

PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG (KEPAH) DAN LIMBAH KACA SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN UNTUK CAMPURAN BETON

Deny Syahrani

ABSTRAK

Limbah cangkang kepah dan kaca selama ini merupakan jenis limbah yang sampai saat ini tidak memiliki nilai ekonomis. Potensi cangkang kepah di wilayah pesisir Kalbar yang memiliki garis pantai yang panjang (1136 km) merupakan peluang yang harus bisa dimanfaatkan seoptimal mungkin. Demikian pula dengan limbah kaca di Kalbar yang sampai saat ini belum pernah didaur ulang kembali menjadi sesuatu yang bermanfaat. Penelitian ini mencoba memanfaatkan kedua limbah tersebut agar memiliki nilai dan kegunaan bagi masyarakat, yaitu dengan mengolahnya menjadi semen alternatif.

Sebagaimana diketahui, cangkang kepah dan kaca memiliki senyawa yang sama dengan senyawa pembentuk semen. Cangkang kepah mengandung senyawa CaCO_3 sedangkan kaca mengandung SiO_2 . Penelitian ini mencoba mengolah limbah cangkang kepah, limbah kaca, serta material tambahan yaitu tanah liat (*clay*) yang mengandung Al_2O_3 dengan proporsi campuran 80% : 5% : 15%. Proses pengolahan mencoba mengikuti proses pembuatan semen biasa walaupun menggunakan peralatan yang sederhana. Seluruh material harus dicampur dan dihaluskan semaksimal mungkin kemudian dibakar pada suhu 1500°C selama kurang lebih 15 jam. Hasil pembakaran berupa *klinker* kemudian ditumbuk dan disaring menggunakan saringan no.200. Hasilnya berupa serbuk semen alternatif yang akan digunakan untuk mensubstitusi jumlah semen untuk pembuatan benda uji beton, yaitu sebesar 0%, 10%, 20%, dan 30%. Mutu beton $f'c$ direncanakan sebesar 25 MPa. Perancangan *Job mix* beton menggunakan metode ACI.

Hasil pengujian terhadap variasi campuran semen 0%,10%,20%,30% adalah; *setting time* untuk menentukan waktu ikat adalah 4 jam 54 menit,4 jam 20 menit,3 jam 18 menit,2 jam 36 menit, batas minimal setting time adalah 45 menit sehingga waktu ikat semua variasi semen memenuhi syarat; nilai *Slump* adalah 8 cm;9,3 cm;10,5 cm;dan 11,5 cm, nilai *slump* sesuai dengan perencanaan; daya serap air sebesar 0,534%;0,570%; 0,769%; 1,163%; berat volume beton segar sebesar $2,46\text{ t/m}^3$; $2,366\text{ t/m}^3$; $2,498\text{ t/m}^3$; $2,423\text{ t/m}^3$; $f'c$ beton usia 3 hari sebesar 11,149 MPa;10,889 MPa; 10,678 MPa;10,117 MPa dengan angka korelasi terhadap $f'c$ beton normal 28 hari adalah **0,396;0,387;0,38;0,360**; $f'c$ beton usia 7 hari sebesar 18,494 MPa ;17,489 MPa;16,331 MPa;16,124 MPa dengan angka korelasi adalah **0,658;0,622;0,581;0,573**; $f'c$ usia 28 hari sebesar 28,122 MPa; 26,482 MPa; 25,057 MPa; 23,291 MPa dengan angka korelasi adalah **1,00;0,942; 0,891; 0,832**; nilai $f'ct$ sebesar 5,427 MPa;4,43 MPa;4,1 MPa; 3,257 MPa; dengan angka korelasi terhadap $f'c$ beton normal 28 hari adalah **0,193;0,158;0,146;0,081**. Secara keseluruhan hasil pengujian menunjukkan hasil yang cukup baik, walaupun ada sedikit yang di bawah perencanaan, namun selisihnya relatif kecil. Untuk ke depan, dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan dan memperbaiki hasil penelitian ini.

Kata kunci : semen, cangkang kepah, kaca.

1. PENDAHULUAN

Beton pada umumnya tersusun dari empat bahan utama yaitu semen, pasir, agregat dan air. Seperti diketahui bahwa semen adalah sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan jumlahnya juga terbatas. Semen merupakan salah satu bahan campuran beton yang berfungsi sebagai bahan perekat beton. Sebagai salah satu komponen utama penyusun beton, semen memegang peranan yang sangat penting dan vital saat ini. Pada proses pembuatan semen secara konvensional, semen menghasilkan gas rumah kaca dari proses pemanasannya dan proses memasak bahan baku semen seperti *limestone* (batu kapur). Pembakaran dan kebutuhan energi tersebut menghasilkan CO₂. Semen standar, biasa diketahui dengan Portland Cement, dibuat dengan cara memanaskan batu kapur (*limestone*) atau tanah liat (*clay*) pada temperatur sekitar 1500° C.

Kulit kerang (kepah) merupakan nama sekumpulan moluska *dvicangkerang* daripada *family cardidae* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang telah lama dibudidayakan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat pesisir. Kulit kerang berbentuk seperti hati, bersimetri dan mempunyai tulang di luar. Penambahan serbuk kulit kerang yang homogen akan menjadikan campuran beton yang lebih reaktif. Serbuk kulit kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat *pozzolan*, yaitu mengandung zat kapur (CaO), alumina dan senyawa silika sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai bahan beton alternatif (Siregar, 2009). Selain serbuk kulit kerang bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan beton alternatif adalah serbuk kaca, karena serbuk kaca mempunyai unsur kimia yang sama yang ada pada semen, diantaranya kandungan silika (SiO₂), Na₂O dan CaO pada kaca yang cukup besar yaitu lebih dari 70 % (Karwur dkk, 2013).

Keberadaan cangkang kerang (kepah) di Kalimantan Barat cukup banyak, mengingat sebagian wilayah Provinsi Kalbar memiliki garis pantai yang panjang, di mana daerah sekitar pantai merupakan habitat yang sangat bagus untuk kerang

berkembang biak. Selama ini kerang hanya dikonsumsi isinya saja, sedangkan cangkangnya dibuang sehingga menjadi limbah yang tidak termanfaatkan. Sementara limbah kaca juga selama ini juga menjadi barang yang tidak termanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu, muncul pemikiran bagaimana cara mencari bahan alternatif pengganti semen dengan memanfaatkan potensi lokal yang ada di Kalbar. Sehingga timbullah ide untuk membuat penelitian tentang pemanfaatan limbah cangkang kerang (kepah) dan limbah kaca sebagai material pengganti semen untuk beton normal.

1.1. Rumusan Masalah

Penggunaan semen sebagai bahan campuran beton yang semakin meningkat, mendorong penulis untuk mencoba membuat semen alternatif dengan memanfaatkan potensi limbah yang ada di Kalimantan Barat. Potensi lokal kerang (kepah) yang cukup melimpah serta keberadaan limbah kaca yang cenderung tidak termanfaatkan, mendorong pemikiran untuk melakukan penelitian limbah serbuk kulit kerang /kepah dan serbuk kaca sebagai alternatif pengganti semen.

Rumusan masalah disusun sebagai berikut :

1. bagaimana pengaruh komposisi serbuk cangkang kepah dan serbuk kaca terhadap sifat-sifat karakteristik / fisik beton,
2. bagaimana membandingkan hasil pengujian-pengujian sifat-sifat fisik beton yaitu nilai *slump*, kuat tekan karakteristik, kuat tarik belah, berat jenis, *setting time* dan daya serap air pada beton yang menggunakan semen campuran serbuk cangkang kepah dan serbuk kaca pada berbagai variasi campuran terhadap beton normal (hanya menggunakan semen biasa).

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. proporsi campuran serbuk kulit kerang dan kaca terhadap jumlah semen yang digunakan dibuat dalam beberapa variasi campuran yaitu 0%, 10 %, , 20 %, dan 30% dimana perbandingan antara jumlah cangkang kepah dan serbuk kaca

pada setiap variasi campuran dibuat sama yaitu 80% : 5%, sedangkan material tambahan lainnya yang digunakan adalah tanah liat sebesar 15%,

2. pengujian kuat tekan karakteristik ($f'c = 25$ Mpa) yang dilakukan setelah 3 hari, 7 hari dan 28 hari, pengujian kuat tarik belah dan daya serap air dilakukan pada usia 28 hari, pengujian lainnya dilakukan pada saat semen digunakan pada proses pembuatan beton segar,
3. jumlah benda uji yang dibuat untuk setiap variasi campuran serbuk kecap, kaca, dan tanah liat untuk tiap kali pengujian tekan adalah 3 buah, sedangkan untuk uji tarik beton, sampel yang dibuat adalah sebanyak 1 buah per variasi campuran serbuk kecap kaca. Sehingga total benda uji kurang lebih 40 buah silinder beton.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. mengetahui pengaruh komposisi campuran serbuk cangkang kecap, serbuk kaca, dan tanah liat terhadap sifat-sifat karakteristik beton,
2. mengetahui hasil pengujian kuat tekan pada beton dengan variasi proporsi campuran serbuk cangkang kecap, kaca, dan tanah liat terhadap jumlah semen yang digunakan dibuat dalam beberapa variasi campuran yaitu 0%, 10 %, 20 %, dan 30%, sedangkan perbandingan antara jumlah cangkang kecap, kaca, dan tanah liat pada setiap variasi campuran dibuat sama yaitu 80% : 5% : 15%,
3. membandingkan hasil pengujian nilai *slump*, berat isi dan *setting time* untuk pengujian beton segar; serta pengujian kuat tekan , kuat tarik belah serta daya serap air untuk pengujian beton keras, antara beton yang menggunakan semen campuran serbuk cangkang kecap dan serbuk kaca terhadap beton normal (menggunakan semen biasa).

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. memberikan alternatif kepada masyarakat bahwasanya limbah serbuk cangkang kecap dan

serbuk kaca dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton,

2. memperoleh data berupa sifat-sifat karakteristik beton yang berguna untuk pengembangan serta memberikan referensi terhadap peneliti selanjutnya yang akan melanjutkan penelitian tentang pembuatan semen dari serbuk cangkang kecap dan serbuk kaca.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang dihasilkan dari campuran atas semen Portland, pasir, kerikil dan air. Beton ini biasanya di dalam praktek dipasang bersama-sama dengan batang baja, sehingga disebut beton bertulang (batang baja berada di dalam beton). Pada saat ini sebagian besar bangunan dibuat dari beton bertulang disamping kayu dan baja.

Beton mempunyai kelebihan daripada bahan yang lain, antara lain karena harganya relatif lebih murah daripada baja, tidak memerlukan biaya perawatan seperti baja (baja harus selalu dicat pada setiap jangka waktu tertentu untuk mencegah karat), dan tahan lama. Akan tetapi, beton yang tampaknya mudah dibuat bila tidak dikerjakan atau direncanakan dengan teliti akan menghasilkan bahan yang kurang kuat. Oleh karena itu cara-cara membuat beton harus dipelajari dengan baik.

Beton mempunyai kelebihan antara lain yaitu dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur yang tinggi, nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton adalah relatif tinggi, biaya pemeliharaan yang kecil.

Beton juga mempunyai beberapa kekurangan antara lain : bentuk yang sudah dibuat sulit untuk diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, kekuatan tarik beton relatif rendah, daya pantul suara yang rendah.

2.2. Semen Sebagai Bahan Pengikat Beton

2.2.1. Semen

Semen Portland adalah bahan perekat hidrolis yaitu bahan perekat yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan berbentuk benda padat yang tidak larut dalam air. Semen Portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari hasil pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup.

Pada umumnya semen berfungsi sebagai :

1. bercampur dengan air untuk mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton,
2. mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat.

Komponen oksida utama pembentuk semen dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Komposisi oksida semen Portland

Oksida	Komposisi (%)
CaO	60-65
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0,5-6
MgO	0,5-4
SO ₃	1-2
K ₂ O , Na ₂ O	0,5-1

(Sumber : *Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007*)

2.2.2. Susunan Kimia Semen

Semen (*cement*) adalah hasil industri dari paduan bahan baku : batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/bulk, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa : Silika Oksida (SiO₂), Alumunium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksida (Fe₂O₃) dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk

menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk klinkernya, yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips (gypsum) dalam jumlah yang sesuai. Dalam proses pembakaran klinker, oksida-oksida silika, alumina dan besi akan bereaksi dengan kalsium-oksida untuk menghasilkan empat unsur utama semen portland, yaitu :

1. $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau tricalcium-silicate, disingkat C₃S
2. $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ atau bicalcium-silicate, disingkat C₂S
3. $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ atau tricalcium-aluminate, disingkat C₃A
4. $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ atau tetracalcium-aluminoferrite, disingkat C₄AF

Semen Portland dibentuk dari bahan kapur (CaO), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan oksida besi (Fe₂O₃).

2.2.3. Proses Pembuatan Semen

Semen portland terbuat dari mineral-mineral berkristal yang disebutkan secara halus terutama tersusun dari kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air ke dalam mineral-mineral ini

menghasilkan suatu pasta yang pada saat mengeras menjadi berkekuatan seperti batu. Bahan-bahan mentah pembuat semen adalah sebagai berikut : Kapur (CaO) dari batu gamping), Silika (SiO₂) dari lempung, Alumina (Al₂O₃), serta mineral lainnya dalam jumlah kecil.

Secara ringkas, proses pembuatan semen dapat diringkas sebagai berikut :

1. campuran mentah dari CaO, SiO₂ dan Al₂O₃ digiling bersama dengan sedikit bahan-bahan tambahan yang lain baik dalam bentuk kering maupun basah.,
2. campuran tersebut dimasukkan melalui ujung atas sebuah oven besar putar yang sedikit miring,

3. ketika oven besar yang telah dipanaskan tersebut beroperasi, material masuk melalui ujung atas menuju ke ujung bawahnya dengan sebuah laju yang telah ditetapkan dan terkontrol,
4. suhu campuran dinaikkan sampai titik peleburan awal, yaitu suhu pengklinkeran. Ia dipertahankan pada suhu tersebut sampai bahan-bahan tersebut bercampur untuk membentuk produk butiran semen portland pada suhu 2700 ° F (1500° C). Butiran-butiran tersebut yang ukurannya berkisar dari 1/16 sampai dengan 2 inci, disebut klinker-klinker.
5. klinker-klinker tersebut didinginkan dan digiling menjadi suatu bentuk serbuk,
6. sejumlah kecil presentasi gipsium ditambahkan pada saat penggilingan untuk mengontrol atau memperlambat waktu pengikatan (*setting time*) semen di lapangan,

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang merupakan gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Dian, 2011 dan Wibowo, 2013).



Gambar 1. Limbah kaca
Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang

Tabel 2. Komposisi persentase semen *Portland*

Tipe Semen	Komponen (%)							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Normal : I	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen semua penggunaan
Modifikasi : II	45	29	6	12	2,8	0,6	3	Pembebasan panas relatif rendah; digunakan pada struktur besar
Kekuatan awal tinggi : III	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Kekuatan tinggi dalam 3 hari
Panas rendah : IV	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Digunakan pada dam dengan beton yang sangat besar
Tahan sulfat : V	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Digunakan pada saluran limbah dan struktur yang terbuka terhadap sulfat

(Sumber : E.G. Nawy, 2010)

2.3. Serbuk Kaca

paling akrab dengan kehidupan manusia sehari-hari. Dipandang dari segi fisika, kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunannya

yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya.

Beberapa sifat-sifat kaca secara umum adalah :

- padatan amorf (*short range order*) , berwujud padat tapi susunan atom-atomnya seperti pada zat cair, tidak memiliki titik lebur yang pasti ada *range* tertentu, transparan, tahan terhadap serangan kimia, kecuali hidrogen flourida, efektif sebagai isolator, mampu menahan vakum tetapi rapuh terhadap benturan.

Bubuk kaca mempunyai kelebihan dibandingkan dengan bahan pengisi pori yang lainnya (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013), yaitu:

- mempunyai sifat tidak menyerap air (*zero water absorption*), kekerasan dari gelas menjadikan beton tahan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit agregat alami, bubuk kaca/serbuk kaca memperbaiki kandungan dari beton segar sehingga kekuatan yang tinggi dapat dicapai tanpa penggunaan *superplasticizer*, serbuk kaca yang baik mempunyai sifat *pozzoland* sehingga dapat berfungsi sebagai pengganti semen dan *filler*.

2.4. Cangkang Kerang (Kepah)

Kerang kepah secara umum disebut *Geloina erosa* dan mempunyai nama taxon *Polymesoda erosa*. Secara morfologi kerang kepah mempunyai bentuk cangkang seperti piring atau cawan yang terdiri dari dua katub yang bilateral simetris, pipih pada bagian pinggirnya dan cembung pada bagian tengah cangkang, bentuk cangkang atau berbentuk segitiga tebal, *flexure* jelas mulai dari tepi posterior.



Gambar 2. Limbah cangkang kepah

Cangkang kerang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dalam kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan batu gamping, cangkang telur, keramik, atau bahan lainnya. Hal ini terlihat dari tingkat kekerasan cangkang kerang. Semakin keras cangkang, maka semakin tinggi kandungan kalsium karbonatnya (CaCO_3).

2.6. Tanah Liat (Clay)

Tanah liat merupakan salah satu komponen penting dalam pembuatan semen. Kandungan tanah liat yang mencapai kurang lebih 15% serta kandungan mineral di dalamnya sangat mempengaruhi proses kimiawi terbentuknya semen. Tanah liat disebut juga sebagai tanah lempung. Tanah liat akan dapat ditemukan dengan warna hitam keabu-abuan. Dinamakan tanah liat mungkin dilihat dari teksturnya yang liat, sehingga mudah sekali dibentuk-bentuk. Tanah liat atau lempung ini pada dasarnya merupakan sebuah partikel mempunyai ukuran sangat kecil, yakni berdiameter kurang dari 4 mikrometer.



Gambar 3. Tanah liat (Clay)

Tanah liat merupakan jenis tanah yang banyak mengandung leburan aluminium (Al_2O_3) atau silika (SiO_2) yang sangat halus. Penggunaan tanah liat dalam berbagai industri terutama bidang konstruksi dikarenakan tanah liat memiliki kandungan mineral yang dapat digunakan memungkinkan untuk diproses menjadi bahan-bahan penyusun bangunan. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh PT. Superintending Company of Indonesia terhadap tanah liat yang berasal dari kecamatan Capkala, Kab. Bengkayang, Kalimantan Barat, ditemukan komposisi mineral yang cukup baik untuk untuk pembuatan bahan-bahan bangunan.

Tabel 3. Hasil analisis kimiawi tanah Clay Capkala oleh PT. Sucofindo, 2004

PARAMETER	UNIT
Iron Oxide (Fe_2O_3)	%
Aluminium trioxide (Al_2O_3)	%
Calcium Oxide (CaO)	%
Magnesium Oxide (MgO)	%
Manganese Dioxide (MnO_2)	%
Chromium Oxide (Cr_2O_3)	%
Sodium Oxide (Na_2O)	%
Potassium Oxide (K_2O)	%
Silicone Dioxide (SiO_2)	%
Titanium Dioxide (TiO_2)	%
Loss on Igniton (LOI)	%

3. METODE PELAKSANAAN

Metodologi penelitian secara umum diuraikan sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah

Menentukan topik yang ada yaitu tentang penggunaan serbuk cangkang kepah dan serbuk limbah kaca serta tambahan tanah liat, sebagai pengganti semen.

2. Penyediaan Material

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Agregat halus : Pasir asal sungai Kapuas
- Agregat kasar : Kerikil (Ukuran maks 25 mm) asal Peniraman

c. Semen : Jenis PPC (Semen Gresik)

d. Sebagai pengganti sebagian semen dibuatlah campuran cangkang kepah ($CaCO_3$), serbuk limbah kaca (SiO_2) dan serbuk tanah liat (Al_2O_3) dengan komposisi campuran 80% : 5% : 15%,

e. Air : PDAM / Air Hujan

3. Pengujian Agregat

4. Rancangan Campuran Benda Uji

Tabel 4. Komposisi campuran cangkang kepah, kaca, dan tanah liat

No	Campuran	Komposisi Campuran				
		Agregat Halus	Agregat Kasar	Semen	Cangkang Kepah	Serbuk
1	100%	100%	100%	100%	0%	
2	100%	100%	100%	90%	8%	
3	100%	100%	100%	80%	16%	
4	100%	100%	100%	70%	24%	

Less than 0,075 mm. Membuat rancangan campuran beton Sesuai Less than 0,075 mm dengan kekuatan beton yang akan digunakan sebagai acuan $f_c = 25 MPa$

0,02 Membuat benda uji dengan bentuk silinder ukuran diameter ϕ 15 cm dengan tinggi 30 cm dan menggunakan komposisi campuran sebagaimana pada tabel diatas. Masing-masing

benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk 3 hari, 7 hari, dan 28 hari.

7. Memeriksa benda uji meliputi : Agregat, *Slump Test*, Berat Jenis/volume, *Setting Time*, daya serap air, kuat tekan karakteristik, kuat tarik belah

8. Menganalisa dan membahas hasil dari pengujian

3.1. Pengolahan Cangkang Kepah

Pengolahan cangkang kepah pada prinsipnya adalah suatu proses awal pengolahan limbah cangkang kepah ($CaCO_3$) sampai menjadi butiran-butiran kapur halus (CaO) yang nantinya akan diproses lebih lanjut bersamaan dengan serbuk

kaca. Proses pengolahan kepah dimaksud akan dijabarkan sebagai berikut :

- ambillah cangkang kepah yang akan diolah, berat cangkang yang dibutuhkan kurang lebih 40 kg (80% sesuai proporsinya) sesuai dengan kebutuhan penelitian, cangkang kepah kemudian dibersihkan dari kotoran,
- setelah itu, cangkang-cangkang tersebut dimasukkan ke dalam pot-pot keramik berukuran diameter sekitar 30 cm,
- cangkang yang sudah berada di dalam pot kemudian dihancurkan / dihaluskan sampai menjadi abu/debu dengan cara dibakar dalam tungku pembakaran khusus (tungku pembakaran keramik/tungku naga/*dragon kiln*) di mana suhu maksimal tungku tersebut adalah $\pm 1500^{\circ}\text{C}$ selama kurang lebih 15 jam,
- setelah dibakar, cangkang kepah dibiarkan dahulu di dalam tungku selama ± 24 jam untuk proses pendinginan, setelah itu kepah dikeluarkan dari tungku,
- kepah yang sudah kering tersebut disiram sedikit demi sedikit sehingga hancur sendiri menjadi abu/debu kapur berwarna putih yang mengandung unsur CaO .



Gambar 4. Tungku pembakaran keramik (*Dragon Kiln*)

3.2. Pengolahan Serbuk Kaca

Perlakuan terhadap limbah kaca berbeda dengan perlakuan terhadap cangkang kepah. Limbah kaca yang digunakan adalah limbah kaca rumah tangga / bangunan gedung. Limbah kaca ini perlu dihancurkan saja sampai ukuran sehalus mungkin

dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Berikut langkah kerjanya :

- limbah kaca yang akan digunakan diambil sebanyak 5 kg saja dan harus dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran-kotoran yang ada, kaca-kaca ini harus dihaluskan menjadi serbuk untuk mendapatkan berat sesuai rencana kebutuhan yaitu 2,5 kg (5% sesuai proporsinya),
- kemudian limbah kaca dihancurkan terlebih dahulu menggunakan palu sampai menjadi ukuran-ukuran kecil (antara 5 cm s/d 10 cm) , agar mudah dimasukkan ke dalam mesin uji keausan agregat (*Mesin Los Angeles*),
- mesin *Los Angeles* diatur sebanyak 500 kali putaran dengan menggunakan 12 bola baja,
- kaca yang sudah dihancurkan kemudian disaring dengan menggunakan saringan no. 200 (0,075 mm), sisa serbuk kaca yang tidak lolos saringan akan dihancurkan/ditumbuk lagi secara manual untuk kemudian disaring lagi,
- serbuk kaca hasil dari penyaringan selanjutnya akan dicampur dengan serbuk cangkang kepah (kapur) dan tanah liat (*clay*) sesuai dengan perbandingan / komposisi yang direncanakan untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut.

3.3. Pengolahan Tanah Liat

Tanah liat sebagai salah satu komponen penting dalam proses pembuatan semen alternatif ini diambil dari salah satu tempat produksi tanah liat yaitu Capkala. Tanah liat jenis ini sering digunakan untuk pembuatan kerajinan keramik, baik yang berada di Singkawang ataupun di Pontianak.

Berikut langkah kerja pengolahan tanah liat sebelum dilakukan proses pembakaran bersama material lainnya :

- ambil tanah liat sebanyak 10 kg dalam keadaan kering air & bersih untuk diproses hingga menghasilkan 7,5 kg (15% dari proporsi) serbuk tanah liat,
- untuk memperoleh tanah liat dalam keadaan kering air, maka tanah liat tersebut harus dijemur/diingin-anginkan terlebih dahulu,

- waktu yang dibutuhkan biasanya memakan waktu sehari-hari tergantung kondisi cuaca,
- c. setelah dikeringkan, tanah liat dihancurkan sampai halus dengan cara ditumbuk secara manual menggunakan alat penumbuk di lab. Teknik Sipil Polnep,
 - d. tanah liat yang sudah hancur kemudian disaring dengan menggunakan saringan no.200 (0,075 mm),
 - e. kondisi tanah liat yang lunak, membuat proses penghancuran menjadi lebih mudah dan tidak membutuhkan waktu relatif lama.

3.3. Pengolahan Serbuk Cangkang Kepah, Kaca & Tanah Liat

Proses selanjutnya untuk membuat serbuk kepah kaca ini adalah dengan cara mencampur antara serbuk kapur (CaO) dari kepah dengan serbuk kaca dan tanah liat (*clay*) yang telah dihaluskan, untuk kemudian dibakar kembali dengan suhu tertentu. Hasil dari pembakaran ini adalah terbentuknya klinker (butiran kasar) yang nantinya setelah dihaluskan diharapkan dapat berfungsi sebagai semen.

Berikut adalah tahapannya :

- a. seluruh serbuk cangkang kepah (kapur), serbuk kaca, serta serbuk tanah liat dicampur dan diaduk secara proporsional sesuai dengan rancangan,
- b. pencampuran dan pengadukan dilakukan secara manual karena keterbatasan peralatan untuk pengadukan di lokasi,
- c. untuk mendapatkan hasil optimum proses pencampuran dan pengadukan, maka proses ini perlu dilakukan dengan hati-hati dan cermat mengingat hasilnya akan sangat menentukan kualitas dari semen yang akan dihasilkan,
- d. hasil adukan dimasukkan ke dalam pot-pot kecil dari keramik sebagai wadah yang nantinya akan dimasukkan ke dalam tungku pembakaran keramik naga (*dragonkiln*) yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakarnya,
- e. setelah semua siap, proses pembakaran dilakukan sampai panasnya mencapai suhu maksimum 1500⁰ C, suhu yang sama dengan

- proses pembuatan *klinker* (butiran kasar semen sebelum dihaluskan) pada perusahaan produsen semen,
- f. proses pembakaran berlangsung kurang lebih 15 jam, dan proses pengambilan klinker dilakukan 24 jam kemudian setelah suhu tungkunya agak dingin,
 - g. klinker yang sudah jadi, kemudian dihaluskan dengan cara ditumbuk secara manual, kemudian disaring dengan ayakan/saringan no.200 (0,075 mm),
 - h. serbuk kepah kaca dicampur dengan gypsum sebanyak 5% untuk mengendalikan proses pengikatan/pengerasan dari serbuk kepah kaca.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pembuatan Semen Cangkang Kepah, Kaca, dan Tanah Liat

- Proses pengolahan serbuk cangkang kepah, kaca, dan tanah liat (*clay*) dilakukan pada lokasi yaitu :
 - lokasi pembakaran campuran sampai menjadi *klinker* (bongkahan semen) dilakukan di tempat pembakaran keramik tungku naga di kota Singkawang,
 - lokasi penumbukan/penghalusan *klinker* sampai menjadi semen dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan, Polnep.
- Jumlah perbandingan serbuk untuk setiap material adalah sebagai berikut :
 - serbuk cangkang kepah sebanyak 32 kg
 - serbuk kaca sebanyak 2,5 kg
 - serbuk tanah liat sebanyak 7,5 kg
 - berat total campuran 42 kg
- Seluruh material harus diaduk secara merata,
- Setelah proses pembakaran selesai dan *klinker* dikeluarkan dari tungku, maka proses selanjutnya adalah penghancuran dan penghalusan *klinker* yang dilakukan di Jurusan Teknik Sipil & Perencanaan, Polnep,
- *Klinker* yang dihasilkan berbentuk seperti kerak/terak bertekstur kasar berwarna coklat muda agak keabu-abuan,

- Semen yang dihasilkan dari penghalusan klinker juga berwarna terang agak keabu-abuan (lebih muda dari warna semen biasa)



(a)



(b)

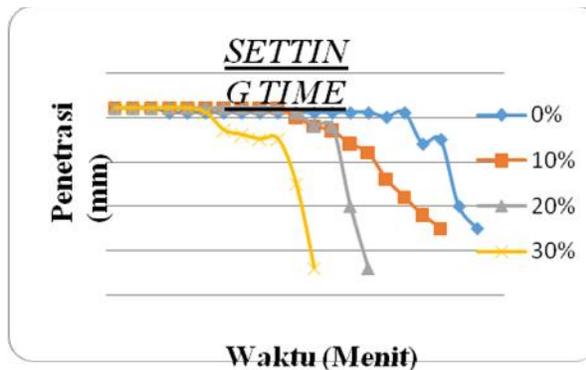
Gambar 5. Pencampuran dan pengadukan serbuk kearah, kaca, & tanah liat (a) & Klinker yang terbentuk sesudah pembakaran



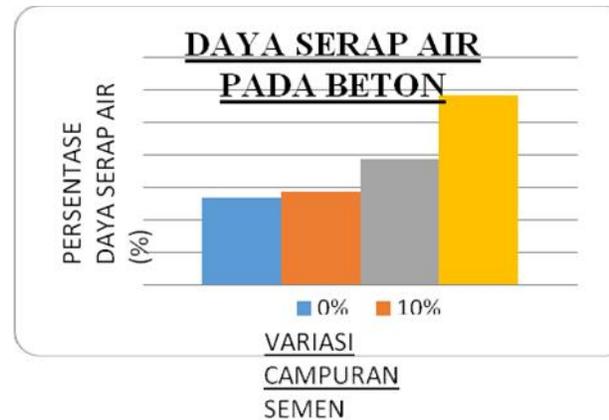
Gambar 6. Klinker yang sudah dihaluskan menjadi semen

4.2. Hasil-Hasil Pengujian Semen dan Beton

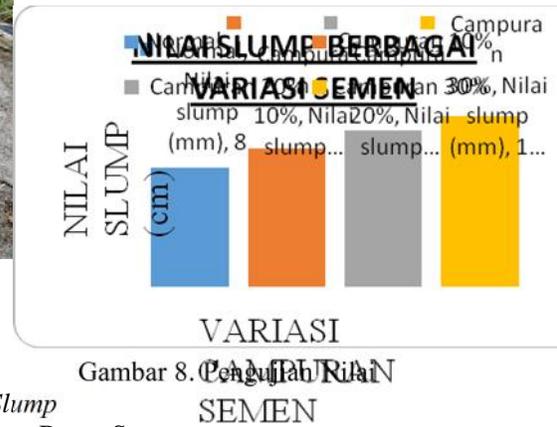
4.2.1. Setting Time semen



Serap Air Pada Beton



Gambar 7. Pengujian Setting Time semen



Gambar 8. Pengujian Nilai Slump

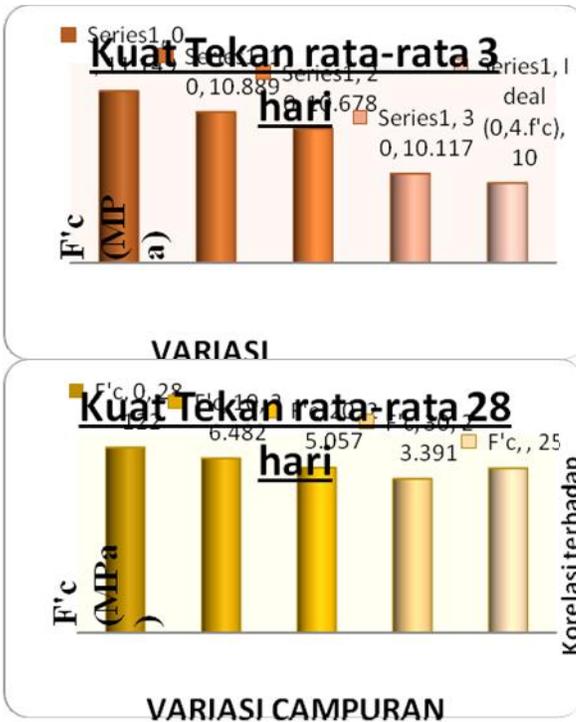
4.2.3. Berat Volume Beton Segar



Gambar 9. Pengujian Berat Volume Beton Segar

Gambar 10. Pengujian daya serap air pada beton

4.2.5. Kuat Tekan Karakteristik Beton



Gambar 11. Kuat tekan rata-rata beton dan korelasi terhadap nilai f'c usia 28 hari

4.2.6. Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 12. Kuat tarik belah beton & korelasi terhadap nilai f'ct usia 28 hari

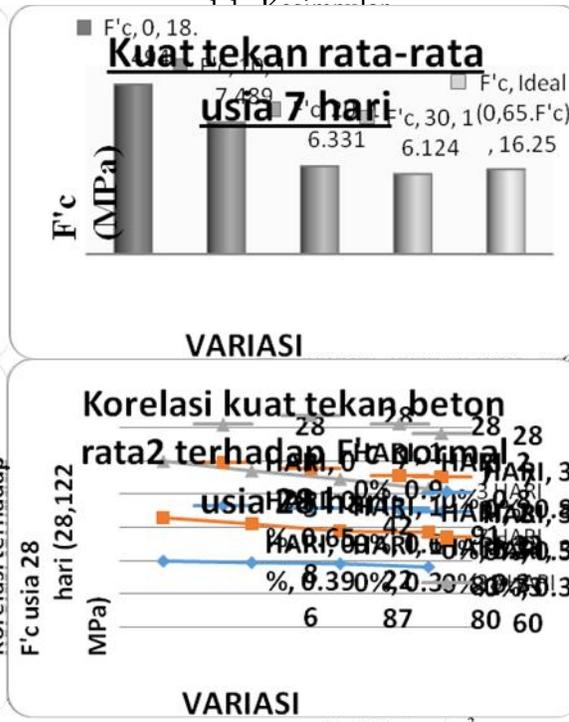
5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Kesimpulan sebagai berikut: semen adalah 10% selama 2 jam waktu ikat awal 54 menit; semen 20% selama 3 jam 18 menit; semen 30% selama 2 jam 45 menit, menunjukkan hasil uji slump rata-rata rata-rata = 9,3 cm; rata-rata = 10,5 cm; waktu ikat awal = 11,5 cm, volume beton segar = 2,460 ton/m³; campuran 10%, volume beton segar = 2,366 ton/m³; campuran 20%, volume beton segar = 2,498 ton/m³; campuran 30%, volume beton segar = 2,423 ton/m³.

d. pengujian daya serap air terhadap beton sebagai berikut :

campuran 0%, daya serap sebesar 0,534%; campuran 10%, daya serap air pada beton sebesar 0,769%; campuran 20%, daya serap air pada beton sebesar 0,769%; semen 30%, daya serap air pada beton sebesar 0,769%.



Gambar 13. Korelasi variasi nilai f'ct beton terhadap f'c beton normal usia 28 hari



- campuran 30%, daya serap air pada beton sebesar 1,163%,
- e. uji kuat tekan rata-rata beton pada usia 3, 7, dan 28 hari menunjukkan hasil sebagai berikut :
- ✚ pada usia 3 hari beton dengan semen campuran 0% nilai $f'c = 11,149$ Mpa; semen campuran 10% nilai $f'c = 10,889$ MPa; semen campuran 20% $f'c = 10,678$ MPa, semen campuran 30% $f'c = 10,117$ MPa; angka korelasi berbagai nilai $f'c$ usia 3 hari terhadap $f'c$ beton normal usia 28 hari (28,122 MPa) berturut-turut mulai dari 0%, 10%, 20%, dan 30% adalah sebagai berikut : **0,396; 0,387; 0,380; 0,360;**
 - ✚ pada usia 7 hari beton dengan semen campuran 0% nilai $f'c = 18,494$ Mpa; semen campuran 10% nilai $f'c = 17,489$ MPa; semen campuran 20% $f'c = 16,331$ MPa, semen campuran 30% $f'c = 16,124$ MPa; angka korelasi berbagai nilai $f'c$ usia 7 hari terhadap $f'c$ beton normal usia 28 hari (28,122 MPa) berturut-turut mulai dari 0%, 10%, 20%, dan 30% adalah sebagai berikut : **0,658; 0,622; 0,581; 0,573;**
 - ✚ pada usia 28 hari beton dengan semen campuran 0% nilai $f'c = 28,122$ Mpa; semen campuran 10% nilai $f'c = 26,482$ MPa; semen campuran 20% $f'c = 25,057$ MPa, semen campuran 30% $f'c = 23,291$ MPa; angka korelasi berbagai nilai $f'c$ usia 28 hari terhadap $f'c$ beton normal usia 28 hari (28,122 MPa) berturut-turut mulai dari 0%, 10%, 20%, dan 30% adalah sebagai berikut : **1,00; 0,942; 0,891; 0,832;**
- f. uji kuat tarik belah beton pada usia 28 hari menunjukkan hasil sebagai berikut :
- ✚ semen campuran 0% nilai $f'ct = 5,427$ MPa; semen campuran 10% nilai $f'ct = 4,43$ MPa; semen campuran 20% $f'ct = 4,1$ MPa, semen campuran 30% $f'ct = 3,257$ MPa; angka korelasi berbagai nilai $f'ct$ usia terhadap $f'c$ beton normal usia 28 hari (28,122 MPa) berturut-turut mulai dari 0%,

10%, 20%, dan 30% adalah sebagai berikut : **0,193; 0,158; 0,146; 0,116;**

- ✚ semua nilai $f'ct$ tersebut di atas masih berada di atas batas minimal $f'ct$ yaitu **$10\% * f'c$ yaitu sebesar 2,881 MPa**, sehingga telah memenuhi persyaratan yang diinginkan.

5.2. Saran

- a. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat meningkatkan porsi campuran cangkang kaca bahkan kalau bisa sampai mencapai 100% atau menjadi semen tersendiri tanpa dicampur dengan semen biasa, dan agar bisa lebih mencapai hasil yang optimal, perlu dilakukan penelitian secara kimiawi terhadap kandungan senyawa kimianya,
- b. keterbatasan peralatan yang ada perlu diantisipasi dengan mencoba untuk membuat alat khusus yang nantinya dapat digunakan untuk membuat semen cangkang kaca secara mandiri sehingga dapat menjadi lebih efektif dan efisien,

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1990, **Metode Pengujian Berat Isi Beton (SNI 03-1973-1990)**, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonymous, 2008, **Cara Uji Slump Beton (SNI 1972:2008)**, Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Anonymous, 2002, **Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat Untuk Teknik Sipil, SNI 03-6827-2002**, Badan Standar Nasional Indonesia, Jakarta
- Anonymous, 2002, **Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton, SNI 03-2491-2002**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Anonymous, 2002, **Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SNI 03-0691-1996**, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- ASTM C33-30, "**Standard Specification for Concrete Aggregates**", 100 Barr Harbor

- Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States
- Dharma,A, Perdamean, 2009, **Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer**, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Karwur,H.Y, Tenda,R, Wallah,S.E, Windah,R.S, 2013, **Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen**, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Jurusan Teknik Sipil, Unsrat. Manado
- Nawy, E.G, 2010, **Beton Bertulang (Sebuah Pendekatan Dasar)**, edisi kelima, itspress, Surabaya
- Nursyamsi, Indrawan,I., Hastuty, I.P., **Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Dalam Pembuatan Batako**, Media Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Purnomo,H, Hisyam,E.S, 2014, **Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Ditinjau Dari kekuatan Tekan dan Kekuatan Tarik Belah Beton**, Jurnal Fropil Vol.2 No.1, Universitas Bangka Belitung,
- Rezeki, A.S., dan Karolina, R., **Pengaruh Substitusi Abu Kulit Kerang Terhadap Sifat Mekanik Beton (Eksperimental)**, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Tjokrodimulyo,K, 2007, **Teknologi Beton**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Yulianti, Tri, 2013, **Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Sifat Mekanik Beton**, Thesis, Universitas Atmajaya, Yogyakarta