

ANALISIS PEMANFAATAN SERBUK BATA RINGAN, ABU AMPAS TEBU DAN FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN STRUKTURAL

^{*}Bani Nur Danang¹, Dian Arumningsih Diah Purnamawanti¹, Rasyiid Lathiif Amhudo¹, Siti Nadia²

¹Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta, Indonesia

²Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Sultan Idris Shah, Selangor, Malaysia

^{*}Email : baninurdanang448@gmail.com

ABSTRACT

Infrastructure growth is in line with the growth of human resources, the more the population will require more infrastructure facilities. Construction infrastructure in Indonesia is currently starting to focus on development that leads to the use of structures with lightweight materials and has high resistance. This is inseparable from Indonesia's geographical location which is on the Pacific Ring of Fire which makes Indonesia prone to earthquakes. Therefore, it is necessary to conduct research on lightweight concrete that can overcome these potential hazards. This study used lightweight brick powder, bagasse ash and fly ash in replacing concrete materials. The method used is experimental by creating variations of lightweight concrete by adding lightweight brick powder amounting to 70% of the volume of fine aggregate. The results of the optimal content of bagasse ash use are 10% and fly ash 15% of the total cementitious. Testing of lightweight concrete variations was carried out on concrete aged 7, 14, 21 and 28 days. On lightweight concrete aged 28 days, a comparison was made with normal concrete. The results of the test weight of lightweight concrete aged 7, 14, 21 and 28 were 2.89 kg; 2.83 kg; respectively. 2.80 kg and 2.79 kg. The results of the lightweight concrete compressive strength test at the age of 7, 14, 21 and 28 were 16.54 MPa, 22.27 MPa, 25.25 MPa and 26.74 MPa, respectively. The resulting density ratio was 1743 kg/m³ for lightweight concrete and 2283 kg/m³ for normal concrete. The resulting compressive strength comparison from the creation of lightweight concrete at the age of 28 days from 3 test specimen samples was 26.74 MPa, 27.37 MPa and 26.10 MPa, respectively, while in 3 normal concrete samples the values were 24.19 MPa, 24.83 MPa and 26.10 MPa.

Keywords: Earthquake Hazard, Structure, Lightweight, Lightweight Brick Powder, Bagasse Ash, Fly Ash.

ABSTRAK

Pertumbuhan infrastruktur sejalan dengan pertumbuhan sumber daya manusia, semakin banyak penduduk maka akan membutuhkan banyak fasilitas infrastruktur. Infrastruktur konstruksi di Indonesia saat ini mulai fokus pada pembangunan yang mengarah pada penggunaan struktur dengan material yang ringan dan memiliki ketahanan tinggi. Hal ini tidak terlepas dari letak geografis Indonesia yang berada pada cincin api pasifik (*Ring of Fire*) yang membuat Indonesia rawan terhadap gempa. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian tentang beton ringan yang dapat menanggulangi potensi bahaya tersebut. Penelitian ini menggunakan serbuk bata ringan, abu ampas tebu dan *fly ash* pada penggantian material beton. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan menciptakan variasi beton ringan dengan penambahan serbuk bata ringan sebesar 70% dari volume agregat halus. Hasil kadar optimal penggunaan abu ampas tebu sebesar 10% serta *fly ash* 15% dari total *cementitious*. Pengujian beton ringan variasi dilakukan pada beton umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Pada beton ringan umur 28 hari dilakukan perbandingan dengan beton normal. Hasil pengujian berat beton ringan umur 7, 14, 21 dan 28 masing-masing 2,89 kg ; 2,83 kg ; 2,80 kg dan 2,79 kg. Hasil pengujian kuat tekan beton ringan umur 7, 14, 21 dan 28 masing-masing 16,54 MPa, 22,27 MPa, 25,25 MPa dan 26,74 MPa. Perbandingan berat jenis yang dihasilkan sebesar 1743 kg/m³ untuk beton ringan dan 2283 kg/m³ untuk beton normal. Perbandingan kuat tekan yang dihasilkan dari penciptaan beton ringan pada umur 28 hari dari 3 sampel benda uji masing-masing 26,74 MPa, 27,37 MPa dan 26,10 MPa, sedangkan pada 3 sampel beton normal didapatkan nilai 24,19 MPa, 24,83 MPa dan 26,10 MPa.

Kata Kunci : Bahaya Gempa, Struktur, Ringan, Serbuk Bata Ringan, Abu Ampas Tebu, *Fly Ash*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan infrastruktur berjalan seiring dengan pertumbuhan sumber daya manusia, semakin banyak penduduk pada suatu negara tentunya akan membutuhkan fasilitas infrastruktur yang memadai dan memenuhi kebutuhan manusia. Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia. Karena populasinya yang sangat tinggi, tentu saja masyarakat di Indonesia juga banyak menghasilkan limbah. Baik itu limbah dari segi industri yang berbahaya, limbah konstruksi, limbah pertanian, limbah rumah tangga sampai limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang masih bisa digunakan kembali. Pemanfaatan limbah-limbah tersebut telah banyak dilakukan pada bidang-bidang yang lain tak terkecuali pada bidang konstruksi. Sehingga, perlu adanya inovasi untuk mengurangi atau bahkan mengakhiri permasalahan ini, salah satunya dengan pemanfaatan limbah dengan mensubstitusikan pada material penyusun beton. Disisi lain pertumbuhan infrastruktur khususnya pada bidang konstruksi di Indonesia saat ini mulai memfokuskan pembangunan infrastruktur yang mengarah pada penggunaan struktur dengan material yang ringan dan memiliki ketahanan tinggi. Hal ini tidak terlepas dari letak geografis Indonesia yang berada pada cincin api pasifik (*Ring of Fire*) yang membuat Indonesia rawan terhadap gempa. Oleh karena itu, inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, diantaranya

bersifat ramah lingkungan dan memiliki berat jenis yang rendah. Tantangan produksi beton ringan adalah mendapatkan komposisi yang tepat dimana beton dengan berat rendah namun kuat tekan beton tinggi dan nilai modulus elastisitas memenuhi syarat minimum sebagai material struktur. Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1840 kg/m³ (SNI 2847:2019).

Selain itu, semakin berkembangnya teknologi infrastruktur dan pembangunan maka kebutuhan akan material penyusun beton juga semakin meningkat. Material seperti semen, air, maupun agregat penyusun beton mulai mengalami peningkatan. Hal tersebut juga erat kaitannya dengan kebutuhan semen untuk memenuhi kebutuhan material benyusun beton, dimana kebutuhan semen di indonesia terus meningkat. Produksi semen *portland* sebagai bahan pengikat utama dalam beton menyumbang sekitar 8% dari total emisi CO₂ global. Untuk menjawab permasalahan tersebut dibutuhkan inovasi material substitusi semen, umumnya adalah material *pozzolan* yaitu abu ampas tebu dan *fly ash* yang dapat digunakan sebagai material *cementitious* serta penggunaan serbuk bata ringan yang digunakan untuk material substitusi agregat halus sebagai material ringan.

Bata ringan memiliki berat antara 600-1800 kg/m³ hal ini membuat bata ringan lebih unggul dari pada bata normal jika digunakan dalam kontruksi bangunan tinggi karena bisa mensubtitusikan berat sendiri banguna secara signifikan. Serbuk bata ringan dipilih sebagai bahan substitusi pengganti material agregat halus pada beton karena berat jenis serbuk bata ringan yang cukup ringan. Selain itu limbah yang diciptakan dari pembongkaran gedung atau pengolahan bata ringan yang gagal produksi juga cukup banyak jumlahnya. Limbah yang paling banyak yang tidak dimanfaatkan kembali berupa limbah pasangan dinding pada kontruksi gedung (As'at Pujianto et al, 2021).

Ampas tebu adalah suatu residu (sampah) dari proses penggilingan batang tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya. Pengolahan limbah ampas tebu tersebut hanya dihampar di pembuangan limbah dan tidak dimanfaatkan lebih lanjut (Styaningsih et al., 2022). Serbuk abu ampas tebu dapat diklasifikasikan menjadi bahan *pozzolan* karena terdapat senyawa kimia yang dapat meningkatkan kuat tekan beton yaitu silika dioksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃) dan kalsium oksida (CaO).

Fly ash merupakan bagian dari sisa abu pembakaran yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran menggunakan material dasar batu bara pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Fly ash* diambil secara mekanik dengan sistem pengendapan elektrostatis (Hidayat,1986). *Fly ash* atau abu terbang batubara terutama dihasilkan di pembangkit listrik sebagai produk sampingan dari pembakaran batubara (Alterary & Marei, 2021). Secara kimia *fly ash* dapat diartikan sebagai material oksida anorganik yang mengandung silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) bersifat aktif karena telah mengalami proses pembakaran pada suhu tinggi, sehingga dapat bereaksi dengan komponen lain dalam komposisinya untuk membentuk material baru yang tahan terhadap suhu tinggi.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan serbuk bata ringan sebagai agregat halus serta penggunaan abu ampas tebu dan *fly ash* pada substitusi semen pada kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh peningkatan penggunaan serbuk bata ringan sebagai agregat halus serta penggunaan abu ampas tebu dan *fly ash* pada substitusi semen pada berat beton?
3. Berapa kadar optimal yang digunakan pada penggunaan inovasi serbuk bata ringan, abu ampas tebu dan *fly ash* untuk mencapai berat jenis dan kuat tekan yang terbaik?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk bata ringan sebagai agregat halus serta penggunaan abu ampas tebu dan *fly ash* pada substitusi semen pada kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk bata ringan sebagai agregat halus serta penggunaan abu ampas tebu dan *fly ash* pada substitusi semen pada berat beton.
3. Untuk mengetahui kadar optimal yang digunakan pada penggunaan inovasi serbuk bata ringan, abu ampas tebu dan *fly ash* untuk mencapai berat jenis dan kuat tekan yang terbaik.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan dilakukannya tinjauan ini diharapkan mampu menambah wawasan pembaca mengenai inovasi beton ringan untuk menjawab tantangan tantangan yang ada.
2. Melalui penulisan proposal tugas akhir ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk inovasi-inovasi beton ramah lingkungan kedepannya.
3. Untuk mengoptimalkan penggunaan material limbah inovasi untuk menciptakan beton dengan kinerja tinggi yang ramah lingkungan dalam skala penelitian.

Beton

Menurut SNI 2847:2019 beton adalah campuran yang terdiri dari semen *portland* atau semen hidrolis lainnya,

agregat halus, agregat kasar, dan air, baik dengan maupun tanpa bahan tambahan (*admixture*). Pencampuran semen dan air menghasilkan pasta semen yang berfungsi sebagai bahan perekat sekaligus pengisi ruang di antara agregat halus dan kasar

Jenis - jenis beton

Seiring dengan berkembangnya zaman, terdapat jenis beton yang dapat ditemui. Menurut *News: Conferences and Symposia* (2004) jenis beton beserta fungsinya diuraikan sebagai berikut

1. Beton Ringan

Beton ringan, yaitu jenis beton yang memiliki berat jenis $<1900 \text{ kg/m}^3$ dan biasanya digunakan untuk bagian non-struktural. Beton ringan dicetak dengan metode pembuatan gelembung udara dalam adukan semen menggunakan agregat ringan (seperti tanah liat bakar/batu apung) atau pembuatan beton non-pasir.

2. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah. Perencanaan campuran beton normal harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan harus dibuktikan melalui uji coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar daripada beton normal. Beton berat merupakan jenis beton yang memiliki berat jenis $>2500 \text{ kg/m}^3$ dan biasanya dipakai pada struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.

4. Beton Jenis Lain

Jenis beton lainnya adalah beton yang diterapkan pada struktur dengan kebutuhan khusus, seperti beton massa, *ferosemen*, beton serat, beton siklop, beton berongga, dan beton ekspos.

Beton ringan struktural

Beton ringan ialah beton yang memiliki berat satuan tidak lebih dari 1840 kg/m^3 (SNI 2847:2019) juga harus memenuhi persyaratan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan structural. Beton ringan dapat diciptakan dengan membuat beton dari agregat ringan, penambahan udara, atau penambahan material yang memiliki berat satuan yang kecil. Menurut Miswar, K (2020:26) cara mengurangi berat jenis beton adalah :

1. Membuat gelembung udara dalam adukan beton.
2. Menggunakan agregat ringan sebagai bahan pengisi.
3. Membuat beton tanpa pasir yang disebut beton non pasir.

Bahan penyusun beton

1. Semen *Portland*

Semen *Portland* adalah semen hidrolis diproduksi dengan cara membuat klinker, terutama dari senyawa kalsium silikat yang bersifat hidrolitik (mampu mengeras saat bereaksi dengan air), dengan penambahan gips sebagai bahan tambahan. Semen adalah bahan pengikat yang paling dikenal dan paling banyak digunakan dalam proses konstruksi beton. Semen yang umum dipakai adalah semen tipe I dan ketergantungan kepada pemakaian semen jenis ini masih sangat besar. Namun, jika dilihat dari sisi fungsi, semen *Portland* masih memiliki kekurangan dan keterbatasan yang pada akhirnya akan mempengaruhi mortar. Pada dasarnya semen tersusun dari empat oksida utama (*major oxide*) yaitu oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida besi (Fe_2O_3), dan oksida alumina (Al_2O_3). Kandungan dari keempat oksida utama tersebut kurang lebih 90 % dari berat semen sedangkan 10% sisanya adalah *minor oxides*. Keempat bahan yang mengandung oksida tersebut dibakar dengan perbandingan tertentu. Pembakaran ini akan menghasilkan senyawa penyusun semen.

2. Agregat

Agregat yaitu partikel mineral alami yang tersedia di alam dan dimanfaatkan sedemikian rupa yang memiliki fungsi untuk bahan pengisi pada campuran beton atau mortar. Berdasarkan SNI 2847:2019 agregat merupakan bahan partikel seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnace slag*), yang digunakan bersama media pasta semen sebagai perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Agregat mengisi 60-75% dari total volume beton, oleh karena itu standar kualitas agregat yang akan digunakan sangatlah berpengaruh pada mutu beton. Kualitas agregat yang bagus, memungkinkan beton mudah dikerjakan, memiliki durabilitas tinggi, kuat, serta murah. Agregat yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat dan ketentuan yang diberikan oleh ASTM C33-82 "*Standard Specification for Concrete Aggregates*".

3. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta

sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen.

4. Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan berbentuk bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar. Penggunaan bahan tambah harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*) dan yang paling utama memperhatikan petunjuk produk yang digunakan.

a. *Superplasticizer*

Menurut ASTM C494 dan British Standart 5075, *Superplasticizer* adalah bahan kimia tambahan pengurang air yang sangat efektif. Melalui penambahan *superplasticizer*, dapat diperoleh adukan dengan faktor air-semen (FAS) yang lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi. *Superplasticizer* tipe F (*high range water reducer*) merupakan bahan kimia yang berfungsi mengurangi penggunaan air sampai 12% atau bahkan lebih.

b. Serbuk Bata Ringan

Bata ringan memiliki karakteristik ringan, permukaan halus, presisi dan rata. Bata ringan diproduksi oleh pabrik secara massal menggunakan campuran bahan dari semen, kapur, pasir kuarsa, silika, aluminium pasta dan gypsum. Serbuk bata ringan dipilih sebagai bahan substitusi pengganti material agregat halus pada beton karena berat jenis serbuk bata ringan yang cukup ringan. Selain itu limbah yang diciptakan dari pembongkaran gedung atau pengolahan bata ringan yang gagal produksi juga cukup banyak jumlahnya. Limbah yang paling banyak yang tidak dimanfaatkan kembali berupa limbah pasangan dinding pada konstruksi gedung (As'at Pujianto et al, 2021).

c. Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu merupakan hasil perubahan kimiawi dari pembakaran ampas tebu menjadi abu. Abu ampas tebu ini terdiri atas garam-garam anorganik dan kaya akan silika (SiO_2). (Mirna, 2017). Abu ampas tebu adalah residu yang dihasilkan dalam pembakaran ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 600°C dan durasi pembakaran hingga 24 jam. Abu ampas tebu merupakan material yang sangat berpotensi untuk menggantikan ampas tebu merupakan material yang sangat berpotensi untuk menggantikan 80,7% yang menunjukkan bahwa material *bagasse ash* dapat dikategorikan sebagai material *pozzolan* semen (SNI 2460:2014 : 13).

d. *Fly Ash* (Abu Terbang)

Fly ash merupakan bagian dari sisa abu pembakaran yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran batu bara pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Secara kimia *fly ash* dapat diartikan sebagai material oksida anorganik yang mengandung silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) bersifat aktif karena telah mengalami proses pembakaran pada suhu tinggi. *Fly ash* memiliki butiran yang lebih halus dibanding semen dan memiliki sifat hidrolik. Saat digunakan sebagai bahan tambahan atau pengganti sebagian semen, *fly ash* tidak hanya meningkatkan kekuatan mortar, tetapi juga secara mekanis mengisi rongga-rongga di antara butiran, serta secara kimiawi memberikan sifat hidrolik pada kapur mati hasil proses hidrasi.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisikan langkah-langkah sistematis untuk menyelesaikan suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena dan menghasilkan jawaban yang dapat dipertanggungjawabkan. Dalam penelitian ini akan melakukan analisis secara langsung dan objektif untuk menghasilkan sebuah kajian terkait inovasi *lightweight concrete* menggunakan serbuk bata ringan, abu ampas tebu dan *fly ash*. Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui studi pustaka dan eksperimen laboratorium. Uji eksperimen diterapkan pada beton ringan struktural untuk mengukur nilai kuat tekan serta berat jenisnya. Pengujian beton tersebut dilakukan saat berumur 7, 14, 21, dan 28 hari. Parameter yang harus diperhatikan dalam penelitian ini adalah, nilai kuat tekan yang harus lebih dari 17,24 Mpa dan berat jenis kurang dari 1840 kg/m^3 .

Pengumpulan data

Langkah – langkah yang dilakukan dalam tahap persiapan dengan meliputi studi literatur dan identifikasi masalah. Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya

dalam pengumpulan materi acuan dalam penelitian ini. Setelah studi pustaka selesai, penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengamatan dan pemeriksaan kebersihan agregat, pengujian berat jenis (*specific gravity*) material, serta analisis unsur kimia (*chemical element analysis*). Beberapa metode campuran dibuat dan diuji untuk mengetahui faktor air semen optimum dan kadar serbuk bata ringan, abu ampas tebu dan *fly ash* optimum agar mencapai nilai kuat tekan dan *slump test* yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan menggunakan silinder berukuran 10 x 20 cm tiap *mix design*.

Bahan uji

Bahan-bahan yang digunakan sebagai campuran beton antara lain :

1. *Portland Composite Cement* merek Gresik
2. Abu ampas tebu lolos ayakan 0,075 mm (No. 200)
3. *Fly ash* (abu terbang) lolos ayakan 0,075 mm (No. 200)
4. Agregat halus pasir merapi lolos ayakan 4,75 mm
5. Serbuk bata ringan lolos ayakan 4,75 mm
6. Agregat kasar kerikil berukuran maksimal 19 mm
7. Air bersih sumuran
8. *Superplasticizer Sika Viscocrete 1003*

Benda uji

Benda uji pada penelitian ini dibuat dengan cetakan berbentuk silinder berdiameter 10cm dan tinggi 20cm untuk menentukan kadar optimum masing-masing inovasi yang digunakan terhadap berat dan kuat tekan beton. Pada penelitian ini menggunakan variasi abu ampas tebu serta *fly ash* masing-masing pada persentase antara 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari total berat semen. Variasi serbuk bata ringan yang digunakan sebesar 70% dari volume agregat halus. Pada penelitian ini rasio perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar yang digunakan sebesar 70% : 30% serta menggunakan *admixture* sebesar 0,4% dari berat total semen.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir merapi yang berasal dari daerah Klaten. Berikut adalah hasil pengujian pasir sebagai agregat halus.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan pasir

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Syarat	Standar Pengujian	Kesimpulan
1	Kandungan Lumpur	2%	Maks. 5%	SNI ASTM C117:2012	Memenuhi
2	<i>Bulk Spesific Gravity</i>	2,48 gr/cm ³	-	SNI 1970:2008	Memenuhi
3	<i>Bulk Spesific Gravity SSD</i>	2,5 gr/cm ³	2,5 – 2,7	SNI 1970:2008	Memenuhi
4	<i>Apparent Spesific Gravity</i>	2,54 gr/cm ³	-	SNI 1970:2008	Memenuhi
5	<i>Absorbtion</i>	1,01%	2%	SNI 1970:2008	Memenuhi
6	Modulus Halus Butir	2,5	2,3 – 3,1	SNI ASTM C136-06:2012	Memenuhi
7	Ukuran Maksimum Agregat	4,75	-		Memenuhi

Hasil pengujian serbuk bata ringan

Limbah bata ringan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. *Blesscon* Sragen. Berikut adalah hasil pengujian pasir sebagai agregat halus.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan serbuk bata ringan

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Syarat	Standar Pengujian	Kesimpulan
1	Kandungan Lumpur	1,01%	Maks. 5%	SNI ASTM C117:2012	Memenuhi
2	<i>Bulk Spesific Gravity</i>	1,65 gr/cm ³	-	SNI 03-2461-2002	Memenuhi
3	<i>Bulk Spesific Gravity SSD</i>	1,75 gr/cm ³	1,0 – 1,8	SNI 03-2461-2002	Memenuhi
4	<i>Apparent Spesific Gravity</i>	1,84 gr/cm ³	-	SNI 03-2461-2002	Memenuhi
5	<i>Absorbtion</i>	6,38%	20%	SNI 03-2461-2002	Memenuhi
6	Modulus Halus Butir	2,56	2,3 – 3,1	SNI ASTM C136-06:2012	Memenuhi
7	Ukuran Maksimum Agregat	4,75			Memenuhi

Hasil pengujian kerikil

Kerikil atau batu pecah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sentolo, Kulon Progo, Yogyakarta. Berikut adalah hasil pengujian batu pecah sebagai agregat kasar.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan batu pecah

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Syarat	Standar Pengujian	Kesimpulan
1	Kandungan Lumpur	0,8%	Maks. 1%	SNI ASTM C117:2012	Memenuhi
2	<i>Bulk Spesific Gravity</i>	2,57 gr/cm ³	-	SNI 1969:2008	Memenuhi
3	<i>Bulk Spesific Gravity SSD</i>	2,67 gr/cm ³	2,5 – 2,7	SNI 1969:2008	Memenuhi
4	<i>Apparent Spesific Gravity</i>	2,84 gr/cm ³	-	SNI 1969:2008	Memenuhi
5	<i>Absorbtion</i>	3,6 %	-	SNI 1969:2008	Memenuhi
6	Modulus Halus Butir	6,72	6,0 – 7,1	SNI ASTM C136-06:2012	Memenuhi
7	Ukuran Maksimum Agregat	19 mm	<25 mm		Memenuhi

Hasil pengujian abu ampas tebu

Berikut hasil pengujian kandungan kimia yang terkandung dalam abu ampas tebu. Pengujian kandungan kimia dilakukan di Laboratorium Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Berikut hasil pengujian abu ampas tebu.

Tabel 4. Analisis kuantitatif pengujian XRF abu ampas tebu

Element		Conc. (%)	Stddev.(%)
<i>Magnesium Oxide</i>	MgO	0,30	0.311
<i>Silixon Oxide</i>	SiO ₂	71,23	0.472
<i>Aluminium Oxide</i>	Al ₂ O ₃	1,477	0.086
<i>Feri Oxide</i>	Fe ₂ O ₃	7,84	0.010
<i>Chloride</i>	Cl	0,444	0.011
<i>Potassium Oxide</i>	K ₂ O	8,23	0.009
<i>Calsium Oxide</i>	CaO	3,41	0.007

Hasil pengujian fly ash

Berikut hasil pengujian kandungan kimia yang terkandung dalam *fly ash*. Pengujian kandungan kimia dilakukan di Laboratorium Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Berikut hasil pengujian *fly ash*.

Tabel 5. Analisis kuantitatif pengujian XRF *fly ash*

Element		Conc. (%)	Stddev.(%)
<i>Magnesium Oxide</i>	MgO	2.651	0.311
<i>Silixon Oxide</i>	SiO ₂	20.80	0.472
<i>Aluminium Oxide</i>	Al ₂ O ₃	17,63	0.011
<i>Feri Oxide</i>	Fe ₂ O ₃	13.40	0.010
<i>Potassium Oxide</i>	K ₂ O	0.251	0.009
<i>Calsium Oxide</i>	CaO	67.073	0.007
<i>Titanium</i>	Ti	0.023	0.003
<i>Vanadium</i>	V	0.003	0.003
<i>Manganese</i>	Mn	0.052	0.009
<i>Iron</i>	Fe ₂ O ₃	13.40	0.010

Hasil perhitungan campuran beton

Perancangan campuran (mix design) beton ringan dilakukan berdasarkan SNI 7656-2012 tentang tata cara pemilihan campuran untuk beton normal dengan kekuatan rencana 25 MPa pada umur 28 hari sesuai syarat beton ringan struktural yaitu >17,24 MPa. Perancangan campuran adukan beton yang bertujuan untuk memperoleh kualitas beton ringan yang memenuhi syarat. Pada penelitian ini menggunakan 2 variasi *mix design* dengan membandingkan campuran variasi beton ringan dengan beton normal.

Tabel 6. Perhitungan campuran beton (*mix design*)

Material	Komposisi	
	Beton Ringan	Beton Normal
Semen	295,5 kg	394 kg
Abu Ampas Tebu	39,4 kg	-
<i>Fly Ash</i>	59,1 kg	-
Pasir	386 kg	1047 kg
Serbuk Bata Ringan	630 kg	-
Split	309 kg	618 kg
<i>Sika Visconcrete 1003</i>	1,58 liter	1,58 liter
Air	205 liter	205 liter

Sumber : Perhitungan Pribadi, 2025

Hasil pemeriksaan uji slump

Dari pembuatan campuran adukan beton akan diperoleh nilai *slump* yang diperlukan untuk mengetahui tingkat workabilitas campuran beton. Workabilitas yang memadai sangat diperlukan untuk memudahkan proses pengadukan, pengangkutan, penuangan dan pemadatan sehingga mudah dikerjakan.

Tabel 7. Hasil pemeriksaan *Slump*

Sampel	<i>Slump</i> (mm)		Hasil (mm)
	Tertinggi	Terendah	
Beton Ringan	100	75	100
Beton Normal	100	75	80

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

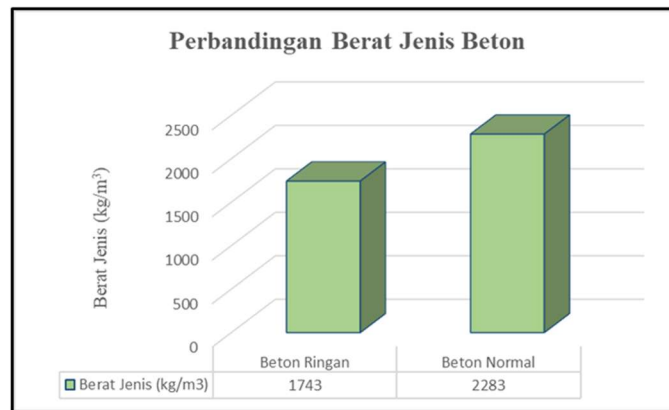
Hasil pengujian berat beton

Pengujian berat jenis beton dilakukan menggunakan benda uji silinder berdiameter (\emptyset) 10 × 20 cm pada umur 28 hari. Masing-masing variasi campuran dibuat sebanyak tiga (3) sampel beton untuk mendapatkan hasil yang optimal. Perbandingan hasil pengujian berat jenis antara beton ringan dan beton normal dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian berat jenis beton

Sampel	Berat Jenis (kg/m ³)
Beton Ringan	1743
Beton Normal	2283

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



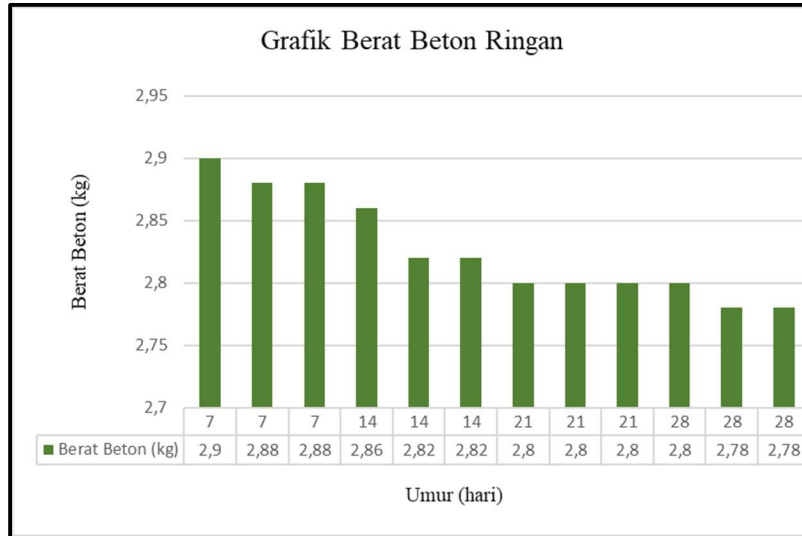
Gambar 1. Perbandingan Berat Jenis Beton

Berdasarkan variasi sampel di atas, campuran beton ringan dibuat menggunakan komposisi 10% abu ampas tebu, 15% fly ash, dan 70% serbuk bata ringan dari total volume agregat halus. Pengujian dilakukan terhadap 12 sampel beton ringan. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai berat jenis beton pada umur 28 hari sebesar 1743 kg/m³. Berat dari masing-masing sampel beton ringan secara detail dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil berat sampel beton ringan

Sampel	Umur (Hari)	Berat Beton (kg)	Rata-rata (kg)
1	7	2,90	
2	7	2,88	2,89
3	7	2,88	
4	14	2,86	
5	14	2,82	2,83
6	14	2,82	
7	21	2,80	
8	21	2,80	2,80
9	21	2,80	
10	28	2,80	
11	28	2,78	2,79
12	28	2,78	

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



Gambar 2. Grafik Berat Beton Ringan

Hasil pengujian kuat tekan

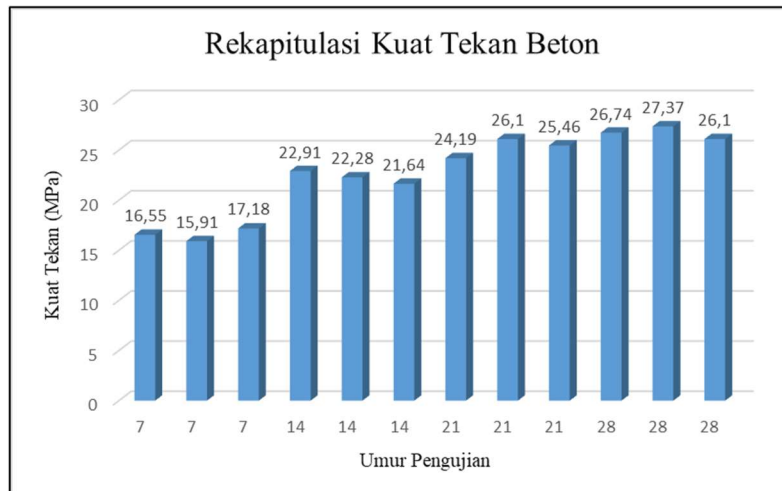
Pelaksanaan pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974 : 2011. Pengujian beton menggunakan bentuk silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm, pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur menggunakan 2 *mix design* yang berbeda. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine*. Data hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh sebagai berikut :

Tabel 10. Rekapitulasi hasil pengujian beton

Sampel	Umur (hari)	Kuat Tekan (MPa)	Rata – Rata Kuat Tekan (MPa)
1		16,55	
2	7	15,91	16,54
3		17,18	
4		22,91	
5	14	22,28	22,27
6		21,64	
7		24,19	
8	21	26,10	25,25
9		25,46	
10		26,74	
11	28	27,37	26,74
12		26,10	

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan rekapitulasi hasil pengujian pada Tabel 10, dibuat grafik untuk mengetahui tren peningkatan kuat tekan dari kedua variasi campuran yang diuji pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Grafik perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 3..



Gambar 3. Grafik perbandingan kuat tekan beton

Perbandingan nilai kuat tekan antara beton ringan dan beton normal berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan beton ringan dengan beton normal

Sampel	Umur (Hari)	Kuat Tekan Beton Ringan (MPa)	Kuat Tekan Beton Normal (MPa)
1	28	26,74	24,19
2	28	27,37	24,83
3	28	26,10	26,10
	Rata – rata	26,74	25,04

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Berdasarkan rekapitulasi pengujian, nilai rata-rata kuat tekan beton ringan mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur beton, yaitu 16,54 Mpa pada umur 7 hari, 22,27 MPa pada umur 14 hari, 25,25 MPa pada umur 21 hari, dan 26,74 MPa umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton ringan pada umur 28 hari setiap sampel nya masing-masing 26,74 MPa, 27,37 MPa dan 26,10 MPa. Sementara itu, sampel beton normal pada umur yang sama menghasilkan nilai kuat tekan masing-masing sebesar 24,19 MPa, 24,83 MPa dan 26,10 MPa.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan inovasi abu ampas tebu dan *fly ash* sebagai substitusi semen serta penggunaan serbuk bata ringan sebagai pengganti sebagian agregat halus, menghasilkan beton yang memenuhi kriteria beton ringan struktural sesuai SNI 2847:2019. Variasi campuran beton ringan tersebut menghasilkan nilai berat jenis sebesar 1.743 kg/m³, yang berarti telah memenuhi syarat karena tidak melebihi batas maksimal 1.840 kg/m³. Selain itu, mutu mekanis beton juga telah memenuhi kriteria struktural dengan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 26,74 MPa pada umur 28 hari. Nilai tersebut telah melampaui batas kuat tekan minimal yang disyaratkan, yaitu 17,24 MPa, serta berhasil mencapai target mutu rencana awal sebesar 25 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

Alterary, S. S., & Marei, N. H. (2021). *Fly Ash Properties, Characterization, And Applications: A Review*. In *Journal of King Saud University - Science* (Vol. 33, Issue 6). Elsevier B.V.

Amiawati, A., Kurniawan, R., & Muda, T. (2023). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton K-250*. *JUTEKS: Jurnal Teknik Sipil*, 8(1), 43-49.

Arumningsih, D., & Priyanto, K. J. (2023). *Inovasi Beton Ringan Dan Ekonomis Menggunakan Abu Sekam Padi, Serbuk Bata Ringan, Abu Batu*. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 28(2), 54-60.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 1970-2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. *Badan Standardisasi Nasional*, 7–18.

Fajar, D. I., & Johari, G. J. (2023). *Analisis Penggunaan Serbuk Bata Ringan Dalam Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan*. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 19(2).

- Haqiqi, R. I. (2022). *Pengaruh Limbah Bata Ringan Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Campuran Beton* (Doctoral dissertation, Universitas Bhayangkara Surabaya).
- Hendarto, M. F. M., Nurchasanah, Y., Solikin, M., & Trinugroho, S. (2023, May). *Pengaruh Substitusi Limbah Pecahan Keramik dan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Pada Beton dan Mortar*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 146-150).
- Nasional, B. S. (2012). Sni 7656:2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*.
- News: conferences and symposia. (2004). *Cement and Concrete Composites*, 26(7), 915.
- Rizki, A. (2022). Pengaruh Penggunaan Fly Ash Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Nilai Kuat Tekan. *SONDIR*, 6(2), 82-89.
- SNI-2847-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung-I*. (n.d.).
- Styaningsih, I., Sulistyorini, D., Yasin, I., Sutarto, A., & Beton, S. (2022). *Pengaruh Campuran Abu Ampas Tebu Dan Flyash Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Normal*. *Jurnal Surya Beton*.
- Thomas, M. D. A. (2007). *Optimizing the use of fly ash in concrete* (Vol. 5420, pp. 1-24). Skokie, IL, USA: Portland Cement Association.