

# Uji Kuat Tekan Green Concrete Dari Pemanfaatan Limbah Beton Dan Abu Sekam Padi

Samuel Bryant Agus Jaya<sup>1</sup>, Didik Ariyanto<sup>2</sup>,  
Djoko Suwarno<sup>3</sup>, Budi Setiyadi<sup>4</sup>

email: <sup>1</sup>samuelbrynt.a.j@gmail.com, <sup>2</sup>12didikariyanto@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Unika Soegijapranata, Semarang, Universitas Katolik Soegijapranata; Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234, 024-8441555

## Abstrak

*Green Concrete* adalah beton yang memperhatikan lingkungan. Hal itu, dilakukan melalui inovasi teknologi beton. Pemanfaatan dan penggunaan limbah beton/bahan daur ulang menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan lingkungan. Bahan daur ulang diperoleh dengan memanfaatkan limbah beton bangunan yang sudah hancur. Pemanfaatan abu sekam padi untuk mengurangi penggunaan semen dalam campuran beton. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kuat tekan beton dengan mengganti 60% agregat kerikil alam dengan agregat kasar limbah beton dan mengganti komposisi semen dengan abu sekam padi sebesar 0% (A60), 8% (A60:AS8) dan 10% (A60:AS10). Pengujian sampel silinder beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan total sampel 38 buah. Metode penelitian yang dilakukan meliputi studi literatur, persiapan alat dan material (persiapan material diantaranya penghancuran limbah beton dan pembakaran abu sekam padi), perencanaan *mix design*, pembuatan sampel beton dan pembahasan. Hasil kuat tekan beton A60 sebesar 23,638 MPa, beton A60:AS8 sebesar 24,638 MPa, beton A60:AS10 sebesar 23,968 MPa. Beton A60:AS8 mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,9% dari beton A60. Hasil kuat tekan optimum terdapat pada beton A60:AS8 dengan kuat tekan sebesar 24,345 MPa.

**Kata kunci :** *Green Concrete*, Limbah beton, Abu sekam padi, Kuat Tekan beton

## Abstract

*Green Concrete is concrete that takes into account the environment. That was done through concrete technological innovation. Utilization and use of concrete waste / recycled materials is one solution to environmental problems. Recycled material is obtained by utilizing concrete waste from buildings that have been destroyed. Utilization of natural rice husk ash to reduce the use of cement in concrete mixes. The purpose of this study was to determine the compressive strength of concrete by replacing 60% of natural gravel aggregate with coarse aggregate of concrete waste and replacing cement composition with rice husk ash by 0% (A60), 8% (A60: AS8) and 10% (A60: AS10) . Concrete cylinder sample testing was carried out at 7, 14 and 28 days with a total sample of 38 pieces. The research methods carried out include the study of literature, preparation of tools and materials (material preparation including the destruction of concrete waste and burning of rice husk ash), planning mix design, concrete sample making and discussion. The yield of compressive strength of A60 concrete is 23,638 MPa, A60: AS8 concrete is 24,638 MPa, A60: AS10 concrete is 23,968 MPa. Concrete A60: AS8 experienced a compressive strength increase of 2.9% over A60 concrete. The optimum compressive strength results are found in concrete A60: AS8 with compressive strength of 24,345 MPa.*

**Keywords:** *Green Concrete, Concrete, waste, Rice husk ash, Concrete Compressive Strength*

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki resiko tinggi bagi terjadinya bencana karena secara geologis terletak pada pertemuan lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Lempeng Pasifik (Desfandi, 2014). Menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) di tahun 2018 gempa bumi dan banjir merupakan bencana alam yang paling besar menimbulkan dampak bagi masyarakat. Dampak yang ditimbulkan ketika terjadinya bencana alam diantaranya adalah korban jiwa maupun kerusakan fasilitas infrastruktur.

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi bangunan harus dilakukan untuk menyelesaikan dan meminimalkan dampak bencana alam. Dampak yang ditimbulkan terhadap bangunan berupa kerusakan hingga timbulnya limbah bangunan. Limbah bangunan yang dihasilkan berupa pecahan-pecahan beton, partisi dinding, besi hingga material kayu. Selain bencana alam limbah bangunan banyak dihasilkan dari pekerjaan konstruksi. Data Badan Pusat Statistik tahun 2018 nilai konstruksi yang diselesaikan di seluruh wilayah Indonesia mengalami peningkatan dari Rp 839.205.661 menjadi Rp 958.015.034. Dengan meningkatnya jumlah infrastruktur maka cadangan sumber daya alam akan berkurang dan berakibat pada meningkatnya limbah sebagai hasil proses konstruksi maupun setelah bangunan tersebut habis masa pakainya (Ervianto dkk., 2012). Limbah beton merupakan limbah bangunan yang kurang dapat diolah kembali dibandingkan dengan material yang lain. Sebagian besar limbah yang dihasilkan hanya dibuang begitu saja atau digunakan sebagai material urugan. Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah

satu upaya mengurangi dampak tersebut dengan menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan beton baru. Ini menjadi alternatif bahan beton yang menguntungkan, karena agregat yang digunakan adalah agregat yang telah dibuang (Soelarso dkk, 2016). Dengan demikian penggunaan kembali agregat atau *waste material* dapat mendukung konsep *green concrete* yaitu mengurangi, menggunakan kembali dan mendaur ulang. *Green concrete* mendukung tiga pilar keberlanjutan: dampak lingkungan, ekonomi, dan sosial (Suhendro, 2014).

Hasil penelitian terkait penggunaan material beton daur ulang, perbandingan penurunan kuat tekan sebesar 7% untuk penggunaan agregat kasar dari limbah beton dibandingkan beton normal (Mulyati dan Arman, 2014). Penelitian tersebut menunjukkan penggunaan agregat kasar daur ulang dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. Inovasi lain tentang beton daur ulang yaitu terkait penggunaan beton daur ulang dengan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) dan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Hasil penelitian pengujian kuat tekan beton daur ulang dengan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen menghasilkan nilai kuat tekan optimum pada 20% *fly ash* sebesar 18.61 MPa, sedangkan variasi dengan kadar 20% *fly ash* dan 5% serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen menghasilkan nilai kuat tekan yang optimum sebesar 16.93 MPa (Punusingon dkk, 2019). Penelitian penggunaan beton daur ulang dengan bahan tambah lain perlu dilakukan untuk memperoleh hasil kuat tekan yang lebih optimum, salah satunya penggunaan abu sekam padi. Hasil penelitian penggunaan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton optimum dengan penambahan ASP sebesar 8% (Tata dkk, 2016). Penelitian lain presentase optimum

penggunaan ASP adalah 10% dari berat semen (Abdian dan Herbudiman, 2010). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh substitusi material abu sekam padi terhadap kadar semen yang digunakan. Harapannya dapat menaikkan nilai kuat tekan beton daur ulang tersebut, dikarenakan pada abu sekam padi terdapat senyawa silika yang berfungsi sebagai pengikat.

### 1.2 Perumusan Masalah

Pentingnya membuat terobosan beton daur ulang maupun beton ramah lingkungan merupakan tantangan yang harus dilakukan di masa mendatang. Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa banyak komposisi campuran yang digunakan untuk memperoleh mutu beton daur ulang tinggi dengan bahan pengganti berupa abu sekam padi dan agregat kasar limbah beton.
2. Seberapa besar perbedaan kekuatan beton alami dengan beton daur ulang.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton  $f_c'$  24,9 MPa.
2. Benda uji yang digunakan yaitu: Silinder dengan ukuran  $\varnothing$  15 cm, tinggi 30 cm sebanyak 38 buah. Pengujian kuat tekan di umur beton 7 dan 14 hari masing-masing umur dibuat 12 buah silinder. Sedangkan pengujian kuat tekan pada umur beton 28 hari sebanyak 14 buah silinder.
3. Agregat kasar alam dan agregat kasar daur ulang yang digunakan yaitu agregat yang tertahan pada saringan no. 4 (4,75 mm).
4. Abu sekam padi yang digunakan yaitu lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

5. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I (*Ordinary Portland Cement*).
6. Bahan pengganti yang digunakan: Abu sekam padi yang digunakan dengan komposisi 0%, 8% dan 10% dari berat total semen. Agregat kasar limbah beton yang digunakan sebesar 60% dari total agregat kasar yang digunakan.
7. Proses penghancuran limbah beton dengan cara manual.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian terkait dengan pengaruh penggunaan abu sekam padi dan agregat kasar limbah beton sebagai pengganti semen maupun agregat bertujuan untuk:

1. Mengetahui uji kuat tekan beton yang bisa dihasilkan dari penggunaan abu sekam padi dan limbah beton.
2. Mengetahui perbandingan nilai kuat tekan antara material beton alami dengan material beton daur ulang.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pertumbuhan Konstruksi di Indonesia

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2010-2017, nilai konstruksi cenderung mengalami peningkatan. Meningkatnya nilai konstruksi yang diselesaikan dapat diartikan bahwa semakin tinggi aktivitas pembangunan proyek konstruksi di Indonesia (BPS, 2019).



Gambar 2.1.

Nilai Konstruksi yang Diselesaikan (Sumber: <https://www.bps.go.id/dynamic/itable/2015/09/19/929/nilai-konstruksi-yang-diselesaikan-menurut-provinsi-dan-bidang-pekerjaan-2007---2016.html>)

## 2.2. Kerusakan Bangunan akibat Bencana Alam

Indonesia merupakan negara yang rentan terhadap terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir dan angin puting beliung. Menurut hasil data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Tahun 2018 Gempa bumi dan Tsunami adalah bencana yang paling banyak menyebabkan kerusakan bangunan selama 10 tahun terakhir dibandingkan dengan bencana alam lainnya.



Gambar 2.2.

Kerusakan Bangunan Akibat Bencana Alam

(Sumber: diunduh dari <https://bnpb.cloud/dibi/grafik1a>)

## 2.3. Limbah Hasil Proses Konstruksi

Semakin meningkatnya jumlah infrastruktur maka cadangan sumber daya alam akan berkurang dan berakibat pada meningkatnya limbah sebagai hasil proses konstruksi maupun setelah bangunan tersebut habis masa pakainya. Lebih jauh lagi dapat diinterpretasikan bahwa semakin tinggi pemanfaatan sumber daya alam maka akan semakin besar beban lingkungan yang diakibatkan oleh limbah konstruksi. Berdasarkan data BPKP (Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan) melalui Keputusan Gubernur Nomor 1227 Tahun 1989, luas wilayah Provinsi DKI Jakarta adalah 7.659,02 km<sup>2</sup>, terdiri dari daratan seluas 661,52 km<sup>2</sup>, termasuk 110 pulau di Kepulauan Seribu, dan lautan seluas 6.997,50 km<sup>2</sup>. Menurut catatan Collier International Research, luas bangunan kantor baru di Jakarta adalah 551.670 m<sup>2</sup>, luas total existing bangunan kantor adalah 5.948.590 m<sup>2</sup> sehingga luas total bangunan kantor adalah 6.500.260 m<sup>2</sup>. Struktur utama bangunan gedung yang umum digunakan adalah beton bertulang dengan perkiraan masa pakai ± 50 tahun. Jika setiap 1m<sup>2</sup> bangunan menimbulkan limbah ± 0,3542 m<sup>3</sup> material komponen struktur bangunan, maka dalam 50 tahun mendatang limbah struktur bangunan yang akan ditimbulkan sebesar ± 2.302.392 m<sup>3</sup> (Ervianto dkk., 2012). Tentu saja volume yang sangat besar ini akan menjadi beban bagi lingkungan apabila tidak ada rencana sejak awal dan tindakan untuk mengelola secara baik.

## 2.4. Pengelolaan Limbah Konstruksi

Para pelaku industri konstruksi di negara yang lebih maju telah merubah pola pengelolaan proyek dan berusaha melakukan efisiensi agar limbah yang terbentuk sesedikit mungkin. Tidak hanya limbah dari proses konstruksi saja yang

perlu diperhatikan namun bangunan yang sudah habis masa pakainya berpotensi menimbulkan limbah dalam jumlah yang sangat besar. Beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk mengelola bangunan yang telah habis masa pakainya sejalan dengan konsep 3 R adalah: (a) melakukan konservasi dengan memperkuat struktur bangunan sehingga bangunan aman untuk digunakan kembali, (b) merobohkan bangunan (dekonstruksi) dan mengganti dengan bangunan baru. Dalam hal dekonstruksi bangunan, proses ini tentu akan menghasilkan limbah yang lebih besar. Pokok persoalannya adalah bagaimana mekanisme membuang limbah ke lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan bagaimana cara memanfaatkan limbah hasil dekonstruksi terkait dengan isu menipisnya cadangan sumber daya alam di Bumi.

### **2.5. Green Concrete**

Pertumbuhan dan percepatan ekonomi dunia yang semakin tinggi sekarang ini menjadikan bangunan berbahan beton berkembang di banyak tempat. Oleh karena itu kebutuhan untuk produksi beton mengalami peningkatan jumlah secara signifikan. Dampaknya negatif produksi beton seringkali menyebabkan timbulnya kerusakan lingkungan; dari proses menambang batu kapur, proses pembakaran, hingga menimbulkan emisi, dsb. Produksi semen dalam pembahasan di forum beton hijau berkelanjutan dinyatakan sebagai penyumbang karbondioksida terbesar nomor dua dunia, setelah pembangkit listrik. Dengan kadar karbondioksida yang dihasilkan sebanyak tujuh persen. Karenanya perlu senantiasa dikembangkan beton ramah lingkungan sehingga pembangunan tidak perlu berhenti demi lingkungan.

Beton yang menggunakan lebih sedikit energi dalam produksinya dan menghasilkan lebih sedikit CO<sub>2</sub> daripada beton normal disebut beton hijau (Beton ramah lingkungan). Pembuatan material penyusun beton yang ramah lingkungan ini dapat dilakukan dengan mewujudkan 3 (tiga) usaha kelangsungan dan konservasi lingkungan, yaitu:

- a. Pengurangan emisi gas rumah kaca (terbesar adalah CO<sub>2</sub>)
- b. Efisiensi energi dan material dasar
- c. Penggunaan material buangan/*waste*
- d. Pengurangan efek yang mengganggu kesehatan/keselamatan pada pengguna konstruksi, baik yang timbul selama proses konstruksi ataupun yang timbul selama operasi bangunan, dengan menggunakan Konsep 4R (*Reduce, Refurbish, Reuse and Recycle*).

#### **2.5.1 Sejarah Beton Hijau**

Beton Hijau adalah topik revolusioner dalam sejarah industri beton. Konsep ini pertama kali dikemukakan di Denmark pada tahun 1998, konsep beton hijau lebih dari sekedar pewarnaan. Ini adalah konsep berpikir lingkungan ke dalam beton yang mempertimbangkan setiap aspek dari bahan baku hingga cara memproduksi lebih dari desain campuran untuk desain struktural, konstruksi, dan umur. Beton hijau sangat murah untuk diproduksi, karena produk limbah yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen, biaya untuk pembuangan limbah dihindari, konsumsi energi dalam produksi lebih rendah, dan daya tahan yang lebih besar. Beton Hijau merupakan jenis beton seperti beton konvensional akan tetapi produksi atau pembuatan beton tersebut membutuhkan energi yang minim dan tidak menyebabkan kerusakan lingkungan. Emisi gas rumah kaca dihasilkan dari berbagai aktivitas industri. Sumber-

sumber emisi utama adalah dilepaskannya (gas rumah kaca) dari proses-proses industri yang secara kimiawi atau fisik melakukan transformasi suatu bahan/material menjadi bahan lain (misal blast furnace di industri besi dan baja, produksi amonia dan produk-produk kimia lainnya dari bahan baku berupa bahan bakar fosil,serta proses produksi semen). Proses-proses tersebut dapat menghasilkan berbagai gas rumah kaca diantaranya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), hidrofluorokarbon (HFC) dan perfluorokarbon (PFC). Selain itu, gas rumah kaca juga digunakan sebagai bahan baku di dalam produk-produk seperti pada refrigerator, busa atau kaleng aerosol. Sebagai contoh, HFC yang digunakan sebagai alternatif bahan pengganti bahan perusak ozon (BPO) dalam berbagai jenis aplikasi produk. Demikian pula, sulfur heksafluorida (SF<sub>6</sub>) dan N<sub>2</sub>O yang digunakan dalam sejumlah produk yang digunakan dalam industri. Emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan saat produksi beton, termasuk proses produksi semen, adalah antara 0,1 sampai 0,2 t per ton beton yang diproduksi. Akan tetapi, karena jumlah produksi beton yang dihasilkan besar sehingga berdampak signifikan terhadap lingkungan.

### **2.6. Konsep 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) dalam Dunia Konstruksi**

Konsep 3R (Reduce, Reuse, Recycle) telah diperkenalkan dalam industri manufaktur dan berpotensi diimplementasikan dalam industri konstruksi. Penerapan konsep reduce secara langsung terjadi dalam tahap konstruksi, meskipun secara tidak langsung tahap perencanaan berkontribusi terhadap banyak sedikitnya limbah yang dihasilkan. Konsep reuse dalam implementasinya terjadi setelah masa

pakai/operasional bangunan habis. Pemanfaatannya dapat melalui dekonstruksi yang dilanjutkan dengan daur ulang.

### **2.7. Dekonstruksi Bangunan**

Dekonstruksi adalah pembongkaran bangunan yang bertujuan untuk mendapatkan material atau komponen bangunan yang masih dapat digunakan kembali dan untuk mendapatkan material baru melalui proses daur ulang. Salah satu strategi dalam membongkar sebuah bangunan adalah memilih material yang masih mempunyai nilai dan membuang yang benar-benar tidak dapat digunakan lagi. Dekonstruksi juga dapat didefinisikan sebagai pembongkaran bangunan secara hati-hati yang bertujuan untuk memaksimalkan penggunaan kembali komponen bangunan dan meminimalkan jumlah bahan yang dibuang ke lingkungan/alam (Erviyanto dkk., 2012). Salah satu manfaat nyata dekonstruksi adalah mendapatkan komponen bangunan yang masih dapat digunakan dan mereduksi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan/alam sehingga terbentuk siklus tertutup dalam penggunaan material. Pada umumnya pekerjaan dekonstruksi dilakukan secara manual oleh tukang atau menggunakan peralatan berat yang dilakukan secara hati-hati. Jika dibandingkan dengan demolisi, dekonstruksi membutuhkan waktu yang lebih lama dikarenakan tujuan proses ini adalah melepas komponen bangunan untuk digunakan kembali dalam pembangunan lainnya (Erviyanto dkk., 2012). Menurut Erviyanto dkk (2012) Pertimbangan yang digunakan dalam memilih dekonstruksi atau demolisi didasarkan pada:

- a. Kualitas dan jumlah material yang masih berpotensi untuk digunakan
- b. Pertimbangan pasar terhadap

material/komponen yang masih dapat digunakan

- c. Adanya material yang berbahaya
- d. Waktu yang tersedia untuk membongkar bangunan.

### **2.8. Beton Daur Ulang**

Beton daur ulang merupakan salah satu agregat buatan (artificial aggregates). Material ini berasal dari bangunan yang telah habis masa pakainya sehingga terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak lagi dihuni. Beton Daur Ulang merupakan campuran yang diperoleh dari proses ulang material yang sebelumnya. Beberapa perbedaan kualitas, sifat-sifat fisik dan kimia agregat daur ulang, menyebabkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan, seperti menurunnya kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitasnya (Punusingon dkk, 2019). Ada beberapa poin yang harus dimengerti dalam pemanfaatan agregat beton bekas adalah kebutuhan air dalam proses pengadukan yang lebih tinggi dikarenakan sifat penyerapan air yang besar, disisi lain waktu untuk proses pemadatan menjadi lebih lama karena nilai plastisitasnya rendah dan juga permukaan agregat menjadi lebih kasar.

### **2.9. Pengertian Beton**

Menurut SK SNI T-15-1990-03, beton merupakan campuran antara semen Portland, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat (Susilorini dan Suwarno, 2009).

Ada tiga alasan penyebab material beton sering digunakan pada dunia konstruksi. Alasan pertama yaitu beton merupakan bahan yang kedap air. Alasan kedua yaitu elemen struktur beton mudah dicetak menjadi berbagai ukuran dan tipe. Alasan ketiga beton merupakan material

yang mudah disediakan dan relatif lebih murah.

### **2.10. Beton Normal**

Beton normal menurut SNI 03-2847-2002 adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m<sup>3</sup> dengan agregat alam yang dipecah maupun tanpa dipecah. Beton yang banyak dijumpai dan dipakai saat ini adalah beton normal. Ditinjau dari nilai kuat tekannya, beton normal mempunyai nilai kuat tekan yang berkisar antara 20-40 MPa.

Sesuai dengan peningkatan kekuatan beton maka kinerja dari beton itu sendiri juga akan meningkat. Kinerja tersebut diantaranya adalah durabilitas, modulus elastisitas, permeabilitas, rangkai, serta daya tahan terhadap panas dan korosi.

### **2.11. Agregat**

Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi beton. Karakteristik agregat yang penting dan berhubungan dengan teknologi beton adalah porositas, distribusi gradasi dan ukuran, serapan kelembaban, bentuk dan tekstur permukaan, kekuatan pecah, modulus elastisitas dan adanya zat-zat merusak beton. Klasifikasi agregat tergantung dari ukuran butir, kerapatan, dan asal agregat. Menurut ukuran butirnya, agregat digolongkan menjadi agregat kasar, yang mempunyai partikel lebih besar dari 4,75 mm, dan agregat halus, dengan partikel lebih kecil dari pada 4,75 mm (Susilorini dan Suwarno, 2009).

### **2.12. Klasifikasi Beton**

Klasifikasi beton berdasarkan kekuatannya dibedakan menjadi 3 kategori. Kategori pertama yaitu beton mutu rendah dengan kuat tekan kurang dari 20 MPa. Beton mutu sedang dengan kuat tekan antara 20 sampai dengan 40 MPa. Kategori terakhir yaitu beton mutu

tinggi dengan kuat tekan diatas 40 MPa (Susilorini dan Suwarno, 2009).

**2.13. Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Substitusi Penggunaan Semen Pada Green Concrete**

Abu sekam padi (risk husk ash) merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan padi. Abu sekam padi bersifat pozzolanic yang berarti kandungan material terbesar nya adalah silika dan baik digunakan pada campuran pozzolan kapur yang berfungsi sebagai pengikat kapur bebas yang timbul pada saat semen mengalami hidrasi.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Abu Sekam Padi Lolos Saringan No. 200

Komposisi	Persentase (%)
<i>Silicon dioxide</i> (SiO <sub>2</sub> )	85,73
<i>Aluminium oxide</i> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2,29
<i>Ferric oxide</i> (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,82
<i>Calcium oxide</i> (CaO)	1,12
<i>Magnesium oxide</i> (MgO)	0,40
Hilang pijar	7,18

Sumber: Hidayat, 2011

**2.14. Keuntungan dan Keterbatasan Beton**

Keuntungan dari penggunaan material beton yaitu kuat, tahan lama (awet), kedap air, dan mempunyai sifat susut yang relatif kecil. Kelemahan dari penggunaan beton yaitu beton tidak tahan terhadap gaya tarik sehingga diberi tulangan baja di dalamnya untuk menahan gaya tarik (Susilorini dan Suwarno, 2009).

**2.15. Pengujian Beton Segar**

Karakteristik beton segar perlu untuk dipelajari karena berpengaruh terhadap pemilihan peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan, pemadatan maupun sifat beton dalam kondisi mengeras.

**2.16. Uji Silinder SNI 1974-2011**

Hasil dari pengujian sangat dipengaruhi oleh prosedur pelaksanaan. Benda uji yang mempunyai kekuatan tekan normal berdasarkan uji SNI 1974-

2011 menggunakan silinder dengan perbandingan panjang dan garis tengah (l : d = 2 : 1) alat yang dibutuhkan dalam uji silinder SNI 1974-2011:

1. Silinder, biasanya digunakan d = 150 mm dan panjang (l) = 300 mm
2. Cetakan terbuat dari logam berbentuk lempengan atau dari papan.

**2.1. Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin pembebanan (Wariyatno dan Haryanto, 2013). Kuat tekan beton merupakan salah satu sifat yang penting dari beton dibandingkan dengan sifat yang lainnya. Kekuatan tekan beton ditentukan dari perencanaan campuran beton yang dapat ditentukan dari perbandingan semen, agregat, air dan bahan tambah yang digunakan.

Nilai kuat tekan beton didapatkan dengan cara pengujian standar dengan menggunakan mesin uji. Benda uji beton yang digunakan merupakan silinder dengan dimensi 15 cm × 30 cm. Silinder beton kemudian diberi beban bertingkat dengan kecepatan peningkatan tertentu dengan mesin kuat tekan sampai beton tersebut hancur. Untuk mendapatkan besarnya tegangan hancur pada benda uji silinder digunakan rumus:

$$f_c' = P/A \dots \dots \dots (2.1)$$

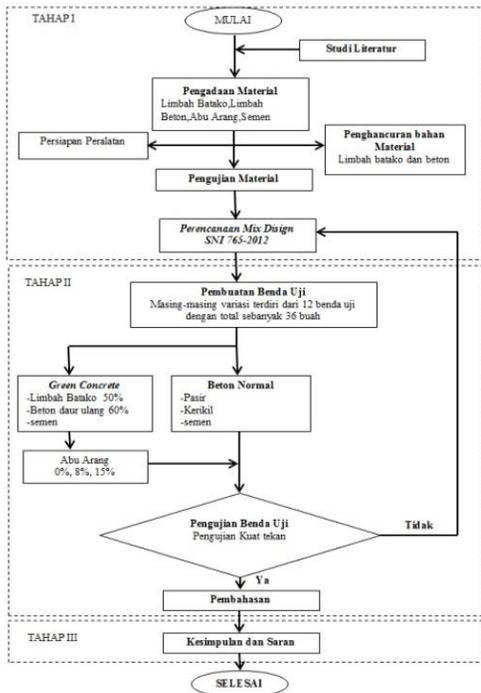
Keterangan:

- f<sub>c</sub>' = Kuat tekan beton benda uji silinder (MPa)
- P = Beban desak maksimum (N)
- A = Luas permukaan benda uji silinder (mm<sup>2</sup>)

**3. METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini ada tiga tahapan proses yang dilakukan. Berikut

adalah diagram alir untuk menjelaskan tahapan penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian  
3.1 Tahap I

Pada tahap I, adalah tahap persiapan yang terdiri dari mengumpulkan studi literatur maupun dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam proses pelaksanaan penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan persiapan alat dan bahan yang nantinya digunakan. Setelah mempersiapkan alat dan bahan dilanjutkan dengan pemeriksaan seluruh agregat.

### 1. Studi Literatur

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari berbagai macam sumber seperti jurnal yang terdapat di internet, buku yang terdapat di perpustakaan, serta dari tugas akhir dan disertasi dari penelitian terdahulu.

### 2. Persiapan Bahan

Material yang digunakan adalah agregat halus alam, agregat kasar alam, agregat kasar limbah beton, semen, abu

sekam padi dan air yang berasal dari Laboratorium Beton Unika Soegijapranata.

### 3. Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, alat slump test, Oven, Mesin Pengguncang Saringan, dan lain-lain.

### 4. Penghancuran Bahan Material

Bahan material yang telah dikumpulkan berupa limbah beton yang sudah tidak terpakai kemudian dihancurkan secara manual dengan peralatan palu beton hingga mencapai ukuran agregat yang sesuai.

### 5. Pengujian Material

#### a. Pengujian analisis saringan agregat halus

Pengujian analisis saringan yang mengacu pada SNI 03-1968-1990,

#### b. Pengujian kandungan lumpur dan kandungan organis pada agregat halus. Pada pengujian ini yang mengacu pada SNI 2816:2014,

### 6. Perencanaan Mix Design

Setelah pengujian material dilakukan dan memenuhi persyaratan, tahap selanjutnya yaitu perencanaan mix design. Penelitian ini menggunakan perencanaan mix design metode SNI 7656:2012.

Tabel 3.1 Tabel Uji Coba Campuran Untuk Menghasilkan Sifat-sifat Beton Dengan Menggunakan Bahan-bahan Lokal

No Camp	Berat (kg)/Volume (m <sup>3</sup> )						Sifat-sifat beton				
	1	2	3	Air		Jumlah	4	5	6	7	8
				Per	Pem						
1	297	816	1074	193	208	2394	101,6	2354,94	0,78	-	Pasir berlebih
2	297	742	1112	205	202	2352	76,2	2354,94	0,76	23,10	0.k.
3	237	792	1112	205	205	2347	114,3	2330,91	0,77	14,69	0.k.
4	267	765	1112	205	205	2349	101,6	2342,12	0,77	18,00	0.k.
5	326	718	1112	205	205	2361	76,2	2362,95	0,76	26,20	0.k.
6	356	691	1112	205	205	2364	88,9	2375,77	0,76	30,06	0.k.

Keterangan:

- 1: Semen
- 2: Pasir
- 3: Agregat Kasar
- 4: Slump mm
- 5: Berat satuan  $\text{kg/m}^3$
- 6: Yield  $\text{m}^3$
- 7: Kuat tekan 28 hr MPa
- 8: Kemudahan Pengerjaan (Per=perkiraan, Pem=pemakaian)  
sumber: Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton Massa SNI 7656:2012.

### 3.2 Tahap II

Pada tahap II, adalah tahap pembuatan benda uji dilanjutkan dengan proses perawatan benda uji dan pengujian terhadap benda uji tersebut.

#### 1. Pembuatan Benda uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan benda uji dengan concrete mixer.

- a. Agregat kasar alam, agregat kasar limbah beton, agregat halus alam, semen dan abu sekam padi yang sudah ditimbang sesuai dengan perencanaan diaduk secara manual sampai tercampur dengan baik.
- b. Memasukkan air sesuai dengan perencanaan ke dalam adukan beton.
- c. Tahap selanjutnya yaitu melakukan slump test.
- d. Apabila nilai slump test sudah sesuai dengan perencanaan kemudian adukan beton tersebut dimasukkan ke dalam benda uji silinder.
- e. Benda uji yang masih berada di dalam cetakan kemudian diletakkan di tempat yang tidak terkena matahari.
- f. Membuka cetakan setelah  $1 \times 24$  jam dari waktu pembuatan benda uji. Benda uji dalam penelitian ini

berjumlah 38 buah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. 12 benda uji untuk pengujian umur 7 hari, 12 benda uji berikutnya untuk pengujian umur 14 hari, dan 14 benda uji untuk pengujian pada umur 28 hari.

#### 2. Perawatan (Curing)

Perawatan benda uji dilakukan setelah cetakan dibuka. Benda uji diberi tanda atau tulisan agar mudah dibedakan. Proses perawatan benda uji dalam penelitian ini dengan cara direndam dalam bak perendaman hingga benda uji berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

#### 3. Pengujian Benda Uji

##### a. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian benda uji yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan saat beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Uji kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan alat concrete compression machine. Uji kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Unika Soegijapranata.

#### 4. Pembahasan

Pada tahap III, adalah tahap penyusunan kesimpulan maupun saran yang diperoleh setelah melakukan penelitian. Dalam tahap ini hasil pengujian dan analisis data yang diperoleh dijadikan dasar untuk menunjang tujuan dari penelitian yang sudah dilakukan maupun penelitian berikutnya. Pembahasan dilakukan dengan cara membandingkan nilai kuat tekan yang didapat dari pengujian dengan kuat tekan rencana.

### 3.3 Tahap III

Pada tahap III, adalah tahap penyusunan kesimpulan maupun saran yang diperoleh setelah melakukan penelitian. Dalam tahap ini hasil pengujian dan analisis data yang diperoleh dijadikan

dasar untuk menunjang tujuan dari penelitian yang sudah dilakukan maupun penelitian berikutnya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Dari hasil uji kuat tekan beton menggunakan Concrete Compression Machine, didapatkan hasil sebagai berikut:

##### 4.1.1. Hasil Uji Kuat Tekan Usia 7 Hari

Pada saat beton berusia 7 hari dilakukan pengtesan agar dapat diketahui hasil dari kuat tekan beton dalam 4 varian. Berikut ini adalah hasil perhitungan hasil pengujian kuat tekan beton saat berusia 7 hari:

1. Perhitungan luas penampang benda uji (A)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,1416 \times 1502$$

$$= 17671,5 \text{ mm}^2$$

Keterangan:

A= luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

$\pi$ = konstanta (3,1416)

D= diameter benda uji silinder (mm)

Perhitungan kuat tekan benda uji silinder

Kuat tekan (MPa)

$$= ((\text{Gaya Tekan maksimum} \times 1000)) / A$$

$$= ((355 \times 1000)) / 17671,5$$

$$= 20,099 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan perhitungan hasil kuat tekan beton pada usia 7 hari, maka didapat data seperti pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi Silinder (cm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tekan (N)	Kuat Tekan Silinder (N/mm <sup>2</sup> ) = MPa	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> ) = MPa
N	7	12,44	15 × 30	17671,5	355	355000	20,099	18,589
	7	12,43	15 × 30	17671,5	310	310000	17,551	
	7	12,20	15 × 30	17671,5	320	320000	18,117	
A60	7	11,93	15 × 30	17671,5	280	280000	15,853	16,513
	7	12,28	15 × 30	17671,5	300	300000	16,985	
	7	12,07	15 × 30	17671,5	295	295000	16,702	
A60:AS8	7	12,54	15 × 30	17671,5	330	330000	18,684	17,363
	7	12,31	15 × 30	17671,5	320	320000	18,117	
	7	12,29	15 × 30	17671,5	270	270000	15,287	
A60:AS10	7	12,31	15 × 30	17671,5	290	290000	16,419	16,796
	7	12,27	15 × 30	17671,5	290	290000	16,419	
	7	12,37	15 × 30	17671,5	310	310000	17,551	

Keterangan kode:

N = Beton normal

A60 = Agregat kasar beton daur ulang 60% dari total berat agregat kasar.

A60:AS8 = Perbandingan Agregat kasar beton daur ulang 60% ditambah Abu Sekam padi 8% dari berat semen.

A60:AS10 = Perbandingan Agregat kasar beton daur ulang 60% ditambah Abu Sekam padi 10% dari berat semen.

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa kuat tekan tertinggi saat beton berusia 7 hari terdapat pada beton normal yaitu sebesar 18,589 MPa dan kemudian mengalami penurunan pada variasi penggunaan agregat kasar beton daur ulang sebesar 60% dengan kuat tekan sebesar 16,513 MPa. Gambar 4.1 adalah grafik uji kuat tekan usia 7 hari.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

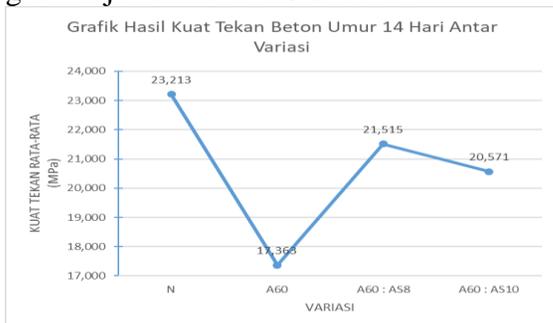
#### 4.1.2 Hasil Uji Kuat Tekan Usia 14 Hari

Pada saat beton berusia 14 hari dilakukan pengetesan agar dapat diketahui hasil dari kuat tekan beton dalam 4 varian. Berdasarkan perhitungan hasil kuat tekan beton pada usia 14 hari, maka didapat data seperti pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi Silinder (cm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tekan (N)	Kuat Tekan Silinder (N/mm <sup>2</sup> ) = MPa	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> ) = MPa
N	14	12,42	15 × 30	17671,5	380	380000	21,515	23,213
	14	12,08	15 × 30	17671,5	470	470000	26,610	
	14	11,94	15 × 30	17671,5	380	380000	21,515	
A60	14	12,36	15 × 30	17671,5	400	400000	22,647	17,363
	14	12,42	15 × 30	17671,5	230	230000	13,022	
	14	12,09	15 × 30	17671,5	290	290000	16,419	
A60:AS8	14	12,38	15 × 30	17671,5	360	360000	20,382	21,515
	14	12,54	15 × 30	17671,5	340	340000	19,250	
	14	12,56	15 × 30	17671,5	440	440000	24,912	
A60:AS10	14	12,35	15 × 30	17671,5	370	370000	20,948	20,571
	14	12,34	15 × 30	17671,5	350	350000	19,816	
	14	12,35	15 × 30	17671,5	370	370000	20,948	

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa kuat tekan tertinggi saat beton berusia 14 hari terdapat pada beton normal yaitu sebesar 23,213 MPa dan kemudian mengalami penurunan pada variasi penggunaan agregat kasar beton daur ulang sebesar 60% dengan kuat tekan sebesar 17,363 MPa. Gambar 4.2 adalah grafik uji kuat tekan usia 14 hari.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

#### 4.1.3 Hasil Uji Kuat Tekan Usia 28 Hari

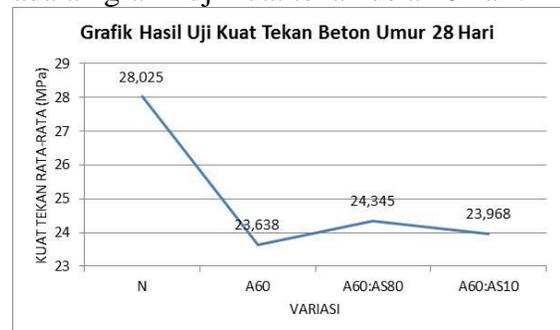
Pada saat beton berusia 28 hari dilakukan pengetesan agar dapat diketahui hasil dari kuat tekan beton dalam 4 varian. Berdasarkan perhitungan hasil kuat tekan beton pada usia 28 hari, maka didapat data

seperti pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode Benda Uji	Umur (hari)	Berat Benda Uji (kg)	Dimensi Silinder (cm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tekan (N)	Kuat Tekan Silinder (N/mm <sup>2</sup> ) = MPa	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> ) = MPa
N	28	12,29	15 × 30	17671,5	520	520000	29,441	28,025
	28	12,29	15 × 30	17671,5	600	600000	33,970	
	28	12,10	15 × 30	17671,5	370	370000	20,948	
	28	12,58	15 × 30	17671,5	490	490000	27,742	
A60	28	12,51	15 × 30	17671,5	420	420000	23,779	23,638
	28	12,2	15 × 30	17671,5	390	390000	22,081	
	28	12,19	15 × 30	17671,5	400	400000	22,647	
	28	12,25	15 × 30	17671,5	460	460000	26,044	
A60:AS8	28	12,26	15 × 30	17671,5	460	460000	26,044	24,345
	28	12,05	15 × 30	17671,5	440	440000	24,912	
	28	12,13	15 × 30	17671,5	390	390000	22,081	
A60:AS10	28	12,47	15 × 30	17671,5	450	450000	25,478	23,968
	28	12,13	15 × 30	17671,5	400	400000	22,647	
	28	12,14	15 × 30	17671,5	420	420000	23,779	

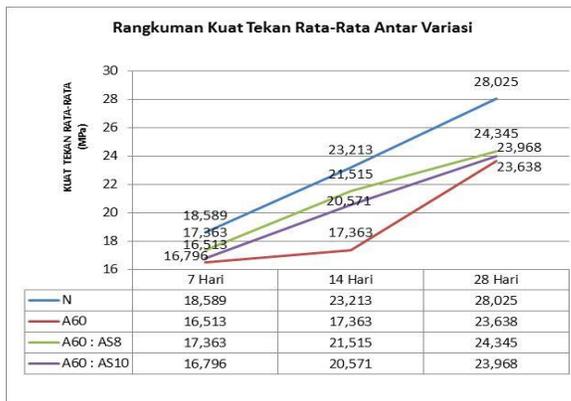
Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa kuat tekan beton normal pada umur 28 hari yaitu sebesar 28,025 MPa dan kemudian mengalami penurunan pada variasi penggunaan agregat kasar beton daur ulang sebesar 60% dengan kuat tekan sebesar 23,638 MPa. Gambar 4.3 adalah grafik uji kuat tekan usia 28 hari.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

## 4.2 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Hasil pendataan yang diperoleh dari keseluruhan pengujian beton saat umur 7 hari 14 hari dan 28 hari dapat digambarkan dengan grafik yang ditampilkan dalam Gambar 4.4. Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan antara hasil kuat tekan dengan umur pengujian yang dilakukan dari setiap variasi beton uji yang dibuat.



Gambar 4.4 Rangkuman Kuat Rata-Rata Antar Variasi

Dari hasil percobaan uji kuat tekan beton dapat dilihat perbandingan grafik antar variasi beton. Garis merah, hijau maupun ungu merupakan variasi beton dengan komposisi penggunaan 60% agregat kasar dari limbah beton dan 8% penggunaan abu sekam padi untuk grafik hijau dan penggunaan 10% abu sekam padi untuk grafik ungu. Hasil pengujian dua variasi beton dengan penggunaan abu sekam padi mengalami pola kenaikan yang stabil dibandingkan variasi beton lainnya dan mencapai kuat tekan di umur 28 hari rata-rata lebih tinggi dibandingkan beton beton A60. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tata dkk (2016) maupun Abdian dan Herbudiman (2010) Berdasarkan hasil penelitian ini penggantian abu sekam padi yang paling optimum adalah 8% dari berat semen.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian kajian kuat tekan beton dengan pemanfaatan limbah beton sebagai substitusi 60% dari total berat agregat kasar dan pemanfaatan abu sekam padi sebagai substitusi 8% dan 10% dari total berat semen yaitu:

1. Kuat tekan rata-rata pada 4 variasi beton pada percobaan pertama di umur 7 hari yaitu: beton N=18,589 MPa, beton A60=16,513 MPa, beton A60:AS8=17,363 MPa, dan beton A60:AS10=16,796 MPa lalu pada umur 14 hari adalah beton N=23,213 MPa, beton A60=17,363 MPa, beton A60:AS8=21,515 MPa, dan beton A60:AS10=20,571 MPa kemudian pada umur 28 hari adalah beton N=28,025 MPa, beton A60=23,638 MPa, beton A60:AS8=24,345 MPa, dan beton A60:AS10=23,968 MPa.
2. Kuat tekan rencana yaitu  $f_c'$  24,9 Mpa tercapai dengan didapatkan hasil rata-rata kuat tekan beton terbesar adalah 28,025 MPa yang merupakan sampel beton normal umur 28 hari.
3. Perbandingan kuat tekan beton normal dan beton A60 mengalami penurunan sesuai dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Mulyati dan Arman (2014). Hasil penelitian Mulyati dan Arman (2014) menunjukkan penurunan sebesar 7,076%. Sedangkan hasil pengujian dalam penelitian ini yaitu beton N=28,025 MPa sedangkan beton A60=23,638 MPa atau sebesar 15,654%.
4. Penggunaan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan beton yang dapat dilihat dari kuat tekan pada umur 28 hari. A60:AS8=24,345 MPa A60:AS10=23,968 MPa dibandingkan beton A60=23,638 MPa atau terjadi peningkatan sebesar 2,904%. Sesuai hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Tata dkk (2016) maupun Abdian dan Herbudiman (2010) peningkatan kuat tekan beton sebesar 12,281%. Dengan hasil penelitian ini peningkatan kuat tekan optimum pada penggantian

semen menggunakan abu sekam padi sebesar 8%.

## 5.2 Kesimpulan

Dari kesimpulan yang didapat, penulis memberikan saran yaitu antara lain pemilihan agregat kasar harus diperhatikan dengan benar agar agregat kasar yang digunakan memenuhi syarat. Pada penelitian ini penulis juga menyadari masih perlunya beberapa perbaikan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran penelitian selanjutnya yaitu:

1. Kualitas beton dengan pemanfaatan limbah beton dan abu sekam padi dapat mendekati kualitas beton acuan yaitu  $f_c' = 24,9$  Mpa jika dalam pengolahannya dilakukan secara benar dan efisien.
2. Agregat kasar daur ulang yang digunakan sebaiknya berukuran 1-2 cm dikarenakan semakin kecilnya ukuran agregat kasar maka beton semakin padat sehingga kuat tekan semakin tinggi dibandingkan dengan hasil kuat dengan penggunaan agregat daur ulang berukuran 2-3 cm.
3. Penggunaan abu sekam padi optimum 8% harus dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan jumlah sampel uji yang dibuat.
4. Proses pengolahan limbah beton secara manual sebaiknya diganti dengan proses yang lebih efisien (penggunaan mesin penghancur).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdian, R. M. dan Herbudiman, B., (2010): Pengaruh kehalusan dan kadar abu sekam padi pada kekuatan beton dengan kuat tekan 50 mpa. KoNTekS 4. Bali: 2-3 Juni 2010. Hal. 2-3.
- BPS, (2019): Nilai Konstruksi yang Diselesaikan Perusahaan Konstruksi di Indonesia. Diakses dari: <https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/09/19/929/nilai-konstruksi-yang-diselesaikan-menurut-provinsi-dan-bidang-pekerjaan-2007---2016.html>. Diunduh pada tanggal 15 Juli 2019, pukul 20.00 WIB.
- BNPB, (2019): Data Kejadian Bencana di Indonesia Tahun 2018. BNPB. diakses dari: <https://bnpb.cloud/dibi/laporan5>. Diunduh pada tanggal 13 Agustus 2019, pukul 20.00 WIB.
- BNPB, (2019): Kerusakan Bangunan Akibat Bencana Alam. BNPB. Diakses dari: <https://bnpb.cloud/dibi/grafik1a>. Diunduh pada tanggal 12 Agustus 2019, pukul 19.30 WIB.
- BPKP, (2019): Profil Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Diakses dari: <http://www.bpkp.go.id/dki1/konten/752/Profil-Ibukota.bpkp>. Diunduh pada tanggal 10 Agustus 2019, pukul 20.00 WIB.
- Desfandi, M., (2014): Urgensi Kurikulum Pendidikan Kebencanaan Berbasis Kearifan Lokal di Indonesia. sosio didaktika 1. pp. 192-197.
- Ervianto, W. I. Dkk., (2012): Pengelolaan Bangunan Habis Pakai Dalam Aspek Sustainability. KoNTekS 6. pp. 1-7.
- Hidayat, A., (2011): Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton K-225. Jurnal Aptek. Vol 3 No 2 Juli 2011.

- Mulyati dan Arman, A., (2014): Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X Pengaruh Penggunaan Limbah Beton. Jurnal Momentum ISSN : 1693-752X', 16(2).
- Punusingon, M, A., Handono, B. D. dan Pendaleke, R., (2019): Uji eksperimental kuat tekan beton daur ulang dengan bahan tambah abu terbang (fly ash) dan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen. Jurnal Sipil Statik. Vol.7 No.1 Januari 2019 (57-66) ISSN: 2337-6732.
- Soelarso, Baehaki dan Sidik, N. F., (2016): Pengganti Agregat Kasar pada Beton Normal. Jurnal Fondasi. vol 5(2), pp. 22-29.
- Suhendro, B., (2014): Toward Green Concrete for Better Sustainable Environment. Procedia Engineering. Elsevier B.V., 95(Scescm), pp. 305–320. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.190.
- Susilorini, R dan Djoko S., 2009: Mengenal dan Memahami Teknologi Beton. Laboratorium Bahan Banguna Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata: Semarang.
- SK SNI T-15-1990-03, (1990): Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Bandung.
- SNI 03-1968-1990, (1990): Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- SNI 1974-2011, (2011): Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder, Bandung.
- SNI 7656:2012, (2012): Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Tata, A., Sultan, M. A. dan Sumartini., (2016): Pengaruh penambahan abu sekam padi sebagai campuran bahan baku beton terhadap sifat mekanis beton. Jurnal Sipilsains. Vol. 06 No. 11 Maret 2016 ISSN : 2088-2076.
- Wariyatno, N, G dan Haryanto, Y., (2013): Kuat tekan dan kuat tarik belah sebagai nilai estimasi kekuatan sisa pada beton serat kasa aluminium akibat variasi suhu. Jurnal Dinamika Rekayasa. Vol. 9 No. 1 Februari 2013 ISSN 1858-3075.