

PEMANFAATAN LIMBAH PERUSAHAAN DAERAH (CANGKANG ALE-ALE, KERNEL, SERBUK KAYU, DAN LEM PLYWOOD) SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR CAMPURAN BETON

Hurul 'Ain ¹⁾, Betti Ses Eka Polonia ²⁾, Ahmad Ravi ³⁾

hurulainsss@gmail.com ¹⁾, betti.polonia@gmail.com ²⁾, ahmad.ravi1689@gmail.com ³⁾

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ketapang

Abstrak

Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat merupakan daerah yang kaya dengan sumber daya alam laut dan perkebunan. Kerang Ale-ale merupakan sumber daya alam laut potensial. Sumber daya alam hasil perkebunan yaitu sawit yang dikelola oleh perusahaan dan menghasilkan limbah berupa cangkang kernel dan sumber daya alam hasil perkebunan yaitu kayu yang dikelola menjadi *plywood* yang menghasilkan limbah serbuk kayu dan lem sisa mesin produksi. Limbah-limbah tersebut belum dikelola secara maksimal. Hal tersebut menjadi suatu tantangan untuk melakukan penelitian supaya cangkang kerang Ale-ale, cangkang kernel, serbuk kayu *plywood*, dan lem *plywood* tersebut dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah-limbah berpotensi sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam campuran beton ringan struktural serta bahan-bahan tersebut berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal dengan umur 28 hari adalah 172,12 kg/cm². Untuk bahan cangkang ale-ale diperoleh hasil kuat uji tekan sebesar 136,64 kg/cm², bahan campuran kernel sebesar 25,02 kg/cm², bahan serbuk kayu sebesar 40,41 kg/cm², dan bahan lem plywood sebesar 177,05 kg/cm². Limbah lem Plywood mempunyai nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal dan mempunyai nilai kuat tekan yang paling tinggi di antara campuran limbah lainnya.

Kata Kunci : Beton Ringan, Cangkang Ale-Ale, Cangkang Kernel, Lem *Plywood*, Serbuk Kayu

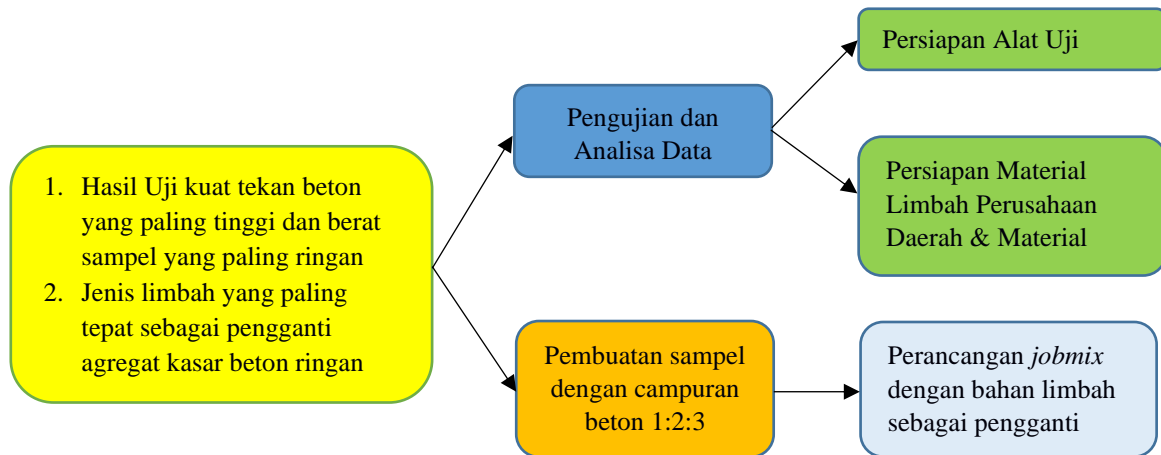
1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang pada saat ini sudah sangat umum digunakan. Saat ini berbagai bangunan sudah menggunakan material dari beton. Pentingnya peranan konstruksi beton menuntut suatu kualitas beton yang memadai [2][3][8][10]. Penelitian-penelitian telah banyak dilakukan untuk memperoleh suatu penemuan alternatif penggunaan konstruksi beton dalam berbagai bidang secara tepat dan efisien, sehingga akan

diperoleh mutu beton yang lebih baik [1][2][3][8][10][11][22].

Keunggulan beton sebagai bahan konstruksi antara lain mempunyai kuat tekan yang tinggi, dapat mengikuti bentuk bangunan secara bebas, tahan terhadap api dan biaya perawatan yang sangat relatif murah [10][11].

Hampir setiap aspek kehidupan manusia selalu terkait dengan beton baik secara langsung maupun tidak langsung, sebagai contoh adalah jalan dan jembatan yang strukturnya terbuat dari beton.



Gambar 1. Bagan Penelitian

Bahan susunan beton yang umum digunakan sampai saat ini adalah semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Kualitas beton bergantung pada bahan-bahan penyusunnya [1]. Besarnya kuat tekan beton dipengaruhi beberapa hal antara lain jenis semen, gradasi agregat, sifat agregat, dan pengerjaan (pencampuran, pemadatan, dan perawatan), umur beton, serta bahan kimia tambahan (*admixture*).

Penelitian bahan penyusun (agregat) beton perlu juga dikembangkan. Seperti, pemanfaatan limbah perusahaan daerah yang memiliki potensi sebagai bahan pengganti untuk pembuatan beton [8][21][24]. Ditambah lagi munculnya beton ringan sebagai inovasi baru dalam pembuatan beton, dimana beton ringan merupakan beton yang memiliki berat lebih ringan dari beton biasanya tapi memiliki kelebihan yaitu tahan panas dan api [2]. Selain dapat membuat terobosan suatu baru dalam pembuatan beton diharapkan nantinya bisa turut mengembangkan potensi yang ada di daerah dalam bidang konstruksi dan struktur.

Pada tahun 2014 sampai dengan 2019 dilakukan kajian pustaka penelitian pengaruh limbah perusahaan daerah sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Pada tahun ini dilaksanakan penelitian Potensi Pemanfaatan Limbah-Limbah Perusahaan Daerah (Cangkang Kerang Ale-Ale, Kernel, Serbuk Kayu, dan Lem *Plywood* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Campuran Beton Ringan Struktural. Untuk kegiatan

tahun selanjutnya, dapat diterapkan pemanfaatan potensi limbah-limbah perusahaan daerah di kabupaten Ketapang, seperti: cangkang kerang Ale-Ale, Kernel, Serbuk Kayu, dan lem *Plywood*. Limbah-limbah tersebut digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam campuran beton ringan structural [2][3]. Hal ini, menjadi terobosan dan inovasi baru dalam konstruksi bangunan struktural yang lebih ringan dan lebih kuat. Sehingga, teknologi beton dalam pembangunan Indonesia di era modern lebih meningkat dan berkualitas.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Penentuan Kriteria Bahan

Sebelum penelitian dilaksanakan, maka dilakukan persiapan alat, yaitu: alat uji material dan alat uji kuat tekan beton (*Compression Testing Machine*) [14]. Selain itu juga, dilakukan persiapan material, yaitu: material limbah perusahaan daerah dan material campuran beton. Kemudian, jobmix dirancang dengan bahan limbah sebagai pengganti agregat kasar campuran beton dengan perbandingan campuran semen : agregat halus : agregat kasarnya sebesar 1:2:3 [4][15][24]. Sampel dibuat sebanyak 3 buah tiap jenis limbah, dengan variasi umur sampel 7, 14, dan 28 hari.

Selanjutnya dilakukan pengujian dan analisa data bahan limbah dan material campuran beton, serta pembuatan sampel

sesuai perbandingan campuran beton [12][17]. Sampel beton yang sudah siap selanjutnya dilakukan uji kuat tekan, dimana akan diketahui nilai uji kuat tekan tertinggi dengan berat sampel yang paling ringan dan jenis material yang paling sesuai dengan kriteria tersebut.

Kualitas beton yang diinginkan dapat ditentukan dengan pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, hitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan yang tepat dengan dosis optimum yang diperlukan [18][19]. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah.

Agregat yaitu pasir dan kerikil yang merupakan bahan pengisi beton. Untuk beton yang ekonomis, adukan harus dibuat sebanyak mungkin agregatnya. Agregat halus (pasir) harus mempunyai gradasi (distribusi ukuran) sedemikian rupa, sehingga rongga-rongga antara agregat minimum pada beton [4][13].

Ini berarti didalam pembuatan beton, jumlah pasta semen yang perlu mengisi rongga-rongga tersebut harus minimum. Agregat halus mempunyai ukuran partikel maksimum lebih kurang 4 mm, sedangkan agregat kasar bagi beton umumnya mempunyai ukuran maksimum 75 mm [15].

Dalam pelaksanaan suatu proyek, air adalah bahan yang sangat penting dan vital yang berfungsi antara lain:

- a. Pembuatan adukan beton
- b. Pembuatan adukan untuk spesi
- c. Perawatan beton dan kegiatan penunjang lainnya

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, untuk membasahi agregat dan untuk melumasi butir-butir agregat dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan [5]. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya 25% dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,45%, karena beton

yang mempunyai proporsi air sangat kecil menjadi kering dan sukar didapatkan. Tambahan air dibutuhkan untuk menjadi pelumas campuran agar mudah dikerjakan dan karena seluruh bagian air menguap ketika beton mengering dengan meninggalkan rongga-rongga, maka penting dalam hal ini untuk menjaga agar air yang digunakan seminimal mungkin [5][15].

Air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat air untuk pengerjaan beton. Menurut SNI [18] syarat-syarat air yang boleh digunakan antara lain:

- a) Tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, dan bahan-bahan kimia (asam alkali). Bahan organik yang dapat merusak beton atau baja tulangan.
- b) Sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum
- c) Air yang dapat dipakai sebaiknya diuji dulu sehingga dapat diketahui jenis dan kadar mineral yang terkandung didalamnya.

2.2 Pengujian Material

Selain kekuatan pasta semen, yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Proporsi campuran agregat dalam beton adalah sekitar 70-80%, hingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi tekniknya. Semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengujian pendahuluan terhadap material yang digunakan untuk mengetahui kualitasnya

2.3 Mix Design

Nilai-nilai yang didapatkan dari pengujian pendahuluan dijadikan sebagai parameter dalam job mix desain. Adapun metode untuk perhitungan campuran beton menggunakan acuan SNI [18] adalah sebagai berikut :

1. Penetapan Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton yang direncanakan, ditentukan dengan kuat tekan umur rencana 28 hari ($f'c$).

2. Penetapan Nilai Deviasi Standar (Sr)

Nilai deviasi standar ditentukan untuk mengendalikan tingkat mutu pelaksanaan dalam pencampuran beton. Semakin baik mutu pelaksanaannya semakin kecil nilai standar deviasinya. Penetapan nilai biasanya didasarkan dari pengalaman yang telah lalu. Berikut adalah nilai deviasi standar yang disarankan ditampilkan dalam Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Nilai Deviasi Standar

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Standar Deviasi (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: SK. SNI-1990-03

2.4 Perawatan (Curing)

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu [18]. Cara, bahan, dan alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

2.5 Kemudahan Pengerjaan (Workability)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkat, dituang, dan dipadatkan. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton segar adalah :

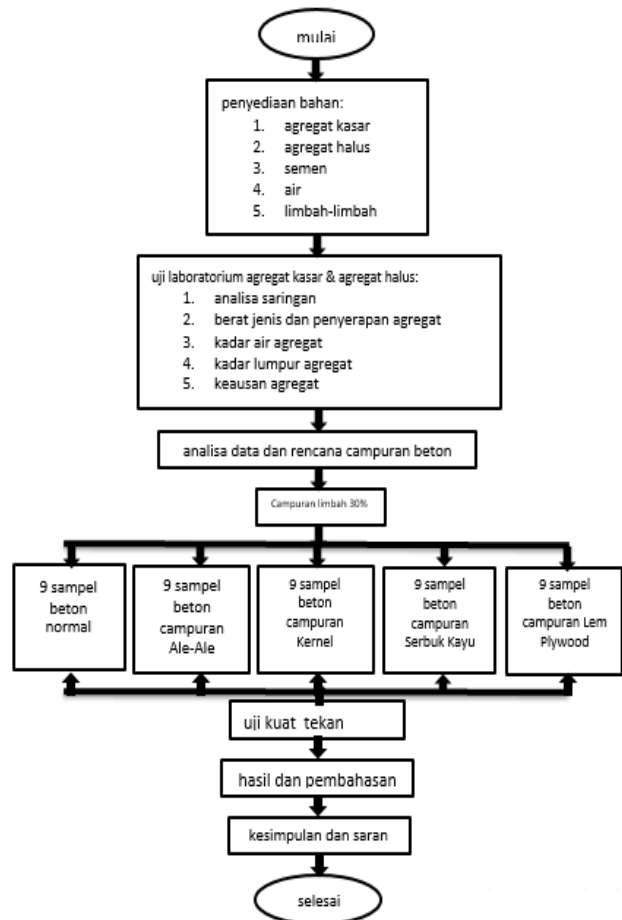
- a. Jumlah air yang digunakan dalam campuran beton
- b. Semakin banyak air yang digunakan semaikin mudah juga beton dikerjakan

- c. Gradasi campuran pasir dan kerikil
- d. Pemakaian butir maksimum kerikil
- e. Pemakaian batuan-batuan yang bulat

2.6 Slump Test

Slump beton adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat *workability* campuran yang dibuat [16]. Dari pengujian ini dapat diketahui tingkat kemudahan dalam pengerjaan yang dilakukan. Nilai *slump* yang tinggi akan linier dengan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya, begitu juga sebaliknya nilai *slump* yang rendah akan mempersulit dalam pengerjaannya. Namun nilai slump yang terlalu tinggi juga tidak baik karena akan membuat beton keropos setelah mengeras kadar air yang yang terjebak didalam campran beton menguap [13][15][16]. Hal ini akan menyisakan rongga-rongga udara pada beton.

2.7 Kuat Tekan Beton



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Kuat tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu [14].

2.8 Pembuatan Benda Uji

Bahan penelitian terdiri dari, 1) Semen Portland (Semen Gresik), 2) Agregat halus (Pasir Pawan) asal Sungai Pawan, Kalimantan Barat, serta Agregat kasar (Batu Merak) dari Perusahaan Batu Milik Ajang Sukabangun Kabupaten Ketapang, 3) Limbah perusahaan daerah, seperti: cangkang ale-ale, cangkang kernel, serbuk kayu dan lem *plywood*. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji [18] [20], dengan langkah sebagai berikut :

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
2. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan. Kemudian pertamanya tuangkan agregat kasar, agregat halus, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata.
3. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukan air sedikit demi sedikit (untuk beton normal), dan abu sekam padi (untuk beton campuran) secara bergantian sesuai dengan variasi yang telah ditentukan.
4. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
5. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan kubus, dan digetarkan agar campuran beton padat.
6. Diamkan selama 24 jam
7. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

Dalam penelitian diperlukan metode [6][7] dalam melakukan pengujian-pengujian material agregat agar didapatkan hasil yang baik, material yg digunakan adalah batu pecah 2/3 dan pasir Pawan. Berikut adalah metode

yang digunakan seperti yang ditunjukkan di Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Metode Pengujian Material Agregat

Pengujian	Standar Metode Pengujian
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
Kadar Air	SNI 1971:2011
Kadar Lumpur	SNI 03-4141-1996
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 1970:2008
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 1969:2008
Abrasi	SNI 2417:2008
Bobot Isi	SNI 1973:2008

Sumber: SNI

Tabel 3. Metode Pengujian Semen

Pengujian	Standar Metode Pengujian
Berat Jenis Semen	SNI 03-2531-1991
Setting Time Semen	SNI 03-6827-2002

Sumber: SNI

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* merek Gersik. Pengujian terhadap semen adalah seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan pada benda uji dilakukan pada umur beton 7, 14, 28 hari yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Ketapang.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal (Tanpa campuran Limbah)

Umur	Kuat tekan	Satuan
7	113,54	Kg/cm ²
14	155,88	Kg/cm ²
28	175,12	Kg/cm ²

Sumber: hasil pengujian laboratorium



Gambar 3. Pengujian Sampel

Tabel 5. Hasil Uji kuat Tekan Beton Campuran Cangkang Ale-Ale

Umur	Kuat tekan	Satuan
7	105,84	Kg/cm ²
14	123,16	Kg/cm ²
28	136,64	Kg/cm ²

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Tabel 6. Hasil Uji kuat Tekan Beton Campuran Kernel

Umur	Kuat tekan	Satuan
7	11,55	Kg/cm ²
14	11,55	Kg/cm ²
28	25,02	Kg/cm ²

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Tabel 7. Hasil Uji kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Kayu

Umur	Kuat tekan	Satuan
7	34,64	Kg/cm ²
14	28,87	Kg/cm ²
28	40,41	Kg/cm ²

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Tabel 8. Hasil Uji kuat Tekan Beton Campuran Lem Plywood

Umur	Kuat tekan	Satuan
7	121,24	Kg/cm ²
14	157,80	Kg/cm ²
28	177,05	Kg/cm ²

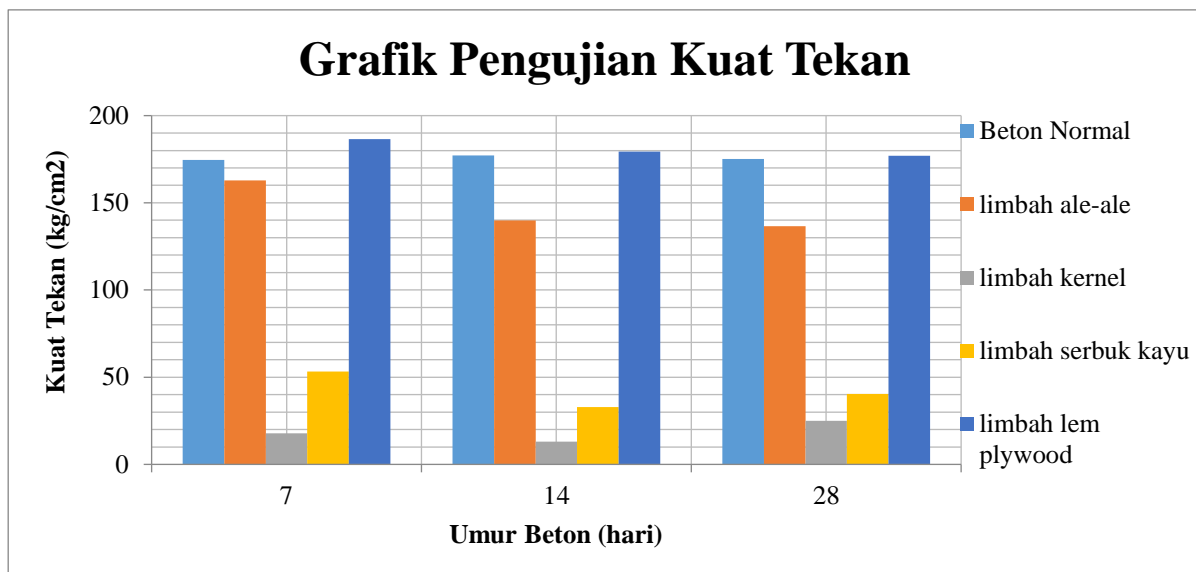
Sumber: hasil pengujian laboratorium

Tabel 9. Rekap Komposisi Campuran Untuk 9 Sampel

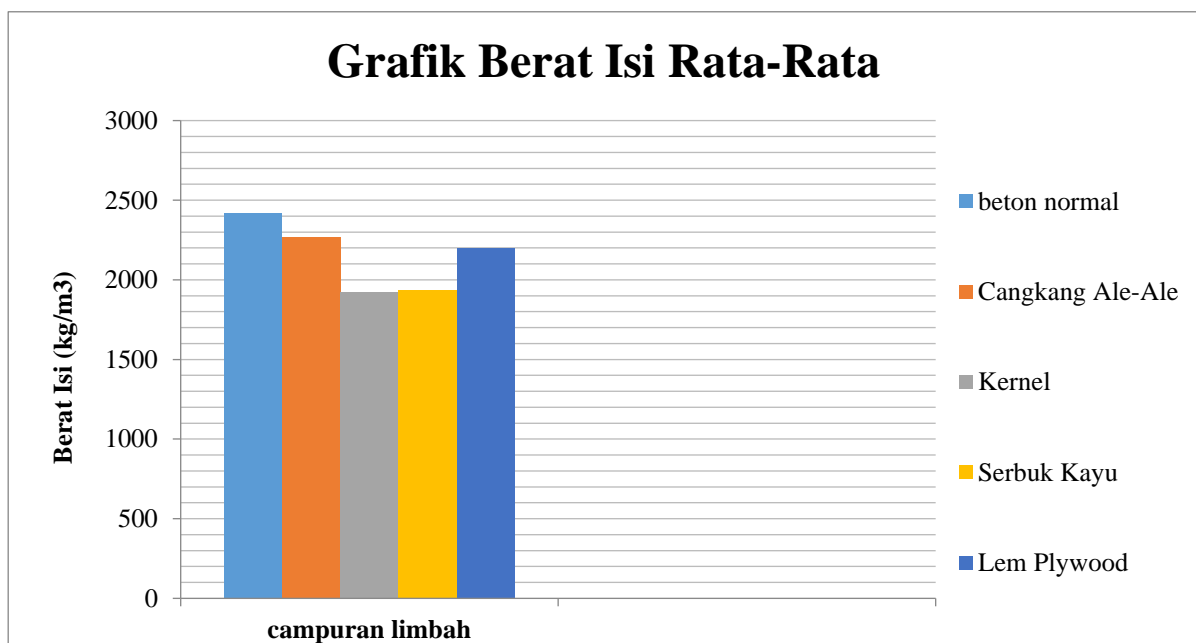
Kombinasi	PCC (kg)	Limbah (kg)	Pasir (kg)	Batu (kg)	Air
Normal	17,46	-	33,27	48,61	9,78
Cangkang Ale-Ale	17,46	14,58	33,27	34,03	9,78
Kernel	17,46	14,58	33,27	34,03	9,78
Serbuk Kayu	17,46	14,58	33,27	34,03	9,78
Lem Plywood	17,46	14,58	33,27	34,03	-

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh hasil uji kuat tekan beton normal umur 28 hari adalah sebesar 175 kg/cm². Berdasarkan Tabel 5 diperoleh hasil uji kuat tekan beton dengan campuran cangkang ale-ale umur 28 hari sebesar 136,64 kg/cm². Berdasarkan Tabel 6 diperoleh hasil uji kuat tekan beton dengan campuran kernel umur 28 hari sebesar 25,02 kg/cm². Berdasarkan Tabel 7 diperoleh hasil uji kuat tekan beton dengan campuran serbuk kayu umur 28 hari sebesar 40,41 kg/cm². Berdasarkan Tabel 8 diperoleh hasil uji kuat tekan beton dengan campuran lem plywood umur 28 hari sebesar 177,05 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa campuran beton dengan bahan lem plywood pada Gambar 4 memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dari beton normal. Selain itu, campuran beton dengan bahan lem plywood memiliki nilai kuat tekan paling tinggi diantara bahan-bahan campuran lainnya (cangkang ale-ale, kernel, dan serbuk kayu).



Gambar 4. Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar 5. Grafik Berat Isi Rata-Rata

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa penggunaan campuran limbah-limbah berpengaruh pada berat isi rata-rata betonnya. Berat isi beton normal (tanpa campuran limbah) rata-rata sebesar $2417,76 \text{ kg/m}^3$, untuk berat isi beton dengan campuran limbah cangkang Ale-Ale sebesar $2268,88 \text{ kg/m}^3$, untuk beton berat isi dengan campuran limbah Kernel sebesar $1922,89 \text{ kg/m}^3$, untuk berat isi beton dengan campuran limbah serbuk kayu sebesar $1937,56 \text{ kg/m}^3$, untuk berat isi beton dengan campuran limbah lem *plywood* sebesar

$2197,58 \text{ kg/m}^3$. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa beton dengan campuran semua limbah mempunyai nilai berat isi yang lebih rendah dari beton normal, dan dapat dijadikan suatu kriteria campuran beton ringan struktural.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa pemanfaatan limbah berpotensi sebagai bahan pengganti agregat

kasar dalam campuran beton ringan struktural serta berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Beton dengan campuran limbah lem Plywood mempunyai nilai kuat tekan ($177,05 \text{ kg/cm}^2$) yang lebih tinggi dari beton normal (175 kg/cm^2) dan mempunyai nilai kuat tekan yang paling tinggi di antara campuran limbah lainnya. Limbah lem Plywood dapat dijadikan potensi sebagai pengganti agregat kasar terhadap campuran beton ringan struktural.

Pada penelitian ini, disarankan kadar limbah dibuat lebih bervariasi agar diketahui pengaruhnya terhadap kuat tekan beton yang lebih maksimum. Untuk sampel pengujian selanjutnya disarankan untuk dibuat lebih banyak agar didapatkan data yang lebih baik dan lebih variasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali, S. 2009. Karakteristik Marshall Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) Yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar. *Rekayasa Sipil*, 5(1), 9-19.
- [2] Anugraha, R. B., & Mustaza, S. 2010. Beton ringan dari campuran Styrofoam dan serbuk gergaji dengan semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m^3 . *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 8(2), 57-66.
- [3] Ariyanto, A. 2014. Pengaruh Penambahan Cangkang Siput Sudu Atau Kupang Terhadap Karakteristik Beton K-100. *Jurnal Mahasiswa Teknik*, 1(1).
- [4] Badan Standardisasi Nasional. 1990. Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. *SNI. 03-1968-1990*
- [5] Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1971-1990, Metode Pengujian Kadar Air Agregat. *Jakarta (ID): BSN*.
- [6] Badan Standardisasi Nasional. 2008. Cara Pengujian Keausan Agregat dengan mesin abrasi Los Angeles.
- [7] Dinas Pekerjaan Umum. 1996. *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm)*. SNI 03-4142-1996.
- [8] Fadhal, A. 2014. *Pemanfaatan Limbah Cangkang Sawit Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Dalam Pembuatan Beton* (Doctoral Dissertation, Universitas Andalas).
- [9] Haniza, S., & Hamidi, A. 2018. Analisa Perubahan Nilai Karakteristik Kuat Tekan Beton K 200 Yang Menggunakan Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar. *Jurnal Sainstek*, 5(2).
- [10] Perdana, S. A., Taufik, T., & Rita, E. 2019. Pengaruh Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, 1(1).
- [11] Ryansyah, M. A. 2014. *Perbandingan Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Beton Normal Dengan Perlakuan Awal* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [12] SNI. 1973. Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton.
- [13] SNI. 1990. SNI 031970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. *BNS: Jakarta*.
- [14] SNI. 1990. SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. *BSN. Jakarta*.
- [15] SNI. 1990. *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. SNI-03-1969-1990.
- [16] SNI. 1998. SNI 03-4804-1998 (Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat). *BSN, Jakarta*.

- [17] SNI. 1990. Metode pengujian slump beton. *Badan Standar Nasional, Jakarta, Indonesia.*
- [18] SNI. 2000. Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *SNI*, 3, 2834.
- [19] SNI. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. *SNI*, 2847, 2002.
- [20] SNI. 2004. Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-7064-2004 Semen Portland Komposit. *Jakarta: Dewan Standardisasi Nasional.*
- [21] Sulistyowatia, N. A., & Suroptob, D. 2013. Pengaruh Jenis Agregat Ringan Buatan Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Effect Of Artificial Lightweight Aggregate Type For Compressive Strength Of Lightweight Concrete. *Material Komponen dan Konstruksi 13(1).*
- [22] Widari, L. A. 2015. Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Paving Block. *TERAS JURNAL-Jurnal Teknik Sipil*, 5(1).
- [23] Winanda, F. A. 2018. Pengaruh Penambahan Pecahan Cangkang Siput Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Paving Block.