujian variasi didapat perbandingan uji yang berbeda diataranya pengujian beton normal diperoleh 40,1 mm, dan pada penambahan 20% adalah 38,3 mm, dan 30% dengan nilai *slump* 35,5 mm. Maka dari hasil pengujian *slump test* ini didapat penurunan nilai *slump* dikarenakan sifat abu batu yang dapat menyerap air.

DAFTAR PUSTAKA

Asroni, Ali. 2010. *Memperbaiki kualitas beton*. Graha Ilmu. Yogyakarta

Badan Standardisasi Nasional SNI 03-2834-2000. (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal). *Badan Standardisasi Nasional*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Jakarta.

Badan Standar Nasional. 2002. SNI 01-3541-2002. (n.d.). *Badan Standardisasi Nasional*. Jakarta.

Basuki, Ahmad. 2012. *Bahan penyusun beton*. Joglosemar. Jawa Timur.

Daparteman Pekerjaan Umun. 1971. *Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PBBI)*. Bandung

Daparteman Pekerjaan Umun. 1991. *Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal. SK SNI T - 15 - 1990 - 03*. Bandung.

Haris, HA 2017. *Pengaruh Penggunaan Abu Batu Terhadap Kuat Tekan Beton*. Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya.

J,Ahmad. 2018. *Desain Penelitian Analisa Isi (Content Analysis)*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Nawy Andi. Yogyakarta.

Mulyono, Tri. 2006. *Teknologi Beton*. Nawy Andi. Yogyakarta.

Nawy, E. G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar (Vol. 2)*. PT. Refika Aditama. Bandung.

Randing, D. 1994. *Perencanaan Campuran dan pengendalian Mutu Beton*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Saputra, R. 2017. *PENGARUH AIR, COMBERAN PADA PROSES CURING TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. Jurnal CIVILA. Jakarta.

Tjokrodinuljo, K. 1998. *Buku Ajar Bahan Bangunan*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Universitas Islam Sumatera Utara. 2023. *Laporan Praktikum Beton Universitas Islam Sumatera Utara*. Medan.