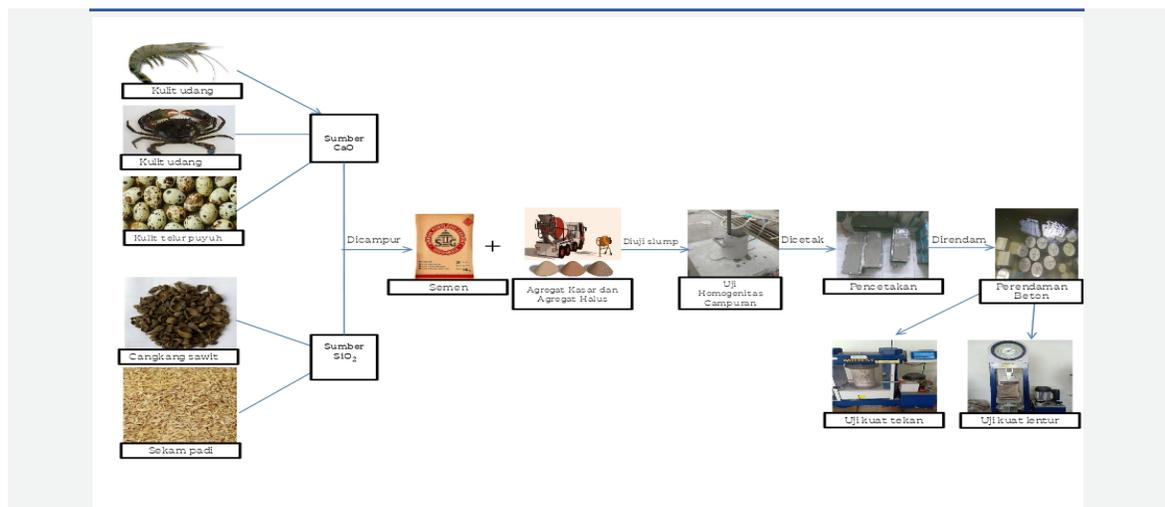


Peningkatan Nilai Limbah Agroindustri Terhadap Uji Kuat Tekan Dan Uji Kuat Lentur Dalam Pembuatan Beton

Agus. M.H. Putranto*¹, Bima Triza Saputra¹, Brian Tri Saka¹, Riduaan Asep Harefa¹, Rahmat Doni Halomoan Gultom¹, Tomi Ardiansyah¹

Didaftarkan: [25 Februari 2022] Direvisi: [25 April 2022] Terbit: [30 April 2022]



ABSTRAK: Telah dilakukan penelitian tentang peningkatan pemanfaatan limbah agroindustri terhadap kuat tekan dan kuat lentur dalam pembuatan beton. Dalam penelitian ini digunakan sampel dari limbah sekam padi dan cangkang sawit sebagai sumber silikanya, sedangkan untuk sumber kalsium oksidanya digunakan limbah dari kulit telur ayam ras, cangkang kepiting, cangkang udang dan cangkang kerang laut. Komposisi campuran kalsium oksida dan silika berbanding 1:1, sedangkan persentase penggantian pada semen dalam penelitian ini adalah 0%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dari berat semen, dengan umur penyimpanan beton 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah agroindustri sebagai campuran sumber kalsium oksida dan silika dapat meningkatkan uji kuat tekan dan uji kuat lentur beton pada persentase penggantian antara 8% - 12% pada masa simpan beton 28 dan 35 hari.

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur yang berkembang di negeri ini meliputi pembuatan jalan toll, bendungan, jembatan, dan prasarana lainnya, untuk meningkatkan kegiatan ekonomi masyarakat. Untuk pembangunan fisik infrastruktur sangat membutuhkan bahan dasar yang berkualitas, agar memenuhi persyaratan sebagaimana mestinya. Bahan dasar untuk pembangunan fisik infrastruktur tersebut antara lain adalah berupa beton, disamping material pendukung lainnya. Beton adalah merupakan campuran dari agregat halus, agregat kasar, air dan suatu bahan pengikat (SNI 03-2834-2000). Menurut Soetjipto dan Ismoyo, dalam Harefa, R,A, 2021, bahan pengikat yang dipergunakan pada umumnya bersifat hidrolik yang dapat mengikat dan mengeras secara baik apabila dicampurkan dengan air [1].

Disamping pembangunan bidang infrastruktur yang cukup pesat, terdapat juga perkembangan di bidang Agroindustri, khususnya dalam pengolahan bahan pangan. Hal ini seiring dengan jumlah populasi penduduk yang terus meningkat. Namun, dengan kemajuan agroindustri di bidang pengolahan pangan, ternyata menimbulkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, dari sisa pengolahannya. Limbah agroindustri ini akan dapat mengganggu kelestarian lingkungan bahkan dapat menjadi sumber penyakit. Pencemaran yang ditimbulkan berupa bau yang menyengat dari pembusukan sisa bahan pengolahan pangan dan juga dapat berakibat mengganggu kemurnian sumber perairan umum, seperti sungai, danau dan laut sebagai tempat pembuangan akhir limbahnya. Sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap sisa bahan pangan dari bidang agroindustri. Ternyata limbah agroindustri tersebut, masih mengandung bahan-bahan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan semen, yaitu senyawa Kalsium Oksida, yang merupakan bahan utama dalam pembuatan beton. Misalnya sisa cangkang kerang, cangkang kepiting, cangkang udang dan cangkang telur ayam. Serta cangkang kelapa sawit dan abu sekam padi yang masih banyak mengandung senyawa silika. Kedua jenis senyawa tersebut adalah merupakan senyawa utama dalam pembuatan semen.

Penelitian yang telah dilakukan beberapa waktu lalu, membuktikan bahwa beberapa jenis cangkang hewan dari perairan darat dan laut, serta cangkang telur dari hewan ternak masih mengandung senyawa kalsium dalam persentase yang tinggi, rata-rata diatas 90% [2,3]. Sedangkan cangkang kelapa sawit dan abu sekam padi masih mengandung senyawa silika dalam persentase yang tinggi juga, yaitu rata-rata diatas 75% [1,4].

Pada penelitian ini telah dilakukan pemanfaatan limbah agroindustri, sebagai bahan pengganti sebagian semen, untuk pembuatan beton, tipe K175 (SNI DT-91-0008-2007). Kemudian beton tersebut diuji kuat tekan berdasarkan (SNI-03-1972-1990) dan kuat lentur berdasarkan (SNI-03-4154-1996). Adapun komposisi campuran bahan yang mengandung senyawa kalsium (CaO) dan senyawa silika (SiO₂) dalam pembuatan semen dengan jumlah persentase 0%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dengan variasi komposisi kandungan CaO dan SiO₂ masing-masing 1:1(b/b). Serta variasi lama waktu penyimpanan beton yang digunakan adalah 2, 3, 4 dan 5 minggu.

Beberapa kegiatan agroindustri khususnya dalam bidang pengolahan bahan pangan mengalami kemajuan yang sangat pesat, seiring dengan perkembangan populasi penduduknya. Pengolahan tersebut, biasanya menggunakan hasil perkebunan, pertanian, dan perikanan darat maupun laut. Seperti pengolahan minyak goreng yang melibatkan hasil perkebunan kelapa sawit. Produksi beras dengan memanfaatkan hasil panen padi. Serta pengolahan bahan pangan yang memanfaatkan hasil perikanan darat dan laut, seperti olahan dari udang, kepiting tak terkecuali pengolahan telur dari hasil peternakan.

Namun dibalik kesuksesan pengolahan pangan di bidang agroindustri, ternyata juga menghasilkan limbah yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan disekitarnya. Bahkan berpotensi dapat menimbulkan penyakit bagi kehidupan manusia disekitarnya. Padahal limbah dari hasil pengolahan bahan pangan tersebut masih dapat diolah menjadi bahan dalam pembuatan semen yang merupakan bahan utama dalam pembuatan beton. Sedangkan beton adalah komponen pokok dalam pembangunan infrastruktur.

Dikarenakan beberapa limbah tersebut masih mengandung sumber senyawa kalsium dari pemanfaatan udang, kepiting dan telur ayam. Sedangkan senyawa silika bisa dioalah dari limbah pemanfaatan sawit dan pengolahan beras dari padi.

Salah satu sumber senyawa kalsium dari hasil pengolahan agroindustry adalah kepiting. Di Indonesia terdapat sekitar 124 jenis dari 234 keseluruhan jenis di dunia. Kepiting merupakan salah satu komoditi yang menghasilkan devisa negara [5]. Dari 124 jenis kepiting yang hidup di Indonesia, terdapat jenis kepiting hijau (*Scylla sp*) yang hidup di wilayah mangrove, hutan bakau [6]. Menurut penelitian dari Watkinson dan Brimacombe, dalam Harefa, 2021 [1] cangkang kepiting mengandung senyawa CaCO_3 . Sumber senyawa kalsium selanjutnya adalah udang. Menurut penelitian tersebut, cangkang udang mengandung beberapa mineral, dengan komposisi terbesar adalah kandungan kalsium karbonat (CaCO_3). Sumber senyawa kalsium selanjutnya adalah cangkang telur ayam ras dan juga cangkang telur burung puyuh. Penelitian yang dilakukan Wahyuni *et al* (2013) menyebutkan bahwa cangkang telur burung puyuh dan bebek mengandung senyawa dominan berupa senyawa CaCO_3 [7]. Dari hasil beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terbukti bahwa limbah agroindustry tersebut, masih mengandung CaCO_3 untuk dapat diubah menjadi bahan pengganti sebagian semen, mengingat kalsium oksida adalah merupakan salah satu senyawa penyusun semen dalam persentase yang besar.

Hingga saat ini, pembuatan minyak goreng dari buah kelapa sawit, masih memanfaatkan kulit buah dan inti kernel buah sawit. Namun membuang cangkang sawit yang tidak dapat diolah menjadi minyak goreng. Dalam satu ton kelapa sawit akan menghasilkan limbah cangkang sawit sebanyak 60-80 Kg [8]. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa didalam cangkang buah sawit mengandung sejumlah senyawa antara lain SiO_2 (26,65%), Al_2O_3 (9,6%) dan Fe_2O_3 (2,51%). Penelitian yang dilakukan oleh Sarifah dan Pasaribu, (2017) tentang pengaruh penggunaan abu cangkang sawit untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung, menyatakan bahwa di dalam cangkang kelapa sawit mengandung senyawa silika oksida (SiO_2) [9].

Tabel 1. Kandungan senyawa kimia sekam padi [4]

Compound	Percentage
SiO_2	94,4
Al_2O_3	0,61
K_2O	1,06
Na_2O	0,77
MnO	0,59
CaO	0,83
MgO	1,21
Fe_2O	0,03

Selanjutnya, dalam pengolahan padi menjadi beras, telah menyisakan sekam padi sebagai limbahnya. Menurut penelitian yang dilakukan Lestari *et al* (2020), limbah sekam padi dapat dikurangi dengan mengolahnya menjadi menjadi senyawa silika yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih bermanfaat [10]. Dari beberapa penelitian yang

telah dilakukan oleh Enymia *et al*, (1998) dan Kalapathy *et al*, (2000) menyatakan bahwa pembakaran sekam padi akan menghasilkan abu sekam padi yang mengandung skadar silika cukup tinggi berkisar anantara 87% - 97% [11] [12].

Sedangkan menurut penelitian dari Rijal dan Sukandi, (2018), kandungan silika (SiO_2) dari abu sekam padi mencapai 77,52% [13]. Selanjutnya menurut penelitian dari Foletto *et al* dalam Saka B T (2021) kandungan senyawa silika dalam abu sekam padi sebesar 94,4% disamping senyawa lainnya [4]. Untuk memperoleh senyawa kalsium dan senyawa silika dari limbah agroindustry perlu dilakukan proses kalsinasi. Perbandingan komposisi kimia untuk jenis semen portland dan semen geopolimer dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan perbedaan komposisi kimia yang kontras.

Tabel 2. Rentang komposisi yang lazim dari semen geopolimer dan portland [14]

Oksida	Kadar semen portland	Kadar semen geopolimer
CaO	60 - 67%	11%
SiO_2	17 - 25%	59%
Al_2O_3	3 - 8%	18%
Fe_2O_3	0.5 - 6.0%	-
MgO	0.5 - 4.0%	3%
$\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$	0.3 - 1.2%	9%
SO_3	2.0 - 3.5%	-

Hasil perhitungan secara kuantitatif terhadap kadar CaO dan SiO_2 dari limbah agroindustry tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan terhadap komposisi campuran semen dalam pembuatan beton. Dalam penelitian ini digunakan beton Type K175 sesuai dengan Persatuan Beton Indonesia (PBI-1971-N.1-2) dan Standar Nasional Indonesia (SNI-03-2847-2002).

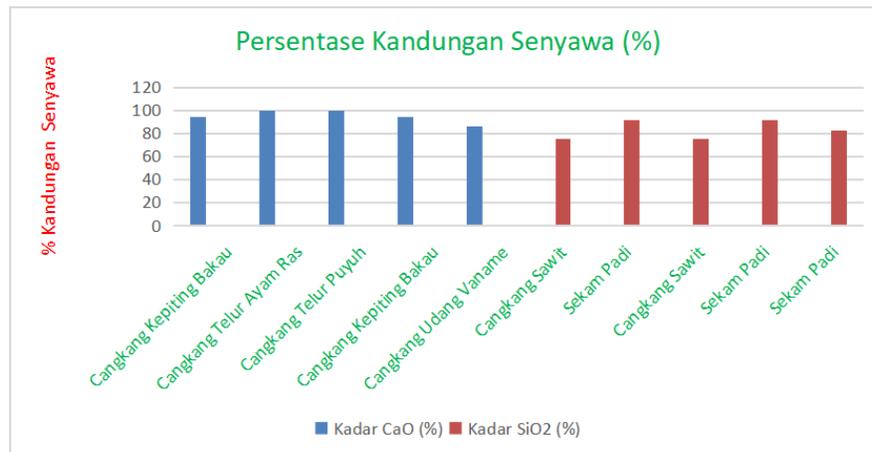
HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah pengolahan bahan pangan di bidang agroindustry, berupa cangkang kerang kepiting, cangkang udang, cangkang telur ayam dan telur burung puyuh, serta limbah dari cangkang kelapa sawit dan abu sekam padi setelah dikalsinasi diperoleh hasil berupa persentase kandungan CaO dan SiO_2 seperti terlihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kandungan Senyawa Penyusun Semen

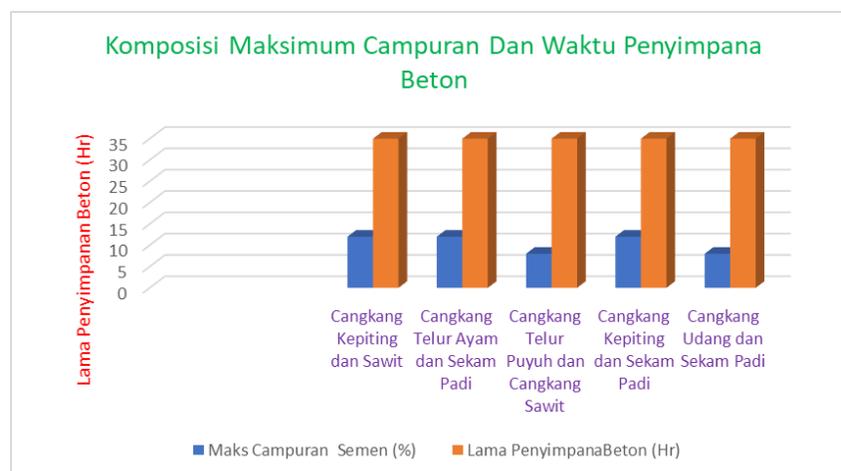
No	Sumber Bahan	Kadar CaO (%)	Kadar SiO_2 (%)
1	Cangkang Kepiting Bakau	94,3	-
2	Cangkang Telur Ayam Ras	99,46	-
3	Cangkang Telur Puyuh	99,35	-
4	Cangkang Kepiting Bakau	94,3	-
5	Cangkang Udang Vaname	86,49	-
6	Cangkang Sawit	-	75
7	Sekam Padi	-	91,9
8	Cangkang Sawit	-	75
9	Sekam Padi	-	91,9
10	Cangkang Kepiting Bakau	-	82,3

Dari Tabel 3 diatas dan pada Gambar 1 di bawah, dapat dilihat bahwa kandungan CaO dari beberapa cangkang dari limbah agroindustri berkisar dari 86,46% - 99,46%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar CaO dalam limbah tersebut masih cukup tinggi, sehingga sangat memungkinkan untuk diolah Kembali dan dijadikan sebagai bahan campuran dalam pembuatan semen.



Gambar 1. Persentase Kandungan Unsur pada Sumber Limbah Agroindustri

Demikian juga kadar SiO₂ dalam limbah industry minyak goreng dari kelapa sawit dan limbah dari abu sekam padi sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai campuran dalam pembuatan semen. Dengan demikian akan diperoleh dua manfaat sekaligus, yaitu dapat membersihkan lingkungan dari limbah agroindustry dan dapat mengurangi eksploitasi pemanfaatan bahan alam. Sehingga dapat melestarikan lingkungan. Apabila dilihat dari kemampuan maksimum dari perentase campuran CaO dan SiO₂ yang dipergunakan dalam pembuatan beton dari limbah agroindustri tersebut diatas, dapat dilihat dari Tabel 4 dan pada Gambar 2, yang menunjukkan bahwa terdapat variasi dengan harga 8% dan 12% komposisi campurannya.



Gambar 2. Komposisi Maksimum Campuran dan Waktu Penyimpanan dalam Pembuatan Beton

Sedangkan umur simpan beton mencapai nilai maksimum pada 35 hari atau 5 minggu. Hal ini sudah sesuai dengan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa limbah agroindustry tersebut memenuhi persyaratan kualitas SNI dalam pembuatan beton type K 175.

Tabel 4. Komposisi Persentase Campuran Pengganti Semen Dan Lama Penyimpanan Dalam Pembuatan Beton

No	Campuran Bahan	Maks Campuran Semen (%)	Lama Penyimpanan Beton (Hr)
1	Cangkang Kepiting dan Sawit	12	35
2	Cangkang Telur Ayam dan Sekam Padi	12	35
3	Cangkang Telur Puyuh dan Cangkang Sawit	8	35
4	Cangkang Kepiting dan Sekam Padi	12	35
5	Cangkang Udang dan Sekam Padi	8	35

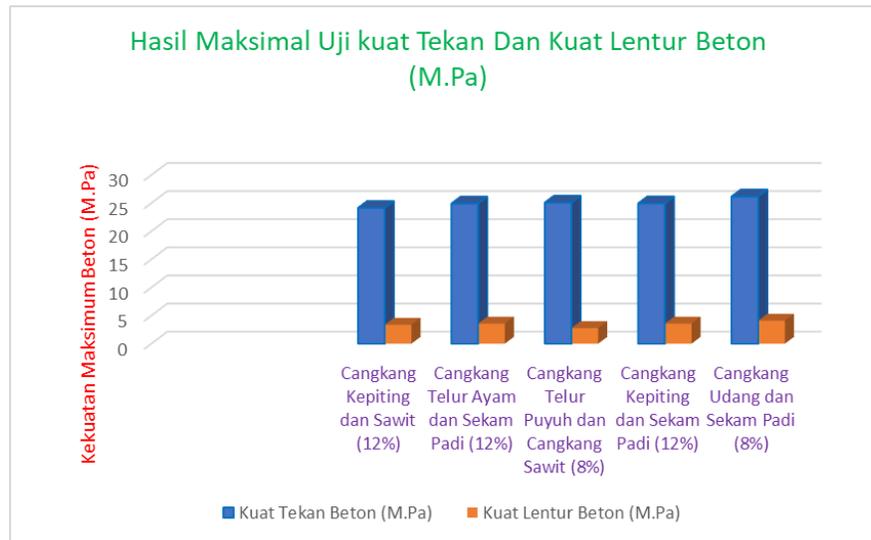
Hasil Uji Kuat Tekan Beton dan Uji Kuat Lentur Beton

Sesuai dengan hasil penelitian dari Neville, (2010) bahwa komposisi campuran semen dalam pembuatan beton akan menentukan kualitas terhadap kekuatan dan ketahanan betonnya [16]. Dari hasil penelitian ini menunjukkan, untuk uji kuat tekan dan kuat lentur beton dengan menggunakan campuran bahan yang sesuai dengan ketentuan pembuatan beton dari SNI, diperoleh bahwa hasil uji kuat tekan dan kuat beton telah melampaui batas ketentuan minimal oleh SNI. Adapun ketentuan untuk uji kuat tekan beton type K175 menurut SNI (SNI 03-1974-1990) adalah sebesar 14,53 M.Pa. Selanjutnya, ketentuan harga untuk uji kuat lentur beton type K 175 menurut SNI (SNI 4431:2011) adalah sebesar 1,95 M.Pa. Hasil uji kuat tekan dan kuat lentur pada penelitian ini, terlihat pada tabel 5 dan terlihat pada gambar 3 di bawah, bahwa baik untuk uji kuat tekan maupun uji kuat lentur beton semuanya memenuhi persyaratan dari ketentuan SNI pada type beton K 175.

Harga terendah pada uji kuat tekan pada pemanfaatan campuran Cangkang Kepiting sebagai sumber CaO dan Cangkang sawit sebagai sumber SiO₂ nya mencapai harga 24,167 M.Pa. Sedangkan untuk harga terendah pada uji kuat lentur beton nya mencapai 2,78 M.Pa. Hal ini bisa di mengerti, dikarenakan persentase kadar CaO maupun kadar SiO₂ dari limbah agroindustry menunjukkan kadar yang tinggi.

Tabel 5. Hasil Maksimal Uji kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton

No	Campuran Bahan Pengganti sebagian semen	Kuat Tekan Beton (M.Pa)	Kuat Lentur Beton (M.Pa)
1	Crab Shells and Palm Oil (12%)	24,167	3,365
2	Chicken Egg Shell and Rice Husk (12%)	24,942	3,58
3	Quail Egg Shells and Palm Oil Shells (8%)	25,11	2,78
4	Crab Shells and Rice Husk (12%)	24,964	3,57
5	Shrimp Shell and Rice Husk (8%)	26,188	4,1



Gambar 3. Hasil Maksimal Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton (M.Pa)

KESIMPULAN

Sampel limbah agroindustri dari beberapa jenis cangkang kerang sebagai sumber kalsium setelah dikalsinasi memiliki kandungan CaO berkisar antara 85,5% - 99,4%. Sedangkan limbah agroindustri dari sekam padi dan cangkang sawit mengandung SiO₂ berkisar antara 75% - 95%. Persentase campuran limbah agroindustri terbaik antara sumber kalsium dan silika adalah pada komposisi 8% dan 12%, dengan lama penyimpanan beton 35 hari. Hasil pengujian maksimal diperoleh kuat tekan beton sebesar 24-26 M.Pa yang telah melebihi ketentuan SNI 14,53 M.Pa dan untuk kuat lentur beton sebesar 3,4-4,1 M.Pa yang juga telah melebihi ketentuan SNI 1,95 M.Pa untuk beton tipe K175.

PROSEDUR PENELITIAN

Preparasi Cangkang Kerang dan Cangkang Sawit Serta Sekam Padi

Limbah pengolahan bahan pangan di bidang agroindustri, berupa cangkang kerang kepiting, cangkang udang, cangkang telur ayam dan telur burung puyuh, diperoleh dari limbah rumah makan dan dari peternakan unggas, di kota Bengkulu. Sedangkan cangkang sawit diperoleh dari pabrik pengolahan sawit, di Kabupaten Bengkulu Tengah, selanjutnya sekam padi diambil dari bekas penggilingan padi yang juga diperoleh di Bengkulu Tengah. Masing-masing bahan berupa cangkang kerang dan cangkang sawit dibersihkan dari pengotor dengan dicuci, kemudian di jemur selama dua hari, sampai benar-benar kering, untuk mengurangi kadar airnya. Proses berikutnya adalah di hacurkan untuk mendapatkan serbuk dari cangkangnya. Sedangkan sekam padi setelah diperoleh dibersihkan dari

pengotornya, dijemur selama dua hari, agar kering betul, kemudian di hancurkan untuk mendapatkan tekstur yang lebih halus.

Proses Kalsinasi

Setelah selesai di jemur dan di hancurkan cangkang serta sekam padinya, proses selanjutnya adalah kalsinasi. Proses Kalsinasi merupakan perlakuan, terhadap cangkang kerang dan cangkang sawit agar terjadi dekomposisi dan juga untuk mengeliminasi senyawa yang berikatan secara kimia dengan cangkang dan sekam padinya. Proses kalsinasi dilakukan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 800°C-900°C selama 2-3 jam.

Proses Karakterisasi

Hasil dari proses kalsinasi, sampel didinginkan sampai pada suhu kamar, kemudian dilakukan penggerusan untuk mendapatkan serbuk yang lebih halus, serta disaring dengan saringan 100 mesh untuk dilalukan proses karakterisasi. Untuk proses karakterisasi, digunakan instrumen Spektrofotometri sinar X (*X-ray Fluorescence / XRF*), untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam sampel cangkang kerang, cangkang sawit dan juga sampel sekam padi. Sampel dalam bentuk serbuk dikirim ke Universitas Negeri Malang untuk di karakterisasi dengan *XRF* karena Laboratorium FMIPA-UNIB belum memilikinya.

Pembuatan Beton Uji

Hasil analisis dari Spektrofotometri *XRF* menampilkan jumlah kandungan kalsium (Ca) dari abu cangkang dan kandungan Silika (Si) dari cangkang sawit pada abu sekam padi. Selanjutnya Ca dan Si, diformulasikan kedalam senyawa oksidanya (CaO dan SiO₂) untuk disesuaikan dengan jumlah pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton. Adapun komposisi campuran CaO dan SiO₂ berbanding 1:1, sedangkan persentase penggantian pada semen dalam penelitian ini adalah 0%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dari berat semen, dengan umur penyimpanan beton 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 35 hari.

Beton merupakan gabungan antara agregat halus, dengan ukuran butiran nya menembus ayakan 4,8 mm (5 cm), dan agregat kasar sebagai bahan pengisi yang ukuran butiran nya lebih besar dari 5 cm, yang ditambah semen dan air yang digunakan sebagai bahan pengikat. Pembuatan beton dalam penelitian ini berdasarkan (SNI DT-91-0008-2007) dengan mutu beton sebesar 14,5 M.Pa tipe K175. Komposisi beton tipe K175 menggunakan perbandingan Semen 326 Kg, Pasir 760 Kg Kerikil/koral 1029 Kg dan Air

215 Lt dalam setiap benda uji yang di konversikan menjadi 1 bagian semen, 2 bagian pasir dan 3 bagian kerikil.

Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton

Setelah pembuatan beton dengan komposisi antara CaO dan SiO₂ seperti pada variabel diatas, dilakukan perendaman beton selama 2,3,4 dan 5 minggu. Kemudian beton diangkat dari rendaman, dibiarkan selama 24 jam, untuk selanjutnya dilakukan uji kuat Tekan dan kuat Lentur nya. Sesuai dengan SNI, maka ukuran cetakan beton untuk uji kuat tekan berupa silinder berukuran 15 cm × 30 cm (SNI 03-1974-1990) sedangkan untuk uji kuat lentur yaitu cetakan balok berukuran 50 cm × 15 cm × 15 cm (SNI 03-4431-1997).

DEKLARASI

Para Penulis tidak memiliki konflik dalam hal penulisan dan pendanaan.

PERSANTUNAN

Penelitian ini didukung oleh penelitian sarjana dari Departemen Kimia Universitas Bengkulu. Terima kasih kepada Bima T.S, Brian T.S, Ridwan A.H, Rahmat D.H.G dan Tomi A sebagai Tim Riset Konkret 2020.

INFORMASI TENTANG PENULIS

Penulis rujukan:

Agus. M.H. Putranto
Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu

PUSTAKA

- [1] Harefa R A., 2021., Pengaruh Penerapan Abu Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla sp*) dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pencampur Beton Terhadap Uji Kuat Tekan Dan Uji Kuat Lentur., Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [2] Syahputra B T.,2021., Studi Penggunaan Abu Cangkang Kepiting (*Scylla Sp*) Dan Abu Cakang Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq*) Sebagai Bahan Pencampuran Beton Terhadap Uji,Tekan Dan Uji Lentur Beton., Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [3] Gultom R D H., 2021., Kaji Pemanfaatan Abu Cangkang Telur Burung Puyuh (*Coturnix Coturnix Japonica*) Dan Abu Cangkang Sawit (*Elaeis guineensis*) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Uji Kuat Tekan Dan Uji Kuat Lentur Beton., Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [4] Saka B T.,202., Pemanfaatan Limbah Dari Abu Cangkang Telur Ayam Ras (*Gallus domesticus*) (*Gallus domesticus*) Dan Abu Seka Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Uji Tekan Dan Uji Lentur Beton.,Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [5] Safitri, F dan Supu, I. 2019. Uji Konduktivitas Film Elektrolit Polimer Kitosan Cangkang Kepiting Dengan Penambahan KCl. *Jambura Physics Journal*, 1(2), 99-109.

- [6] Heppi I. 2019. Pengembangan Budi Daya Kepiting Bakau Di Kaltara. Budi Utama. Yogyakarta.
- [7] Wahyuni, A. S., Dlucef, A., dan Supriani, F., 2013. *Pengaruh Penambahan Serat Bambu dan Pengganti 10% Agregat Halus dengan Abu Sekam Padi dan Abu Cangkang Lokan Terhadap Kuat Tarik Beton*. Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [8] Alkhaly, Y. R., dan Nazar, M. 2013. Beton Non-Pasir Dengan Agregat Cangkang Kelapa Sawit. *Teras Jurnal*, 3(1), 76–83.
- [9] Sarifah, J., dan Pasaribu, B. 2017. Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Guna Meningkatkan Stabilitas Tanah Lempung. *Buletin Utama Teknik*, 13(1), 55–61
- [10] Lestari, F., Ivoni. S., dan Reny, D. R. 2020. Pelatihan Teknologi Asap Cair Sekam Padi Sebagai Pestisida Nabati di Desa Air Saten Kabupaten Musi Rawas. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(4), pp. 674–679.
- [11] Enymia, E., Suhandi, dan Sulistarihani, N. 1998. Pembuatan Silika Gel Kering Dari Sekam Padi Untuk Pengisi Karet Ban. *Jurnal Keramik Dan Gelas Indonesia*, 7(1), pp. 150–167
- [12] Kalapathy, U., Proctor, A., dan Shults, J. 2000. A Simple Method For Production Of Pure Silica From Rice Hull Ash. *Bioresource Technology*, 73(2), pp. 257–262.
- [13] Rijal, K. dan Sukandi. 2018. Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. 4(4).
- [14] Haryona D., Djusmaini, D. and Ramli. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Terhadap Karakteristik Kalsium Karbonat (CaCO₃) Dalam Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) Yang Terdapat Di Kabupaten Pasaman Haryona. *Pillar of Physics*, 6, pp. 17–24.
- [15] Rohmah, R., dan Zainuri M. 2016. “Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi SiO₂ Terhadap Sifat Kebasahan Pada Permukaan.” *Jurnal Sains dan Seni ITS* 5(2): 3–6.
- [16] Neville, A. M. 2010. *Properties of concrete, Computational Modelling of Concrete Structures*. England : Person Education Limited.