

Pemanfaatan Abu Limbah Kayu sebagai Material Substitusi Sebagian Semen pada Campuran Beton

Imran¹, Aqilah Attamimi², Fajri³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

Jalan TPA Imam Bonjol, Kelurahan Wagon Fakfak, Provinsi Papua Barat

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

Jalan TPA Imam Bonjol, Kelurahan Wagon Fakfak, Provinsi Papua Barat

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jalan Banda Aceh – Medan Km. 280 Buketrata, Lhokseumawe, Provinsi Aceh

¹E-mail: imran@polinef.id

Abstrak — Pemanfaatan limbah dalam memenuhi kebutuhan material konstruksi ramah lingkungan dengan prinsip daur guna banyak diperoleh dari limbah pembakaran, salah satunya adalah limbah kayu yang depositnya tersedia cukup banyak. Timbunan limbah kayu baik yang berupa hasil serutan maupun penggergajian kayu khususnya pada usaha meubel hanya menjadi tumpukan sampah yang tidak dimanfaatkan. Namun demikian, abu limbah kayu dapat dimanfaatkan sebagai material konstruksi khususnya pada campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan dari penggunaan abu limbah kayu dengan persentase sebesar 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi sebagian semen menggunakan abu limbah kayu sebanyak 15% diperoleh kuat tekan beton yang paling tinggi senilai 8,08 MPa. Berkurangnya nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh penambahan persentase abu limbah kayu, semakin besar penambahan abu limbah kayu dalam campuran beton, maka semakin kecil nilai kuat tekan yang dihasilkan.

Kata-kata kunci: abu limbah kayu; semen; kuat tekan beton.

Abstract - The use of waste to meet the need for environmentally friendly construction materials using the recycling principle is mostly obtained from burning waste which are quite a lot of deposits available. Deposits of wood waste especially from sawmills in furniture industries, are just deposits of waste. However, wood waste ash can be used as a construction material in concrete mixture. This research aims to determine the compressive strength of concrete produced from using wood waste ash with a percentage 15%, 20% and 25% of cement. The research results showed that by substituting some cement using 15% of wood waste ash, the highest compressive strength of concrete was obtained at 8,08 MPa. The reduction in the compressive strength value of concrete is influenced by addition of percentage of wood waste ash, the greater the addition of wood waste ash in the concrete mixture, the smaller the resulting compressive strength value.

Keywords: wood waste ash; cement; concrete compressive strength.

I. PENDAHULUAN

Penggantian sejumlah bagian semen dalam proses pembuatan beton, atau secara total menggantinya dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan menjadi pilihan yang menjanjikan (Hardjito, 2001). Limbah kayu yang termasuk kategori sampah padat dan tidak dimanfaatkan merupakan salah satu jenis limbah organik yang ada di Kabupaten Fakfak Provinsi Papua Barat.

Timbunan limbah kayu baik yang berupa hasil serutan maupun penggergajian kayu khususnya pada usaha meubel hanya menjadi tumpukan sampah yang tidak dimanfaatkan. Timbulnya permasalahan dalam pengolahan limbah kayu oleh masyarakat disebabkan karena terbatasnya akses informasi dan ketidaktahuan mengenai isi kandungan limbah kayu sisa pembakaran.

Penelitian yang dilakukan oleh Abdullahi, 2006 menunjukkan bahwa abu limbah kayu mengandung silika (SiO_2) alumina (Al_2O_3) yang relatif tinggi dimana dengan atau tanpa bahan lain dapat sebagai aktifator dalam proses cementitious dalam pembuatan beton.

Hasil penelitian dari Ngudiyono, 2022 mempertegas bahwa penggunaan abu limbah kayu dengan persentase optimum sebesar 5% sebagai material substitusi penyusun campuran beton menggantikan sebagian semen mampu meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton pada umur beton 90 hari. Hasil lain yang ditunjukkan Indra dkk, 2013 dalam penelitiannya bahwa substitusi parsial semen dengan menggunakan 20% *wood ash* pada umur 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan dan hampir menyamai beton

tanpa *wood ash*. Penelitian ini menggunakan persentase 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Pemanfaatan abu limbah kayu diharapkan dapat mereduksi timbunan sampah yang ada di lingkungan sekitar, khususnya pada usaha meubel.

II. TINJAUAN PUSATAKA

2.1 Semen

Semen *portland* ialah semen hidrolis yang akan mengeras bila bereaksi dengan air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras. (Nugraha, Paul, 2007). Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat menjadi satu padat. Semen bila dicampur dengan air membentuk adukan pasta, dicampur dengan pasir dan air menjadi mortar semen. Sebagai campuran beton, semen dan air adalah bagian yang aktif sedangkan agregat halus dan agregat kasar merupakan bagian pasif yang mempunyai fungsi mengisi bagian tersebut. semen secara umum memiliki fungsi sebagai:

- a. Pengikat agregat kasar dan agregat halus untuk menjadi beton.
- b. Bahan pengisi pori yang ada pada sela-sela agregat

2.1 Beton

Beton merupakan hasil *mixing* antara agregat menggunakan meterial pengikat semen. Material primer penyusun beton terdiri dari pasir dan batu pecah. Sebagai material penyusun beton, material primer tersebut berperan sebagai penentu kualitas (mutu) dan volume yang dihasilkan dalam proses produksi beton. Secara volumetris beton diisi oleh agregat sebanyak 65-80% dan pasta semen sebanyak 20-35%. Sebagai material komposit, indikator berhasil atau tidaknya pemakaian beton bergantung pada desainnya yang berkualitas, cara memilih dan menyiapkan bahan yang baik, proses workability dan proses produksi (Nugraha Paul, 2007). Merujuk (Pane dkk., 2015) sesuai karakteristiknya, uji ragam karakteristik beton secara umum antara lain:

- a. Slump-test dan pemadatan merupakan proses pada pemeriksaan beton segar.
- b. Kuat desak, uji tarik belah, uji lentur, modulus-elastisitas, *permeability*, *porosity* untuk pengujian beton padat.

2.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengalami peningkatan struktural berbanding lurus dengan bertambahnya umur beton. Kekuatan yang didapatkan beton secara maksimal diperoleh saat umur 28 hari. Kuat desak beton dapat diketahui melalui pembuatan sampel/benda uji berbentuk silinder (Ximenes, 2021). Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang mempunyai nilai struktural yaitu:

- a. air semen (Fas),
- b. Usia beton,
- c. Karakteristik agregat,
- d. Bahan tambah,
- e. *Curing*.

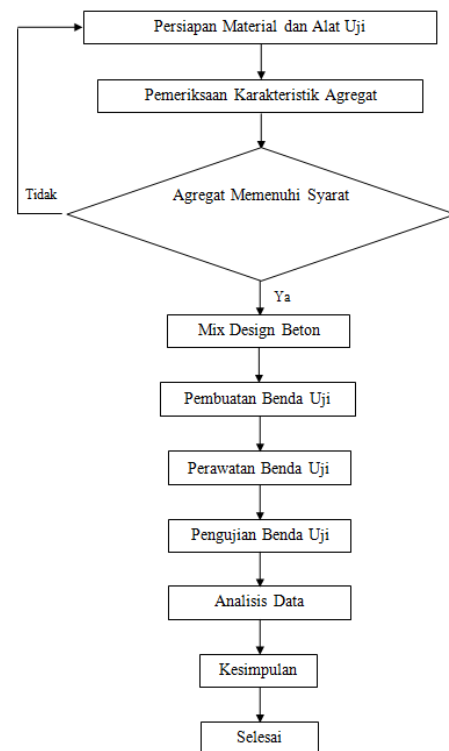
III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat ekperimental dengan melakukan pengujian di laboratorium untuk memperoleh data.

3.2 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

a. Tahap Pra Desain

Tahap ini berisi pengujian agregat (halus dan kasar) dan karakteristik abu limbah kayu sebelum digunakan sebagai bahan pengisi beton untuk menentukan berat jenis masing-masing agregat yang akan digunakan dalam tahap rancangan campuran beton.

b. Tahap *Mix Design* (Rancangan Campuran Beton)

Tahap *mix design* untuk merencanakan proporsi kerikil dan pasir yang sudah melewati pengujian karakteristik agregat serta campuran abu limbah kayu yang akan digunakan dalam campuran beton. Adapun Mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini sebesar 16,6 MPa

c. Tahap pembuatan beton

Komposisi abu limbah kayu (*wood waste ash*) yang digunakan adalah 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Untuk masing-masing kadar/komposisi dibuat 9 sampel benda uji berbentuk selinder ukuran diameter 0,15 m dan tinggi 0,3 m yang mewakili pengujian kuat tekan umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, sebagaimana disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Kebutuhan sampel benda uji kuat tekan beton

| No. | Campuran | Umur Beton (hari) | | | Total |
|--------------|---------------|-------------------|----|----|-----------|
| | | 7 | 14 | 28 | |
| 1 | S+0% ALK+P+K | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 2 | S+15% ALK+P+K | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 3 | S+20% ALK+P+K | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 4 | S+25% ALK+P+K | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Total | | | | | 36 |

d. Pengujian Kuat Tekan Beton

Prosedur pengujian berdasarkan SNI 03-6805-2002 tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Benda uji diletakan pada mesin tekan secara sentris.

e. Analisis Data dan Kesimpulan

Hasil uji kuat tekan beton menggunakan *compression machine test* dianalisis menggunakan persamaan kuat tekan:

$$f_c' = P/A \quad (1)$$

Di mana:

f_c' = Kuat tekan (kg/cm^2);

P = Beban yang dipikul (kg);

A = Luas penampang yang dibebani (cm^2).

Selanjutnya dibuat kesimpulan dan saran dari hasil penelitian

3.4 Lokasi Penelitian

Tempat pelaksanaan pembuatan dan pengujian beton berlokasi di Laboratorium Uji Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data berupa *primary* (utama) data yang didapatkan langsung berdasarkan hasil pengujian. Data primer yang dimaksud adalah data pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus yang meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis, absorpsi, kadar organik dan kadar lumpur. Data tersebut digunakan sebagai parameter dalam membuat *Mix Design*. Sedangkan data pengujian mutu beton diperoleh berdasarkan hasil pembacaan mesin uji tekan.

3.6 Teknik Analisis Data

Analisis data *Mix Design* atau rancangan campuran adukan beton menggunakan metode SK SNI 03-2847-2002. Sedangkan data kuat tekan dianalisis dengan menggunakan metode SNI SNI 03-6805-2002 tentang Pengujian Kuat Tekan Beton.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Berdasarkan pengujian karakteristik agregat halus lokal Fakfak, diperoleh hasil sebagaimana yang disajikan pada Tabel 2. Selanjutnya, hasil pengujian karakteristik agregat kasar disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus

| NO. | KARAKTERISTIK AGREGAT | INTERVAL | HASIL PENGAMATAN RATA-RATA | KETERANGAN |
|-----|--------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------|
| 1 | Kadar Organik | <3 | | Layak Digunakan |
| 2 | Kadar lumpur | Maks 5% | 0,82 | Memenuhi |
| 3 | Kadar air | 0,5% - 5% | 4,57 | Memenuhi |
| 4 | Berat Volume | 1,4 - 1,9 kg/liter | 1,4 | Memenuhi |
| 5 | Absorpsi | 0,2% - 2% | 1,87 | Memenuhi |
| 6 | Berat jenis spesifik | | | |
| | a. Berat Jenis Semu | 1,6 - 3,3 | 2,02 | Memenuhi |
| | b. Berat Jenis Kering | 1,6 - 3,3 | 1,95 | Memenuhi |
| | c. Berat Jenis Permukaan | 1,6 - 3,3 | 1,99 | Memenuhi |
| 7 | Modulus kehalusan | 1,50 - 3,80 | 2,09 | Memenuhi |

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

| NO. | KARAKTERISTIK AGREGAT | INTERVAL | HASIL PENGAMATAN RATA-RATA | KETERANGAN |
|-----|-----------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | Kadar lumpur | Maks 1% | 0,16 | Memenuhi |
| 2 | Kadar air | 0,5% - 2% | 4,62 | Tidak Memenuhi |
| 3 | Berat Volume | 1,6 - 1,9 kg/liter | 1,26 | Memenuhi |
| 4 | Absorpsi | Maks 4% | 1,69 | Memenuhi |
| 5 | Berat jenis spesifik | | | Memenuhi |
| | a. Berat Jenis Dasar Kering | 1,6 - 3,3 | 0,91 | Tidak Memenuhi |
| | b. Berat Jenis Permukaan | 1,6 - 3,3 | 0,92 | Tidak Memenuhi |
| 6 | Modulus kehalusan | 5,50 - 8,50 | 2,57 | Memenuhi zone 40 mm |

4.1 Mix Design

Pehitungan rancangan campuran beton dilakukan untuk mengetahui hasil kuat tekan mutu beton dari benda uji berdasarkan proporsi agregat halus, agregat kasar, semen dan air yang digunakan dalam campuran. Mutu beton rencana yang digunakan yaitu 16,6 Mpa. Mengacu pada mutu beton rencana tersebut, diperoleh rekapitulasi perhitungan *mix design* yang disajikan pada Tabel 4 berikut ini. Sedangkan *mix design* penggunaan abu limbah kayu sebagai substitusi sebagian semen dengan persentase 15%, 20% dan 25% dari berat semen dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Tabel 4. Hasil *mix design* beton normal

| BAHAN BETON | BERAT (KG/M ³) | BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG) |
|-------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 185 | 1 | 3 | 9 |
| Semen | 411 | 2.17 | 6.51 | 19.53 |
| Pasir | 712 | 3.77 | 11.31 | 33.93 |
| Kerikil | 1067 | 5.6 | 16.8 | 50.4 |
| Jumlah | 2375 | 12.54 | 37.62 | 112.86 |

Tabel 5. Hasil *mix design* penggunaan abu limbah kayu (ALK) 15%

| BAHAN BETON | BERAT (KG/M ³) | BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG) |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 185 | 1 | 3 | 9 |
| Semen setelah disubstitusi 15% ALK | 349.35 | 1.84 | 5.53 | 16.60 |
| Pasir | 712.00 | 3.77 | 11.31 | 33.93 |
| Kerikil | 1067.00 | 5.60 | 16.80 | 50.40 |
| ALK 15% | 61.65 | 0.33 | 0.98 | 2.93 |
| Jumlah | 2375.00 | 12.54 | 37.62 | 112.86 |

Tabel 6. Hasil *mix design* penggunaan abu limbah kayu 20%

| BAHAN BETON | BERAT (KG/M ³) | BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG) |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 185 | 1 | 3 | 9 |
| Semen setelah disubstitusi 20% ALK | 328.80 | 1.74 | 5.22 | 15.66 |
| Pasir | 712.00 | 3.77 | 11.31 | 33.93 |
| Kerikil | 1067.00 | 5.60 | 16.80 | 50.40 |
| ALK 20% | 82.20 | 0.43 | 1.30 | 3.91 |
| Jumlah | 2375.00 | 12.54 | 37.63 | 112.90 |

Tabel 7. Hasil *mix design* penggunaan abu limbah kayu 25%

| BAHAN BETON | BERAT (KG/M ³) | BERAT UNTUK 1 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 3 SAMPEL (KG) | BERAT UNTUK 9 SAMPEL (KG) |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Air | 185 | 1 | 3 | 9 |
| Semen setelah disubstitusi 25% ALK | 308.25 | 1.63 | 4.89 | 14.67 |
| Pasir | 712.00 | 3.77 | 11.31 | 33.93 |
| Kerikil | 1067.00 | 5.60 | 16.80 | 50.40 |
| ALK 25% | 102.75 | 0.54 | 1.63 | 4.88 |
| Jumlah | 2375.00 | 12.54 | 37.63 | 112.88 |

4.1 Kuat Tekan Beton

Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan beton normal rata-rata untuk umur 7, 14 dan 28 hari diperoleh nilai masing-masing sebesar 8.30 MPa, 8.58 Mpa dan 11,66 Mpa. Hasil tersebut ditunjukkan pada Tabel 8. Selanjutnya untuk penggunaan 15% abu limbah kayu dari berat semen, didapatkan nilai kuat tekan rerata senilai 6,35 MPa, 7,56 MPa, dan 8,08 MPa pada umur beton 7, 14 dan 28 hari (Tabel 9). Kemudian substitusi abu limbah kayu 20% terhadap semen diperoleh nilai rata-rata kuat tekan (seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10) sebesar 5,58 Mpa, 7,54 Mpa dan 6,74 Mpa (umur beton 7, 14 dan 28 hari). Hasil pada Tabel 11 memperlihatkan bahwa penggunaan abu limbah kayu sebanyak 25% dari total berat semen menunjukkan rata-rata nilai kuat tekan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari adalah 5,46 MPa, 7,26 MPa dan 6,32 MPa.

Tabel 8 Hasil uji tekan beton normal

| NO. | UMUR (HARI) | BERAT (kg) | LUAS (A) (cm ²) | f (KN) | BEBAN (P) (kg) | f _c = P/A (MPa) | Konversi | f _c (MPa) | Rata-Rata |
|-----|-------------|------------|-----------------------------|---------|----------------|----------------------------|----------|----------------------|-----------|
| 1 | 7 | 12.00 | 176.625 | 170.000 | 17,329.26 | 9.81 | 0.83 | 8.14 | |
| 2 | 7 | 12.00 | 176.625 | 176.228 | 17,964.12 | 10.17 | 0.83 | 8.44 | 8.30 |
| 3 | 7 | 12.00 | 176.625 | 173.540 | 17,690.11 | 10.02 | 0.83 | 8.31 | |
| 4 | 14 | 12.00 | 176.625 | 176.930 | 18,035.68 | 10.21 | 0.83 | 8.48 | |
| 5 | 14 | 12.50 | 176.625 | 181.200 | 18,470.95 | 10.46 | 0.83 | 8.68 | 8.58 |
| 6 | 14 | 12.50 | 176.625 | 179.400 | 18,287.46 | 10.35 | 0.83 | 8.59 | |
| 7 | 28 | 12.50 | 176.625 | 243.450 | 24,816.51 | 14.05 | 0.83 | 11.66 | |
| 8 | 28 | 12.00 | 176.625 | 241.970 | 24,665.65 | 13.96 | 0.83 | 11.59 | 11.66 |
| 9 | 28 | 12.00 | 176.625 | 244.650 | 24,938.84 | 14.12 | 0.83 | 11.72 | |

Tabel 9. Hasil uji tekan beton abu limbah kayu 15%

| NO. | UMUR (HARI) | BERAT (kg) | LUAS (A) (cm ²) | f (KN) | BEBAN (P) (kg) | f _c = P/A (MPa) | Konversi | f _c (MPa) | Rata-Rata |
|-----|-------------|------------|-----------------------------|---------|----------------|----------------------------|----------|----------------------|-----------|
| 1 | 7 | 11.50 | 176.625 | 126.067 | 12,850.87 | 7.28 | 0.83 | 6.04 | |
| 2 | 7 | 11.50 | 176.625 | 136.669 | 13,931.60 | 7.89 | 0.83 | 6.55 | 6.35 |
| 3 | 7 | 11.45 | 176.625 | 135.240 | 13,785.93 | 7.81 | 0.83 | 6.48 | |
| 4 | 14 | 12.00 | 176.625 | 156.665 | 15,969.93 | 9.04 | 0.83 | 7.50 | |
| 5 | 14 | 11.50 | 176.625 | 159.183 | 16,226.61 | 9.19 | 0.83 | 7.63 | 7.56 |
| 6 | 14 | 12.00 | 176.625 | 157.876 | 16,093.37 | 9.11 | 0.83 | 7.56 | |
| 7 | 28 | 11.50 | 176.625 | 169.900 | 17,319.06 | 9.81 | 0.83 | 8.14 | |
| 8 | 28 | 11.50 | 176.625 | 167.896 | 17,114.78 | 9.69 | 0.83 | 8.04 | 8.08 |
| 9 | 28 | 12.00 | 176.625 | 168.321 | 17,158.10 | 9.71 | 0.83 | 8.06 | |

Tabel 10. Hasil uji tekan beton abu limbah kayu 20%

| NO. | UMUR (HARI) | BERAT (kg) | LUAS (A) (cm ²) | f (KN) | BEBAN (P) (kg) | f _c = P/A (MPa) | Konversi | f _c (MPa) | Rata-Rata |
|-----|-------------|------------|-----------------------------|---------|----------------|----------------------------|----------|----------------------|-----------|
| 1 | 7 | 12.00 | 176.625 | 118.047 | 12,033.33 | 6.81 | 0.83 | 5.65 | |
| 2 | 7 | 12.00 | 176.625 | 116.372 | 11,862.59 | 6.72 | 0.83 | 5.57 | 5.58 |
| 3 | 7 | 12.00 | 176.625 | 115.323 | 11,755.66 | 6.66 | 0.83 | 5.52 | |
| 4 | 14 | 12.00 | 176.625 | 158.820 | 16,189.60 | 9.17 | 0.83 | 7.61 | |
| 5 | 14 | 11.50 | 176.625 | 157.054 | 16,009.58 | 9.06 | 0.83 | 7.52 | 7.54 |
| 6 | 14 | 11.50 | 176.625 | 156.221 | 15,924.67 | 9.02 | 0.83 | 7.48 | |
| 7 | 28 | 11.50 | 176.625 | 142.211 | 14,496.53 | 8.21 | 0.83 | 6.81 | |
| 8 | 28 | 11.50 | 176.625 | 139.457 | 14,215.80 | 8.05 | 0.83 | 6.68 | 6.74 |
| 9 | 28 | 11.50 | 176.625 | 140.698 | 14,342.30 | 8.12 | 0.83 | 6.74 | |

Tabel 11. Hasil uji tekan beton abu limbah kayu 25%

| NO. | UMUR (HARI) | BERAT (kg) | LUAS (A) (cm ²) | f (KN) | BEBAN (P) (kg) | f _c = P/A (MPa) | Konversi | f _c (MPa) | Rata-Rata |
|-----|-------------|------------|-----------------------------|---------|----------------|----------------------------|----------|----------------------|-----------|
| 1 | 7 | 12.00 | 176.625 | 114.087 | 11,629.66 | 6.58 | 0.83 | 5.47 | |
| 2 | 7 | 12.00 | 176.625 | 113.352 | 11,554.74 | 6.54 | 0.83 | 5.43 | 5.46 |
| 3 | 7 | 12.00 | 176.625 | 114.723 | 11,694.50 | 6.62 | 0.83 | 5.50 | |
| 4 | 14 | 12.00 | 176.625 | 150.320 | 15,323.14 | 8.68 | 0.83 | 7.20 | |
| 5 | 14 | 11.50 | 176.625 | 151.134 | 15,406.12 | 8.72 | 0.83 | 7.24 | 7.26 |
| 6 | 14 | 11.50 | 176.625 | 153.221 | 15,618.86 | 8.84 | 0.83 | 7.34 | |
| 7 | 28 | 11.50 | 176.625 | 131.181 | 13,372.17 | 7.57 | 0.83 | 6.28 | |
| 8 | 28 | 11.50 | 176.625 | 133.597 | 13,618.45 | 7.71 | 0.83 | 6.40 | 6.32 |
| 9 | 28 | 11.50 | 176.625 | 130.718 | 13,324.97 | 7.54 | 0.83 | 6.26 | |

Hasil pengujian agregat penyusun campuran beton dalam penelitian ini secara umum memenuhi standar, tapi terdapat parameter pengujian yang tidak memenuhi persyaratan yaitu nilai kadar air agregat kasar sebesar 4,62% (standar persyaratan 0,5%-2%). Parameter lain yang juga menyimpang dari standar adalah pengujian berat jenis agregat kasar, dimana hasil pengujian yang didapatkan untuk berat jenis dasar dan berat jenis permukaan hanya sebesar

masing-masing 0,91 dan 0,92 (interval 1,6-3,3). Hasil pemeriksaan berat isi beton segar menunjukkan perbedaan nilai yang cukup signifikan antara hasil *mix design* dengan nilai hasil berat isi pencampuran beton, dimana hasil beton segar mempunyai nilai yang lebih rendah (ringan) dibandingkan dengan rancangannya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12. Berat isi beton segar

| Jenis Sampel | Berat Beton Renc. (kg/m ³) | Berat Beton Hasil Campuran (kg/m ³) | Berat Selisih (kg/m ³) | Selisih (%) |
|---------------|--|---|------------------------------------|-------------|
| Beton Normal | 2375 | 2294,34 | 80,66 | 3,40 |
| Beton ALK 15% | 2375 | 2058,49 | 316,51 | 13,33 |
| Beton ALK 20% | 2375 | 2200,00 | 175,00 | 7,37 |
| Beton ALK 25% | 2375 | 2250,00 | 125,00 | 5,26 |

Perbedaan nilai antara berat isi beton segar dengan rancangan campuran beton pada beton normal diperoleh berat isi beton hasil campuran sebesar 2294,34 kg/m³ dengan selisih sebesar 80,66 kg/m³ atau 3,40% terhadap beton normal. Ini diakibatkan karena hasil pengujian berat jenis agregat kasar tidak masuk dalam interval standar pengujian yang memenuhi syarat, sehingga mempengaruhi berat isi beton pada semua benda uji yang ada.

Hasil lain juga ditunjukkan pada beton dengan variasi abu limbah kayu 15% dari berat semen didapatkan berat isi beton sebesar 2058,49 kg/m³ dengan selisih sebesar 316,51 kg/m³ (13,33%) dari beton normal. Perbedaan selisih berat isi beton tersebut disebabkan oleh nilai berat jenis agregat kasar yang tidak masuk dalam standar pengujian yang memenuhi syarat.

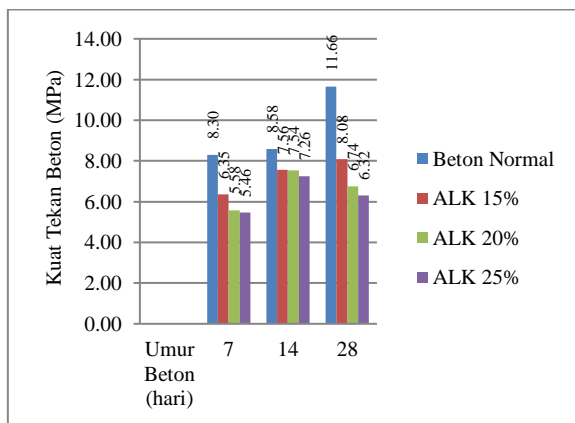
Penggunaan variasi abu limbah kayu pada campuran beton sebesar 20% terhadap semen memperlihatkan hasil berat isi beton dengan nilai 2200,00 kg/m³ dan selisihnya sebesar 175,00 kg/m³ atau 7,37% dari beton normal. Kondisi yang berperan mempengaruhi selisih berat isi beton tersebut adalah rendahnya nilai berat jenis agregat kasar yang digunakan dan tidak memenuhi interval standar pengujian.

Persentase pemakaian abu limbah kayu sebesar 25% dari berat semen menunjukkan bahwa nilai berat isi beton hasil campuran adalah 2250,00 kg/m³ dengan selisih 125 kg/m³ atau 5,26%. Nilai selisih kurang dari berat isi beton normal tersebut disebabkan karena hasil pengujian berat

agregat kasar tidak memenuhi standar interval pengujian.

Secara umum, perbedaan selisih dari variasi penggunaan abu limbah kayu terhadap berat semen menyebabkan penurunan berat isi beton dengan nilai selisih minimum 5,26% dan selisih maksimum sebesar 13,33% dari berat isi beton normal. Hal tersebut diakibatkan karena sebagian abu limbah kayu ikut larut dengan air pada proses pencampuran beton, sehingga mempengaruhi berat isi hasil pencampuran beton.

Tren nilai kuat tekan beton rata-rata berdasarkan variasi penggunaan abu limbah kayu dan hari pengujian ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 13.



Gambar 2. Grafik kuat tekan beton Rata-Rata

Tabel 12. Kuat tekan dan penurunan rata-rata beton

| UMUR | Beton Normal (MPa) | Variasi 15% ALK (Mpa) | Penurunan % | Variasi 20% ALK (MPa) | Penurunan % | Variasi 25% ALK (MPa) | Penurunan % |
|------|--------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| 7 | 8.30 | 6.35 | 23.43 | 5.58 | 32.71 | 5.46 | 34.17 |
| 14 | 8.58 | 7.56 | 11.87 | 7.54 | 12.17 | 7.26 | 15.41 |
| 28 | 11.66 | 8.08 | 30.68 | 6.74 | 42.15 | 6.32 | 45.83 |

Hasil uji tekan beton menggunakan variasi abu limbah kayu (ALK) dengan persentase 15%, 20% dan 25% dari berat semen memperlihatkan tren penurunan. Penurunan nilai kuat tekan yang paling kecil berada pada kondisi umur beton 14 hari untuk variasi 15%, 20% dan 25% dengan nilai kuat tekannya yaitu 7,56 MPa, 7,54 MPa, dan 7,26 MPa atau mengalami penurunan dari beton normal masing-masing sebesar 11,87%, 12,17% dan 15,41%. Sedangkan penurunan nilai kuat tekan pada kondisi sedang terjadi pada umur beton 7 hari menggunakan 15%, 20% dan 25% abu limbah kayu dengan kuat tekan beton

senilai 6,35 MPa, 5,58 MPa, dan 5,46 MPa atau terjadi penurunan sebesar 23,43%, 32,71% dan 34,17% dari beton normal.

Penurunan yang paling besar ada pada umur beton 28 hari untuk variasi 15%, 20% dan 25% dengan nilai kuat tekan beton sebesar 8,08 MPa, 6,74 MPa dan 6,32 MPa atau penurunan masing-masing sebesar 30,68%, 42,15% dan 45,83% dari beton normal.

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa penggunaan abu limbah kayu dengan persentase 15% mempunyai nilai kuat tekan paling tinggi pada umur beton 28 hari sebesar 8,08 MPa. Sedangkan kuat tekan yang paling rendah berada pada persentase 25% dengan nilai sebesar 6,32 MPa. Penurunan nilai tersebut disebabkan karena penggunaan persentase maksimal (25%) abu limbah kayu tidak cenderung meningkatkan nilai kuat tekan beton. Namun di sisi lain, kecenderungan peningkatan nilai kuat tekan beton yang tinggi berada pada persentase persentase abu limbah kayu sebesar 15% dengan usia 7, 14 dan 28 hari, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 12. Hal ini terbukti bahwa kuat tekan awal sampai kuat tekan akhir beton (6,35 MPa usia beton 7 hari dan 7,56 MPa umur beton 14 hari serta 8,08 MPa pada umur 28 hari) hanya optimal pada persentase penggunaan 15% abu limbah kayu terhadap semen.

V. KESIMPULAN

1. Pemanfaatan abu limbah kayu yang ada di Kabupaten Fakfak sebagai material substitusi campuran beton dengan persentase 15%, 20% dan 25% dari berat semen mengalami degradasi/pengurangan mutu beton untuk semua jenis ragam substitusi campuran.
2. Kuat tekan beton yang optimal dan paling tinggi hanya didapatkan pada penggunaan abu limbah kayu sebanyak 15% terhadap semen dengan nilai kuat tekan sebesar 8,08 MPa.
3. Penurunan nilai kuat tekan paling besar terjadi pada persentase penggunaan 25% abu limbah kayu dengan kuat tekan beton senilai 6,32 MPa atau penurunan sebesar 45,38% dari beton normal (11,66 MPa) atau 61,96% dari mutu beton rencana sebesar 16,6 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, M. (2006). Characteristics of wood ash/OPC Concrete. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, (8), 9–16. https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Abdullahi-20/publication/26449112_Characteristics_of_wood_ashOPC_concrete/links/55a02a1b08aef92d04ce30c0/Characteristics-of-wood-ash-OPC-concrete.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail
- Hardjito, D. (2001) Abu terbang solusi pencemaran semen. Kupang. *Sinar Harapan (29 Oktober 2001)* No.3950. https://repository.petra.ac.id/15299/1/Abu_Terbang_Solusi_Pencemaran_Sinar_Harapan_2001.pdf
- Indra, M.J., Tjondro, C., & Sugiharto, H. 2013. Pemanfaatan abu limbah gergaji sebagai campuran pembuatan beton. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 2 (2): 1-7. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/1199/1086>
- Ngudiyono & Sulistowati, T. 2022. Pemanfaatan abu limbah kayu sebagai bahan tambah pada campuran beton normal. *Jurnal Spektrum Sipil*. 9 (2):123-132. <https://spektrum.unram.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/251>
- Nugraha, P., & Antoni. 2007. Teknologi beton (dari material, pembuatan, ke beton kinerja tinggi). Penerbit ANDI. Yogyakarta, 3-25.
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & Windah, R. S. 2015. Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321. <https://www.neliti.com/publications/130866/pengujian-kuat-tarik-lentur-beton-dengan-variasi-kuat-tekan-beton>
- Ximenes, A. M. D. S., Halim, A., & Suraji, A. (2021). Pengaruh komposisi campuran beton dan jenis semen terhadap kelecakan (concrete workability) dan kuat tekan beton. *The 4th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2021)*, Ciastech, 529–538. <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/article/view/3349%0A%0A>