

KUAT TEKAN DAN SORPTIVITY BETON DENGAN SERBUK KULIT KERANG (ANADARA GRANOSA)

Reny Akmalia¹⁾, Monita Olivia²⁾, Alfian Kamaldi³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : reni_akmalia10@yahoo.com

Abstract

This study examines the compressive strength and sorptivity of the concrete using powdered shells as a partial replacement of cement. Powder derived from the shells of shell types Anadara granosa who experience burning in the furnace brick and filtered using a sieve # 200. Variations shells used is 4% due to a variation of the optimum. After the trial manufacture of test specimens was performed to compare the nature of the powder concrete with normal concrete shells, then soaking for 7, 28 and 91 days. The results showed the strength of concrete shells powder is lower than normal concrete, concrete Sorptivity powdered seashells higher than normal concrete. From the results show the physical properties of concrete dust shells higher than normal concrete. This happens because the powder concrete shells have more pores and has a lower workability.

Keywords: powder shells, Anadara granosa, compressive strength, sorptivity

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang, maka dari itu banyak aspek dari negara Indonesia sedang mengalami perkembangan seperti halnya ekonomi, sosial, politik, teknologi, infrastruktur, dll. Konstruksi memegang peranan penting dalam pembangunan infrastruktur di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Perkembangan tersebut dapat dilihat dengan banyaknya penggunaan berbagai jenis material konstruksi oleh masyarakat seperti kayu, beton dan baja. Kayu merupakan bahan yang jarang digunakan terkait dengan luas hutan yang menurun dan tingkat produksi yang rendah. Baja merupakan material yang paling kuat dibandingkan material konstruksi lainnya, tetapi penggunaan material baja membutuhkan biaya mahal dalam pemasangan dan pemeliharaannya. Untuk itu, beton merupakan bahan yang paling banyak digunakan karena beton dapat dibuat dari material lokal setempat, biaya yang lebih terjangkau, dan memiliki kekuatan yang cukup tinggi.

Beton merupakan campuran yang homogen antara semen, air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) dengan atau tanpa bahan tambah lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya dengan

perbandingan tertentu. Semen merupakan komposisi utama dalam pembuatan beton. Dalam realita, produksi semen telah menghasilkan emisi gas CO₂ yang cukup besar ke atmosfer. Menurut International Energy Authority, World Energy Outlook, jumlah karbon dioksida yang dihasilkan tahun 1995 adalah 23,8 Milyar ton. Angka ini menunjukkan produksi semen portland menyumbang 7% dari keseluruhan CO₂ yang dihasilkan berbagai sumber, dan hal ini merupakan penyebab utama kerusakan lingkungan.

Kerang darah (Anadara granosa) merupakan salah satu kerang yang banyak terdapat di perairan Indonesia dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena kandungan protein yang tinggi. Menurut (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2011) nilai produksi kerang darah (Anadara granosa) di Indonesia pada tahun 2011 yaitu 373.202 ton dan bila dibandingkan tahun sebelumnya mengalami peningkatan 44,12 % . Kulit kerang merupakan bagian dari kerang yang tidak bisa dikonsumsi, sehingga hanya dibiarkan menumpuk menjadi limbah rumah tangga. Pemanfaatan limbah kulit kerang selama ini hanya terbatas untuk kerajinan tangan serta perhiasan padahal limbah kulit kerang mengandung senyawa

kimia yang bersifat pozzolan yaitu zat kapur (CaO) sebesar 55,10%, alumina (Al₂O₃) sebesar 0,06% dan senyawa silica (SiO₂) sebesar 0,15% (Syafpoetri, 2013). Pozzolan adalah sejenis bahan yang mengandung silisium atau aluminium, yang tidak mempunyai sifat penyemenan. Butirannya halus dan dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu ruang serta membentuk senyawa-senyawa yang mempunyai sifat-sifat semen (Mulyono, 2004). Penggunaan kerang sebagai bahan substitusi pada beton dapat dilakukan dengan menghancurkan kerang untuk dijadikan substitusi agregat dan bisa dengan menghancurkan kerang hingga menjadi serbuk sebagai substitusi semen. Pada penelitian ini kulit kerang akan dijadikan serbuk akan dibakar terlebih dahulu dimaksudkan agar kulit kerang tersebut lebih rapuh, bersifat kalsinasi, dan lebih reaktif. Kerang yang memiliki partikel halus memberikan kontribusi yang lebih untuk density, massa dan kekuatan sementara penyerapan air lebih rendah dibandingkan dengan bentuk yang potongan dan kepingan (Sahari dan Mijan, 2011). Ketika kerang dipecah menjadi cukup ukuran kecil, semen akan bereaksi secara kimia dengan kerang menciptakan ikatan dan kekuatan (Ramirez et al., 2014).

Penelitian sebelumnya yang melakukan penelitian terhadap batu bata dengan campuran semen, fly ash dan serbuk kulit kerang tiram menemukan bahwa kerang tiram daur ulang memiliki dampak yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan dan daya tahan batu bata abu terbang yang tidak dibakar. Kekuatan dan daya tahan umumnya meningkat dengan meningkatnya OS (Gengying et al., 2015). Penelitian lainnya menggunakan serbuk kulit kerang sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan paving block mendapatkan hasil kuat tekan yang akan semakin besar dengan adanya peningkatan jumlah campuran serbuk kulit kerang dan nilai absorpsi yang semakin besar juga semakin besar dengan penambahan serbuk kulit kerang (Andre, 2012). Penelitian Katrina (2014) mendapatkan hasil bahwa kombinasi ampas tebu dan kulit kerang substitusi paling baik adalah variasi persentase sebesar 8% + 9% karena mampu meningkatkan kuat tekan beton dengan nilai paling optimum dan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beton tanpa kombinasi ampas tebu dan kuli

kerang. Penelitian yang melakukan periwinkle shell ash (psa) dan abu daun bamboo sebagai pengganti sebagian semen menemukan bahwa periwinkle shell ash yang memiliki kandungan kimia tertinggi CaO sementara abu daun bamboo yang dominan kandungan SiO₂ sehingga membuat dua bahan tambah mineral bahan penyemenan tersebut cocok untuk dicampur semen pada beton (Umoh et al., 2013). Penelitian lain yang menggunakan kerang mutiara juga menyebutkan partikel dasar kerang mutiara memiliki bentuk seperti jarum yang ramping, morfologi internal mortar yang dicampur dengan cangkang kerang memiliki mesh terstruktur dan pori-pori lebih kecil. Dimasukkannya cangkang kerang dalam mortar menghasilkan kuat yang lebih tinggi daripada mortar yang dicampur dengan kapur bubuk (Ballester et al., 2007).

Sifat fisik pada beton mempunyai kaitan yang erat dengan durabilitas beton. Durabilitas dilihat dengan kerusakan yang disebabkan faktor internal dan eksternal di dalam beton itu sendiri (Neville, 2011). Seperti yang telah dijelaskan oleh Olivia (2011) bahwa sifat fisik mempunyai peranan dalam hubungan durabilitas itu sendiri yang dilihat dengan kinerja beton. Beton biasanya memiliki berbagai karakteristik distribusi pori yang dapat mempengaruhi sifat transportasi, seperti penyerapan, difusi, sorptivity yang menentukan kualitas beton. Maka dari itu, selain sifat mekanik yang umumnya digunakan sebagai tolak ukur kualitas dari beton pengujian terhadap sifat fisik beton juga diperlukan. Salah satu sifat fisik yaitu permeabilitas beton diyakini sebagai kunci terkait dengan servis dan durabilitas struktur beton (Misalnya, jembatan, struktur hidrolik dan struktur kelautan) yang biasanya digunakan untuk lingkungan agresif, karena air bertindak sebagai agen utama yang bertanggung jawab untuk kerusakan beton atau media transportasi untuk spesies yang agresif seperti klorida atau sulfat ion (Xinxin et al, 2016). Selain dapat memperbaiki kuat tekan, kerang juga dapat memperbaiki sifat fisik beton. Seperti Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Wang (2013) yang mengganti agregat halus dengan bahan fly ash dan kerang tiram dalam mortar semen dan didapatkan hasil bahwa bahan fly ash dan kerang tiram dapat mengisi pori-pori, yang meningkatkan kekompakan keseluruhan, mengurangi tingkat penyerapan (absorpsi) dan meningkatkan kekuatan tekan.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan sebelumnya yang dilakukan oleh Mifshell (2014) yang melakukan penelitian dengan serbuk kulit kerang dengan variasi 4% setelah sebelumnya melakukan trial. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton bubuk kulit kerang lebih rendah dari beton normal, kuat tarik belah beton bubuk kulit kerang lebih tinggi daripada beton normal, kuat lentur beton bubuk kerang lebih tinggi daripada beton normal dan modulus elastisitas beton bubuk kulit kerang lebih rendah daripada beton normal. Dari hasil yang didapatkan oleh Mifshell (2014) maka dari itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memverifikasi hasil tersebut dengan melakukan penelitian tentang sifat fisik dan gugus fungsi dari beton dengan serbuk kulit kerang pada umur 7, 28, dan 91 hari. Penelitian ini akan memperlihatkan sifat fisik yaitu sorptivity, permeabilitas dan absorpsi terhadap beton dengan serbuk kulit kerang dan juga apakah ada pengaruh dari penggantian serbuk kulit kerang tersebut terhadap gugus fungsi dari beton.

A.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji kuat tekan dan sorptivity pada beton yang menggunakan kerang sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan persentase 4% pada umur 7 dan 28 hari.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Definisi Beton

Kata beton dalam bahasa Indonesia berasal dari kata yang sama dalam bahasa Belanda. Kata *concrete* dalam bahasa Inggris berasal dari bahasa Latin *concretus* yang berarti tumbuh bersama atau menggabungkan menjadi satu. Dalam bahasa Jepang digunakan kata *kotau-zai*, yang artinya adalah material-material seperti tulang hal ini mungkin karena agregat mirip tulang-tulang hewan (Nugraha dan Antoni, 2007).

Beton adalah material komposit (campuran) dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari campuran agregat (kasar dan halus), semen, air dengan perbandingan tertentu dan dapat pula ditambah dengan bahan campuran tertentu apabila dianggap perlu. Bahan air dan semen disatukan akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat

halus dan agregat kasar sebagai bahan pengisi (Kusuma, 1993).

Sebagai bahan konstruksi beton mempunyai keunggulan dan kelemahan, menurut Mulyono (2003) keunggulan beton sebagai bahan konstruksi adalah harganya yang relatif murah, mampu menahan beban yang berat, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, biaya pemeliharaan / perawatannya kecil, tahan terhadap temperatur yang tinggi dan tersedia dimana-mana. Sedangkan kelemahan beton adalah kuat tarik beton yang lemah, sulit untuk dapat kedap air, daya pantul suara yang besar, bentuknya yang sulit diubah serta mempunyai beban yang berat.

B.2 Bahan Penyusun Beton

B.2.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Beberapa fungsi agregat dalam beton yaitu menghemat penggunaan bahan perekat, mengurangi susut beton, meningkatkan kekuatan, dan dengan gradasi yang baik akan menjadikan beton padat (Cindika, 2008). Dari segi ekonomis lebih menguntungkan jika digunakan campuran beton dengan sebanyak mungkin bahan pengisi dan sedikit mungkin jumlah semen.

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat dan mendekati kubus), bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butiran bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini terjadi karena butiran kecil dapat mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori-pori menjadi sedikit, dengan kata lain agregat tersebut mempunyai kemampuan tinggi.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukuran butiran. Dalam bidang teknologi beton nilai batas daerah agregat kasar dan agregat halus adalah 4,75 mm (ASTM C 33, 1994). Agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,75 mm disebut agregat halus, sedangkan agregat yang butirannya lebih besar dari 4,75 mm disebut agregat kasar.

Secara umum agregat kasar sering disebut kerikil, batu bulat atau *coral* dan batu pecah atau *split*. Agregat kasar batu pecah dengan permukaan butir kasar, serta bentuk butir tidak membulat dalam beton dapat saling mengisi dan lebih tinggi lekatannya dengan

pasta semen, sehingga kuat tekan beton lebih baik (Refi, 2010). Adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (Nawy, 2010).

Agregat halus dan agregat kasar akan diuji karakteristik material melalui beberapa pengujian material. Data hasil pengujian karakteristik material tersebut akan digunakan untuk perhitungan perencanaan campuran (*mix design*) beton. Adapun beberapa jenis pengujian karakteristik material penyusun beton meliputi pengujian berat jenis, kadar air, berat volume, kadar organik, kadar lumpur, analisa saringan dan ketahanan aus agregat. Spesifikasi standar pemeriksaan agregat beton dapat dilihat pada tabel 1. berikut ini :

Tabel 1. Spesifikasi standar pemeriksaan agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Pemeriksaan		Sumber
		Agregat halus	Agregat kasar	
1	Kadar lumpur (%)	<5	<1	ASTM C 142
2	Berat jenis (gr/cm ³)	2,58 –	2,58 –	SNI 03-1970-1990
	a. Apparent specific gravity	2,83	2,83	
	b. Bulk specific gravity (kering)	2,58 –	2,58 –	
		2,83	2,83	
	c. Bulk specific gravity (ssd)	2,58 –	2,58 –	
		7,00	7,00	
	d. Absorption (%)			
3	Kadar air (%)	3,00 –	3,00 –	SNI 03-1970-1990
		5,00	5,00	
4	Modulus kehalusan	1,50 –	5,00 –	SNI 03-1970-1990
		3,80	8,00	

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Pemeriksaan		Sumber
		Agregat halus	Agregat kasar	
5	Berat volume(gr/cm ³)	1,40 –	1,40 –	ASTM C29 –
	a. Kondisi gembur	1,90	1,90	C29M
	b. Kondisi padat	1,40 –	1,40 –	
		1,90	1,90	
6	Ketahanan aus (%)	-	<10	SNI 03-2417-1991
7	Kandungan organik	Organic plate		ASTM C-40

B.2.2 Air

Air adalah salah satu unsur yang paling penting untuk menghasilkan beton. Air yang digunakan harus tidak mengandung zat sebagai kehadiran zat lainnya dapat berbahaya bagi proses hidrasi semen dan daya tahan beton. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton.

Air dalam campuran beton tidak terlalu banyak, sehingga kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi. Pengurangan jumlah air berdampak pada rendahnya tingkat *workability* yang berakibat sulitnya proses pengadukan dan pencetakan.

B.2.3 Semen Type 1 (Ordinary Portland Cement)

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas *kalsium silikat* yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa *kalsium sulfat* dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Semen *Portland* Tipe 1 digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yaitu :

1. Tidak memerlukan ketahanan sulfat
2. Tidak memerlukan persyaratan panas hidrasi
3. Tidak memerlukan kekuatan awal yang tinggi.

B.2.4 Mineral Tambahan

Mineral tambahan adalah bahan lain selain air, agregat, dan semen hidrolik yang ditambahkan ke campuran beton sebelum atau selama proses pencampuran. Penggunaan mineral tambahan ini memberikan efek tertentu pada campuran beton termasuk peningkatan mutu, percepatan atau memperlambat *setting time*, meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat, dan meningkatkan *workability*.

B.3 Serbuk Kulit Kerang (*Anadara Granosa*)

Kerang merupakan nama sekumpulan moluska *dwicangkerang* dari *family cardiidae* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang banyak dibudidayakan dan dijadikan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat yang hidup di daerah pesisir. Teknik budidaya kerang mudah dikerjakan, tidak memerlukan modal besar dan dapat dipanen setelah berumur 6 – 7 bulan. Hasil panen kerang per hektar per tahun dapat mencapai 200 – 300 ton kerang utuh atau sekitar 60 – 100 ton daging kerang (Rezeki, 2013).

Penggunaan kerang sebagai bahan substitusi pada beton dapat dilakukan dengan menghancurkan kerang untuk dijadikan substitusi agregat dan bisa dengan menghancurkan kerang hingga menjadi serbuk sebagai substitusi semen. Menurut Kurniawan dan Guswandi (2008) kuat tekan yang dihasilkan dengan penggantian agregat kasar 5 % dengan kulit kerang menyebabkan kuat tekan beton menurun sebesar 0,64 %, penggantian agregat kasar 10 % dengan kulit kerang menyebabkan kuat tekan beton menurun sebesar 6,28 % dan penggantian 15 % menyebabkan kuat tekan beton menurun sebesar 9,04 % . Penggantian parsial langsung agregat halus dengan *Oyster shell* (OS) dengan variasi 5%, 10%, dan 20% memperlihatkan beton kuat tekan pada umur 28 hari beton diganti dengan OS sama dengan atau melebihi tekan kekuatan beton normal, dan modulus elastis beton diganti dengan OS menurun Substitusi laju dari OS meningkat sejak modulus elastisitas OS lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus (Yang *et al*, 2011). Menurut Mifshella (2014) hasil pengujian kuat tekan beton bubuk kulit kerang lebih rendah daripada beton normal, hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan bahwa beton bubuk kulit kerang mempunyai

kuat tarik belah yang lebih tinggi daripada beton normal, dan hasil pengujian kuat lentur beton menunjukkan bahwa kuat lentur beton bubuk kulit kerang lebih tinggi daripada beton normal. Pada kulit kerang yang akan dijadikan serbuk akan dibakar terlebih dahulu dimaksudkan agar kulit kerang tersebut lebih rapuh, bersifat kalsinasi, dan lebih reaktif. Kerang halus partikel memberikan kontribusi yang lebih untuk density, massa dan kekuatan sementara penyerapan air lebih rendah dibandingkan dengan bentuk yang potongan dan kepingan (Sahari, 2011).

Menurut Syafpoetri (2013) limbah kulit kerang berpotensi sebagai bahan pengganti kapur dalam pembuatan semen karena komposisi kimia dalam limbah kulit kerang yang telah mengalami proses pembakaran suhu 700°C menghasilkan kandungan CaO sebesar 55,10%. Hal ini sesuai dengan kandungan CaO yang terdapat pada semen alam yaitu sebesar 31-57% (Mulyono, 2003).

Tabel 2. Komposisi Kimia Bubuk Kulit Kerang Sesuai Masa Pembakarannya

Parameter		Sampel	
		500°C	700°C
SiO ₂	%	0,24	0,15
Al ₂ O ₃	%	0,04	0,06
Fe ₂ O ₃	%	0,37	0,46
CaO	%	54,43	55,10
MgO	%	0,85	0,10
Na ₂ O	%	0,00	0,10
K ₂ O	%	0,01	0,01
TiO ₂	%	0,09	0,09
MnO	%	0,06	0,07

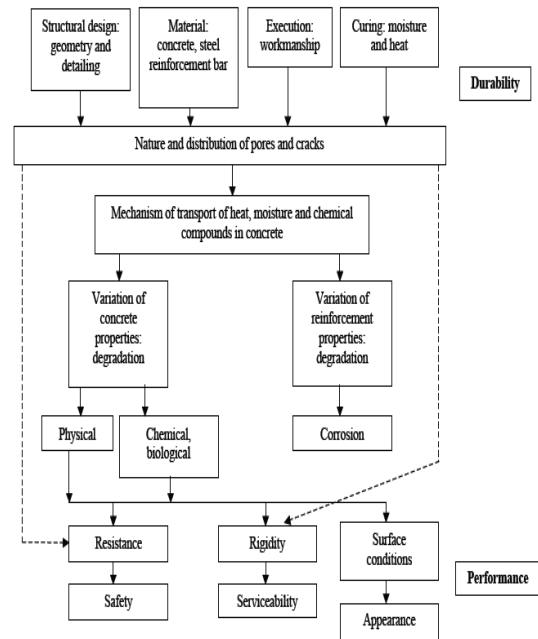
Sumber : Syafpoetri

B.4 Hubungan Sifat Fisik dan Durabilitas

ACI Committee 201 mendefinisikan durabilitas beton dengan semen portland sebagai kemampuan beton untuk menahan cuaca, serangan kimia, abrasi atau proses perusakan lain, dengan demikian durabilitas beton akan mempertahankan betuk asli, kualitas dan kemampuan layan saat terpapar di lingkungan (Mehta dan Monteiro, 1993).

Durabilitas berkaitan dengan kekuatan kinerja struktur beton dalam jangka panjang . Olivia 2011 menjelaskan hubungan antara

durabilitas dan kinerja beton yaitu dimulai pada tahap awal perencanaan kriteria beton yang ingin dibuat dimulai dari struktur desain, pemilihan material, ketahanan, dan masa perawatan. Beton yang dihasilkan biasanya memiliki berbagai karakteristik distribusi pori yang dapat mempengaruhi sifat transportasi, seperti penyerapan, difusi, *sorptivity* yang menentukan kualitas beton. Pada tahap berikutnya, degradasi karena faktor fisik, kimia dan biologi yang terjadi atas waktu diidentifikasi. Degradasi fisik seperti abrasi partikel berat tersuspensi dalam air dan pembekuan pencairan di lingkungan es mungkin mengubah tampilan fisik dari beton bertulang. Kerusakan kimia umumnya disebabkan oleh faktor-faktor seperti karbonasi, serangan asam, serangan sulfat untuk aluminat di semen, dan reaksi alkali-agregat dengan reaktif agregat dalam beton. Pada proses retak, beton membusuk, dan perluasan akibat akumulasi zat reaktif dapat meningkatkan laju kerusakan beton. Kerusakan Biologis pada beton biasanya karena mikroorganisme seperti mikroalga, bakteri dan jamur. Serangan biologis ini menyebabkan kerusakan mekanis seperti retak dan dekomposisi beton. Hal ini juga dapat menyebabkan serangan kimia, karena mikroorganisme seperti Sulfat Mengurangi Bakteri (SRB) menghasilkan asam kuat yang dapat melarutkan pasta semen. Korosi tulangan baja bar di beton tidak hanya karena variasi bahan, tetapi juga karena hilangnya alkalinitas dalam beton, yang disebabkan mekanisme ini. Ini adalah yang paling jenis merugikan dari degradasi dan dapat menyebabkan kerugian total kapasitas beban-dukung struktur dalam jangka panjang. Seperti dapat dilihat pada gambar, daya tahan beton mengeras tentu mempengaruhi resistensi, kekakuan dan permukaan kondisi atau kinerja beton selama hidup pelayanannya.



Gambar 1. Hubungan antara Durabilitas dan Kinerja

Sumber : CEB. Durable Concrete Structure Design Guide. Lausanne : Comitee Euro International Du Beton. 1992

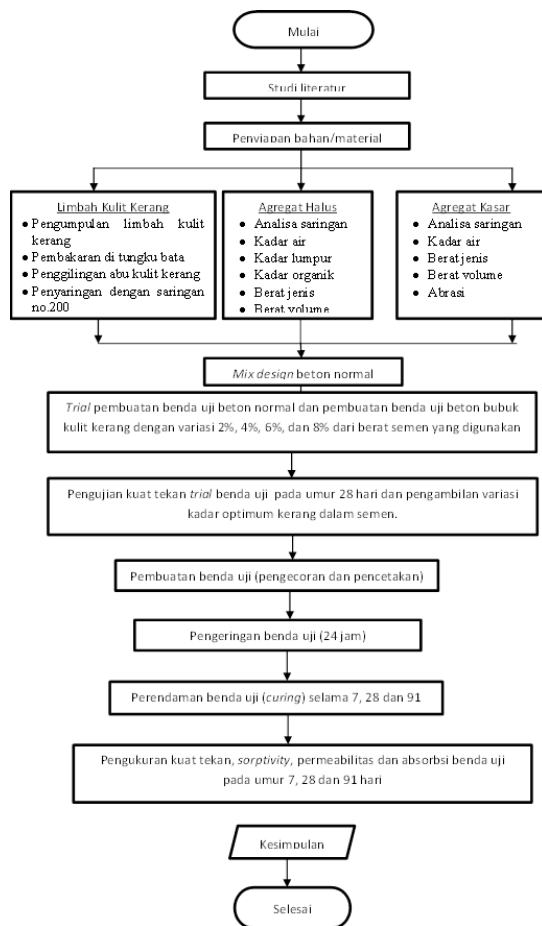
C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan material terdiri dari pemeriksaan karakteristik agregat kasar, agregat halus, dan komposisi kimia kerang dara (*anadara granosa*). Pemeriksaan agregat kasar dan halus terdiri dari analisa saringan, kadar air, berat jenis, berat volume, abrasi los angeles, kadar lumpur dan kadar organik. Pemeriksaan komposisi kerang dara (*anadara granosa*) dilakukan dengan mengirim sebagian sampel ke Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang

C.2 Flowchart Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas tahapan yang telah dijelaskan diatas, dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Bagan Alir (flowchart) Metodologi Penelitian

C.3 Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian beton sesuai umur rencana 7 dan 28 hari setelah perendaman. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan, dan *sorptivity* beton.

C.3.1 Tahap Pengujian Kuat Tekan

Menentukan kekuatan tekan beton dilakukan dengan prosedur berikut:

- Mengambil benda uji dari bak perendaman kemudian mengeringkannya selama ± 24 jam.
- Benda uji yang telah diberi *capping* (lapisan belerang) pada permukaan beton agar permukaannya rata.
- Menimbang benda uji.
- Meletakkan benda uji dengan posisi tegak pada kerangka alat uji tekan (*Compression Test Machine*).
- Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur.
- Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.

- Menghitung kuat tekan beton dihitung yaitu beban maksimum persatuan luas permukaan silinder.

C.3.2 Tahap Pengujian *Sorptivity*

Pengujian *Sorptivity* bertujuan untuk menentukan tingkat penyerapan air kedalam beton. Metode yang digunakan adalah GHD (*Determination of Sorptivity*). Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Benda uji beton umur 7, 28, dan 91 hari disiapkan terlebih dahulu dan ditimbang.
- Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $105-110^{\circ}\text{C}$ hingga berat benda uji konstan.
- Alat pengujian disusun yang terdiri dari wadah dan balok.
- Benda uji diletakkan di atas balok, kemudian wadah diisi air hingga ketinggian 1-2 mm dari bawah permukaan beton.

Waktu mulai dihitung, kemudian dilanjutkan dengan mencatat berat benda uji pada interval waktu 1, 5, 10, 20, 30, 60, 120, 180, dan 240 menit dari awal pengujian.

D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis Karakteristik Serbuk Kulit Kerang

Pemeriksaan komposisi serbuk kulit kerang (*anadara granosa*) dilakukan untuk mengetahui kadar senyawa pozzolanik yang terkandung dalam serbuk kerang yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan abu kulit kerang ke Laboratorium Hasil Analisis Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang. Abu sawit yang diuji adalah 100% lolos saringan No. 200.

Tabel 3. Karakteristik Serbuk Kulit Kerang (*Anadara Granosa*)

Parameter	Persentase kandungan kimia (%)
SiO_2	0,38
Al_2O_3	0,65
CaO	51,91
Fe_2O_3	0,06

Sumber : Hasil Analisis Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang, 2015

Pada Tabel 3 terlihat bahwa kandungan CaO kerang darah lebih sedikit daripada kandungan CaO pada semen portland yaitu 60-65% (Neville, 2011). Sedangkan kandungan SiO₂ dan Al₂O₃ pada kulit kerang juga lebih sedikit daripada kandungan semen portland yaitu 17-25% untuk SiO₂ dan 3-8% untuk Al₂O₃ (Neville, 2011). Kadar Fe₂O₃ untuk bubuk kulit kerang juga lebih kecil dibandingkan dengan kandungan Fe₂O₃ pada semen portland yaitu 0,5-6% (Neville, 2011).

Senyawa CaO berfungsi sebagai penambah kekuatan pada semen. Kadar CaO berpengaruh kepada kandungan C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF. Dimana C₃S pada semen berpengaruh pada kekuatan pada umur awal beton, C₂S pada semen berpengaruh terhadap kekuatan ketika beton telah mencapai umur kematangannya, C₃A pada semen berpengaruh kepada pelepasan panas hidrasi pada beton dan C₄AF memberikan warna pada semen (Neville, 2011).

D.2 Analisis Propertis Agregat Kasar

D.2.1 Analisis Ukuran Partikel Agregat Kasar

Modulus kehalusan (*fine modulus*) agregat kasar diperoleh dengan cara melakukan pengujian analisa saringan pada agregat kasar. Hasil pemeriksaan analisa saringan kasar diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 6,85. Nilai ini masuk dalam rentang standar spesifikasi modulus kehalusan butiran agregat kasar yaitu sebesar 5 – 8. Dari pengujian analisa saringan juga dapat diketahui bahwa batas gradasi agregat kasar adalah butir maksimum berukuran 20 mm.

D.2.2 Analisis berat jenis agregat kasar

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity on SSD*. Hasil dari pemeriksaan berat jenis agregat kasar ini adalah sebesar 2,67 gr/cm³. Nilai ini berada di dalam rentang spesifikasi berat jenis 6 yaitu 2,58 s/d 2,86 gr/cm³ (Mulyono, 2003). Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat kasar sebesar 1,14%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 2-7%.

D.2.3 Analisis ketahanan aus agregat kasar

Dari perhitungan analisa saringan diperoleh tipe gradasi agregat untuk pengujian keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* adalah gradasi B. Dari hasil

pemeriksaan diperoleh ketahanan aus agregat kasar sebesar 21,48 %. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi ketahanan aus yaitu < 40%. Ketahanan aus butir agregat tergantung dari jenis agregat yang digunakan.

D.2.4 Analisis kadar air agregat kasar

Hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar adalah 1,21 %. Kadar air agregat kasar tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air yaitu 3% - 5%. Hal ini terjadi karena sebelum dilakukan pengujian kadar air, material sudah terlebih dahulu terkena sinar matahari sehingga menjadi kering. Kadar air pada agregat sangat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam campuran adukan beton.

D.2.5 Analisis Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar

Berat volume agregat kasar adalah sebesar 1,76 gr/cm³ untuk kondisi padat dan 1,61 gr/cm³ untuk kondisi lepas. Nilai ini telah memenuhi standar spesifikasi berat volume yaitu tidak boleh kurang dari 1,2 gr/cm³ (Mulyono, 2003).

D.3 Analisis Propertis Agregat Halus

D.3.1 Analisis kadar lumpur agregat halus

Kadar lumpur agregat halus sebesar 0,99 % ini memenuhi standar spesifikasi kadar lumpur sebesar < 5 %. Lumpur yang menempel pada permukaan agregat akan dapat menghalangi lekatan yang kuat antara agregat dan pasta semen..

D.3.2 Analisis pemeriksaan berat jenis agregat halus

Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan beton adalah *bulk specific gravity on SSD*. Hasil dari pemeriksaan berat jenis agregat halus ini adalah sebesar 2,67 gr/cm³. Nilai ini berada di dalam spesifikasi berat jenis yaitu 2,5 s/d 2,7 gr/cm³ (Mulyono, 2003). Hasil pemeriksaan penyerapan (*absorption*) agregat halus diperoleh sebesar 0,6 %. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi penyerapan yaitu 2-7 %. Absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen.

D.3.3 Analisis kadar air agregat halus

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus adalah sebesar 5,43%. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi kadar air agregat halus yaitu 3% - 5%. Tingginya nilai kadar air

dari hasil pemeriksaan disebabkan kondisi agregat halus yang terkena air hujan sebelum dilakukan pengujian. Kadar air pada agregat halus diperlukan untuk menghitung jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran adukan beton.

D.3.4 Analisis modulus kehalusan agregat halus

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus diperoleh modulus kehalusan butiran sebesar 5,31. Nilai ini tidak memenuhi standar spesifikasi modulus kehalusan butiran agregat halus yaitu 1,5 – 3,8. Modulus kehalusan digunakan untuk mendapatkan perbandingan berat antara agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton. Dari hasil pemeriksaan saringan agregat halus diperoleh gradasi butiran memenuhi batas-batas pada zona II (pasir agak halus).

D.3.5 Analisis berat volume agregat halus

Berat volume agregat halus yang diperoleh sebesar 1,76 gr/cm³ untuk kondisi padat dan 1,61 gr/cm³ untuk kondisi lepas. Nilai ini memenuhi standar spesifikasi berat volume yaitu tidak boleh kurang dari 1,2 gr/cm³ (Mulyono, 2003). Berat volume ini terkait dengan porositas dan kepadatan dikarenakan porositas dan kepadatan mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen.

D.3.6 Analisis kadar organik agregat halus

Hasil pemeriksaan kadar organik yang diperoleh adalah warna no. 2. Warna ini memenuhi standar spesifikasi kadar organik agregat halus yaitu tidak boleh lebih dari warna no. 3. Dari hasil tersebut bahwa agregat halus yang digunakan tidak mengandung organik yang tinggi sehingga bagus untuk campuran beton.

D.4 Hasil Pengujian Beton

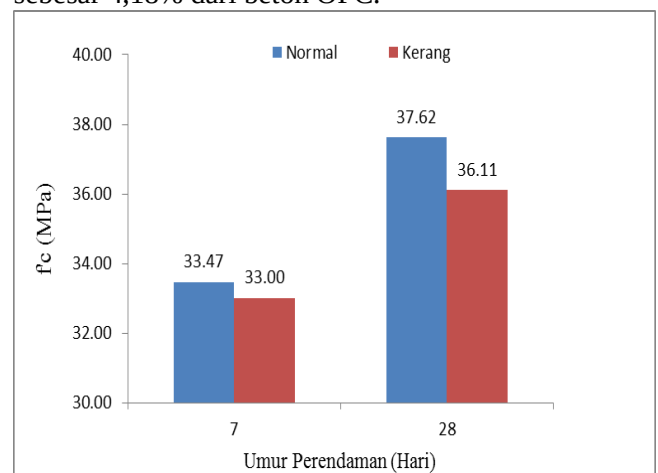
D.4.1 Kuat Tekan Beton

Pada pengujian ini kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kadar kerang yang digunakan dalam semen untuk beton bubuk kulit kerang adalah sebanyak 4%.

Hasil kuat tekan beton OPC (Gambar 3) pada umur 7 didapat kuat tekan sebesar 33,37

Mpa yang selanjutnya kuat tekan tersebut akan mengalami peningkatan seiring penambahan umur. Hasil tersebut disebabkan proses hidrasi beton berjalan dengan baik. Saat semen portland bercampur dengan air, terjadi reaksi antara senyawa kalsium silikat (C3S dan C2S), kalsium aluminat (C3A) dan kalsium alumino ferit (C4AF) menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) yang merupakan komponen utama kekuatan semen (Mehta, 2006). Panas hidrasi semen umumnya telah membebaskan sekitar 50% panas totalnya pada satu hingga 3 jam pertama, 70% pada hari ketujuh, serta 83-91% setelah 6 bulan. Peningkatan kuat tekan pada umur 91 hari terlihat mengalami peningkatan yang lebih kecil yaitu 7,77% daripada kuat tekan beton pada saat umur 28 hari yaitu 12,71%. Perkembangan kuat tekan beton semen umur 28 hari sudah cukup sempurna sehingga untuk umur selanjutnya peningkatan kuat tekan tersebut sudah tidak terlalu signifikan (Mulyono, 2005).

Hasil kuat tekan beton serbuk kerang pada umur 7 hari hari didapat kuat tekan sebesar 33 Mpa (Gambar 3) yang selanjutnya kuat tekan tersebut meningkat secara bertahap mengalami peningkatan seiring penambahan umur. Meskipun demikian, beton kerang bila dibandingkan dengan beton OPC mengalami penurunan sebanyak 1,14% dari beton OPC pada umur 7 hari. Pada umur 28 hari terjadi penurunan kuat tekan beton bubuk kulit kerang sebesar 4,18% dari beton OPC.



Gambar 3. Kuat Tekan Beton Normal dan Bubuk Kulit Kerang

Hasil kuat tekan beton kerang memiliki kecenderungan yang konsisten naik seiring pertambahan umur ini diperkuat dengan penelitian beton kerang yang dilakukan

penelitian sebelumnya. Mifshella (2014) menggunakan bahan serbuk kulit kerang darah (*Anadara granosa*) mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 16,06% dari umur 7 hari hingga 91 hari. Penelitian lain yang menggunakan *Oyster Shells* sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus menemukan bahwa pencampuran dari *Oyster Shells* tidak menyebabkan pengurangan kuat tekan beton pada umur 28 hari karena interaksi antara *Oyster Shells* dan pasta semen yang dapat meningkatkan kuat tekan tidak terjadi (Yang et al., 2010). Struktur kristal dari kerang darah dan kerang hijau yang sebagian besar terdiri dari aragonit dan kalsit memiliki kekuatan yang lebih tinggi dan kepadatan dari bubuk kapur (Mosher et al., 2009).

Menurut Murdock (1991) kandungan CaO kerang yang rendah menyebabkan kekuatan beton menjadi lebih rendah serta waktu pengikatannya juga lebih lama. Hal ini sesuai dengan kandungan CaO pada bubuk kulit kerang hanya sebesar 51,91% sedangkan menurut (Neville, 2011) kandungan CaO dalam semen portland adalah 60 – 65%. Seperti yang telah dijelaskan bahwa semen Portland memiliki kandungan CaO sekitar 60-65%, dan dengan adanya penggantian semen dengan serbuk kulit kerang maka kandungan CaO yang dimiliki beton serbuk kulit kerang akan mendapatkan kandungan CaO yang sedikit berlebihan. Pendapat lain menjelaskan semakin banyak CaO yang terkandung mengakibatkan menurunnya proses hidrasi yang akan menurunkan kekuatan beton (Othman et al., 2013). Kadar kapur Kadar kapur yang lebih tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi, namun zat kapur yang berlebihan kurang baik untuk semen serta menyebabkan terjadinya desintegrasi (perpecahan) semen setelah timbul ikatan (Bahtiar dan Hidayat, 2005). Penelitian yang dilakukan oleh Etuk (2012) menyebutkan bahwa kuat tekan awal pada masing-masing campuran rendah dibandingkan dengan campuran kontrol, ini terjadi karena aktivitas pozzolanic yang digunakan untuk hidrasi semen lambat, tetapi kuat tekan meningkat dengan peningkatan persentase pengganti hingga 10% berat PSA (*Periwinkle shell ash*), 15% untuk OSA (*Oyster shell ash*) dan 20% untuk SSA (*Snail shell ash*).

Kulit kerang pada penelitian ini dibakar pada tungku pembakaran batu bata yang

suhunya tidak konstan sehingga serbuk kulit kerang tidak bersifat reaktif yang kemudian mengakibatkan penurunan kuat tekan beton kerang dibandingkan dengan beton OPC. Penelitian yang dilakukan oleh Lertwattanaruk (2012) menyebutkan penggantian persentase semen dengan kerang berleher pendek, tiram, kerang darah cenderung mengurangi kuat tekan, karena bahan yang kurang reaktif kerang dicampur dengan semen portland. Ukuran partikel dari 3 jenis kerang tanah yang sedikit lebih kecil daripada semen portland, maka partikel-partikel kecil kerang tanah akan bertindak bertindak sebagai material pengisi. Hal tersebut diperkuat dengan pengujian sebelumnya yang membuat ekosemen dari bahan kulit kerang dan abu sampah menyebutkan bahwa dari pengujian XRD didapatkan kesimpulan bahwa ketiga jenis ekosemen belum memiliki senyawa Trikalسيوم Silikat (C3S) yang merupakan salah satu senyawa utama semen yang memiliki sifat perekat. Hal ini dikarenakan pemanasan akhir yang kurang sempurna dari ekosemen. Pemanasan akhir ekosemen pada suhu 1000°C, sehingga hanya terjadi proses kalsinasi. Proses sintering belum sempurna karena beberapa senyawa seperti silikon dan iron belum mencapai melting point. Sehingga tidak terjadi peleburan senyawa yang diinginkan. Melting point dari silikon adalah 1414°C sedangkan untuk iron adalah 1535°C (Ariesta, 2013).

Menurut beberapa penelitian, peningkatan kereaktifan dari kerang dapat dilakukan dengan cara menambahkan beberapa senyawa sehingga kerang dapat bereaksi dengan baik dengan semen. Seperti yang dilakukan oleh Siregar (2009) yang membuat beton dengan penambahan kerang dan resin epoksi dan mendapatkan hasil bahwa penambahan optimum 80% (volume) serbuk kulit kerang dan resin epoksi sebesar 20% (volume) cenderung meningkatkan kuat tekan pada beton. Penelitian lain yang melakukan pengujian terhadap beton ringan aerasi menggunakan serbuk kulit kerang sebagai pengganti semen menjelaskan bahwa serbuk kerang sebagai pengganti semen portland pada rasio larutan *Hydrogen Peroxide* sebesar 0,65%, dapat menghasilkan kuat tekan yang melebihi kuat tekan yang menggunakan sement portland sebagai bahan pengikatnya (Triastuti dan Nugroho, 2013). Penelitian lainnya menggunakan serbuk kulit kerang periwinkle dan akselerator NaNO₃ kedalam

beton yang dibuat dan mendapatkan hasil bahwa 2 % natrium nitrat dan 30% PSA (*Periwinkle Shell ash*) yang dimasukkan dalam campuran beton dapat memperbaiki kuat tekan beton (Umoh dan Ujene, 2015).

D.4.2 Sorptivity Beton

Sorptivity menjadi salah satu indikator penting dalam menentukan proses transportasi materi yang dikatakan baik dinilai dari kecepatan penyerapan air kedalam pori-pori beton. *Sorptivity* salah satu parameter untuk mengevaluasi kinerja proses transportasi materi dari beton yang dihasilkan dengan menilai kualitas dan daya tahan dalam waktu jangka panjang. Ketika pengecoran beton, ditemukan bahwa komposisi zona permukaan adalah tidak sama dengan sebagian besar bagian dalam beton karena air akan mengalami bleeding yang cenderung bergerak ke atas. Dalam kasus tersebut, zona permukaan mungkin berpori dan permeabel disebabkan oleh akumulasi air dan udara di antarmuka dengan bekisting tersebut (Adam, 2003).

Pada penelitian ini *sorptivity* diukur selama empat jam, beton yang diuji yaitu beton ukuran 10x5 cm dengan umur 7 dan 28 hari. Pada umumnya, *sorptivity* tinggi mengindikasikan porositas tinggi. Nilai *sorptivity* dianjurkan kurang dari 0,2000 mm/min^{0,5} untuk menjaga kededapan (Papworth F & Grace W, 1985). Hasil nilai *sorptivity* pada penelitian ini untuk beton OPC memiliki nilai 0,2094-0,2837 mm/min^{0,5}. Berdasarkan nilai *sorptivity* yang dianjurkan, nilai *sorptivity* beton OPC termasuk kriteria yang kurang baik karena nilai yang didapat diatas 0,2000 mm/min^{0,5}. Untuk beton normal, *sorptivity* air umumnya menurun dengan peningkatan usia (Lo et al., 2006). Penggunaan *admixtures* dan sumber semen portland juga memiliki pengaruh besar pada kualitas beton yang dijelaskan oleh pengujian *sorptivity* (Ho dan Chirgwin, 1996).

Beton kerang memiliki nilai *sorptivity* yang lebih tinggi 0,2773-0,2972 mm/min^{0,5}, berdasarkan dari rentang nilai tersebut terlihat bahwa kededapan beton kerang lebih rendah daripada beton OPC sehingga berpengaruh terhadap nilai absorpsi yang besar, nilai permeabilitas yang besar dan kuat tekan yang lebih lemah dibandingkan dengan beton OPC. Berdasarkan nilai *sorptivity* yang dianjurkan, nilai *sorptivity* beton kerang juga termasuk kriteria yang kurang baik karena nilai yang

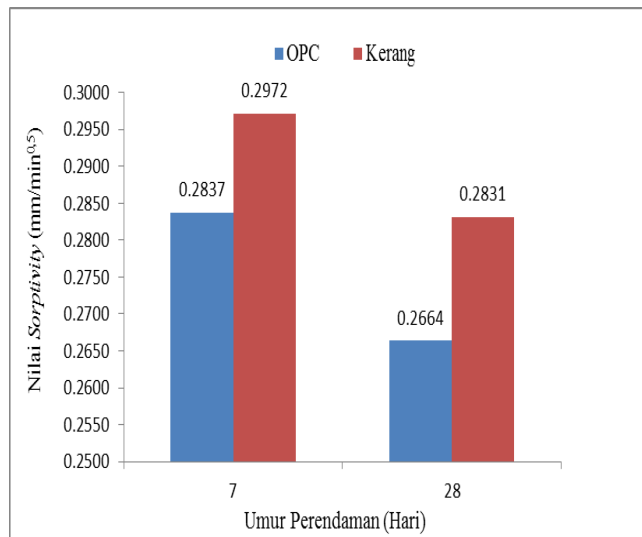
didapat diatas 0,2000 mm/min^{0,5}. Hal ini ditunjukkan bahwa kualitas beton meningkat dengan waktu pemeraman, dan bahwa hal itu bervariasi berdasarkan sumber dan jenis bahan yang digunakan. Pengurangan nilai *sorptivity* dengan peningkatan waktu curing (sampai 90 hari) dari mortar tanah bata (yang dikondisikan secara identik dengan kontrol) menunjukkan indikasi aktivitas pozolan yang terjadi jauh lebih perlahan daripada hidrasi semen dan karena itu memiliki efek yang jauh lebih besar pada usia yang lama (Sabir dan O'Farrell, 1998).

Kandungan SiO₂ (silika) pada serbuk kulit kerang yaitu 0,38% yang mengindikasikan bahwa kemampuan serbuk kulit kerang kurang dalam mengikat. Penelitian yaitu menggunakan bottom ash yang mengandung senyawa SiO₂ sebanyak 57,76% akan mengganti sebagian semen. Hasil menunjukkan efek dari bottom ash pada *sorptivity* beton yaitu *sorptivity* meningkat dengan peningkatan kadar bottom ash (Siddique, 2013). Penelitian berikut menggunakan abu terbang sebagai pengganti semen menjelaskan bahwa sebenarnya abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika yang dikandung didalam abu batu bara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Hardjito, 2005).

Tabel 4 Nilai *Sorptivity* Beton Normal

Umur	Jenis Beton	<i>Sorptivity</i> (I) (mm/min ^{0,5})	Koefisien Korelasi (R ²)
7	Normal	0.2837	0.9943
	Kerang	0.2972	0.9836
28	Normal	0.2664	0.9932
	Kerang	0,2831	0.9992

Gambar 4 Hasil uji *sorptivity* beton OPC dan Kerang



Faktor air semen yang digunakan akan mempengaruhi besarnya pori, hal ini dapat dipahami karena makin banyak air tersisa yang tidak digunakan untuk proses hidrasi semen yang akan memberikan pori-pori yang besar sehingga beton akan porous dan akan sangat mudah dilalui air (permeable). Menurut Chan (2000) kadar air dan densification dari proporsi campuran akan menjadi faktor yang mengatur untuk sorptivity dan permeabilitas. pemakaian abu cangkang kerang sebagai substitusi semen dengan meningkatnya variasi substitusi akan menurunkan nilai slump campuran beton (Putra dan Nursyamsyi, 2000). Partikel-partikel kerang mempunyai sifat menyerap air yang lebih banyak daripada semen portland (Rezeki dan Karolina, 2013).

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan sifat fisik beton yakni *sorptivity*, permeabilitas dan absorpsi beton yang dilakukan terhadap beton bubuk kulit kerang dan beton normal maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat tekan beton bubuk kulit kerang lebih rendah daripada beton normal. Hal ini dapat disebabkan rendahnya kandungan CaO bubuk kulit kerang yang lebih rendah daripada semen OPC.
2. Hasil pengujian *sortivity* beton menunjukkan bahwa beton bubuk kulit kerang mempunyai nilai *sorptivity* yang lebih rendah daripada beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa laju penyerapan air pada beton kulit kerang lebih rendah

dan pori dalam beton kulit kerang rendah.

E.2 Saran

Berdasarkan dari hasil pengalaman penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium, maka dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat dipergunakan untuk penelitian lanjutan:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang durabilitas beton bubuk kulit kerang terhadap lingkungan asam, mengingat Riau mempunyai lahan gambut yang sangat luas.
2. Agregat yang akan digunakan sebagai material benda uji, perlu dijaga kualitasnya agar pada saat pengujian karakteristik agregat, nilai-nilai karakteristiknya sesuai standar spesifikasi yang telah ditetapkan.
3. Pada saat proses pembakaran kerang menjadi serbuk diharapkan suhu dari pembakaran dapat diatur dan konstan dengan cara di *furnace*..

DAFTAR PUSTAKA

Adam, A. A. (2003). Transport Properties of Concrete Cast With Controlled Permeability Formwork. ISSN 0853-9723, (33).

Andre. (2012). Studi Sifat Mekanik Paving Block Terbuat dari Campuran Limbah Adukan Beton dan Serbuk Kerang. Universitas Indonesia.

Ariesta, F. S. (2013). Studi Eksperimental Pembuatan Ekosemen dari Abu Sampah dan Cangkang Kerang sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen. ISSN: 2337-3539, 2(2), 162–165.

ASTM C 128. (2007). Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate, 00(2004), 1–8.

ASTM C 142. Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates 1 (1998). United States: American Society for Testing and Material.

ASTM C 29. Bulk Density (“ Unit Weight ”) and Voids in Aggregate (2007). United States: American Society for Testing and Material.

ASTM C 40. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete 1 (2004). United States: American Society for Testing and Material.

ASTM C 566. Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying 1 (1997). United States: American Society for Testing and Material.

ASTM C150 - 07. Standard Specification for Portland Cement (2001). doi:10.1520/E1965-98R09.2

ASTM C33 - 99a. Standard Specification for Concrete Aggregates (2010). doi:10.1520/C0033.

ASTM C494/C494M. Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete 1, 04 American Society for Testing and Materials. 15–17 (2013). doi:10.1520/C0260

ASTM C642 - 06. Standard Test Method for Density , Absorption , and Voids in Hardened Concrete 1 (2006). doi:10.1520/C0642-13.5.

Ballester, P., Marmol, I., Morales, J., Sanchez, L. (2007). Use of limestone obtained from waste of the mussel cannery industry for the production of mortars. *Cement and Concrete Research*, 37(4), 559–564. doi:10.1016/j.cemconres.2007.01.004

Chan, W, W, J., Wu, C, M, L. (2000). Durability of concrete with high cement replacement. *Cement and Concrete Research*, 30(6), 865–879. doi:10.1016/S0008-8846(00)00253-2

Etuk, B, R., Etuk, I, E., Asuquo, L, O. (2012). Feasibility of Using Sea Shells Ash as Admixtures for Concrete. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 1, 121–127.

Gengying, L., Xu, X., Chen, E., Fan, J., Xiong, G. (2015). Properties of cement-based bricks with oyster-shells ash. *Journal of Cleaner Production*, 91, 279–287. doi:10.1016/j.jclepro.2014.12.023

Guswandi., Kurniawan, R. (2008). Pengaruh Penggunaan Kulit Kerang Sebagai Pengganti

Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Lppm Politeknik Bengkalis*, 4.

Hardjito, D. (2005). *Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*, (November), 102.

Ho, D, W, S., Chirgwin, G, J. (1996). A performance specification for durable concrete. *Construction and Building Materials*, 10(5 SPEC. ISS.), 375–379. doi:10.1016/0950-0618(95)00015-1

Katrina, G. (2014). Pasir Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton Mutu K-225. *ISSN :2355-374X*, 2(3).

Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2011). *Statistik Perikanan Tangkap Indonesia*. ISSN : 1858-0505 (Vol. Vol. 12, N).

Lertwattanakul, P., Makul, N., Siripattarapivat, C. (2012). Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. *Journal of Environmental Management*, 111, 133–141. doi:10.1016/j.jenvman.2012.06.032

Lo, T, Y., Cui, H, Z., Nadeem, A., Li, Z, G. (2006). The effects of air content on permeability of lightweight concrete. *Cement and Concrete Research*, 36(10), 1874–1878. doi:10.1016/j.cemconres.2006.06.009

Mehta, P, K., Monteiro, P, J, M. (2006). *Concrete Microstructure, Properties, and Materials*. PhD Proposal (Vol. 1). doi:10.1017/CBO9781107415324.004

Mifshella, A. A. (2014). Sifat Mekanis Beton Kulit Kerang (Anadara Grandis) Sifat Mekanis Beton Kulit Kerang.

Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Nawy, E, G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Stephanus Hendarko. Bandung: Eresco.

Neville, A, M. (2011). *Properties of Concrete*.

Nguyen, D, H., Boutouil, M., Sebaibi, N., Leleyter, L., Baraud, F. (2013). *Valorization*

of seashell by-products in pervious concrete pavers. *Construction and Building Materials*, 49,151–160.

Nugraha, P., Antoni. 2007. *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Andi Offset: Yogyakarta.

Olivia, M. 2011. Durability related properties of low calcium fly ash based geopolymer concrete. Tesis PhD, School of Civil and Mechanical Engineering Department of Civil Engineering, Curtin University of Technology, Perth, Australia.

Othman, N, H., Bakar, B, H, A., Don, M, M., Johari, M, A, M. (2013). Cockle Shell Ash Replacement for Cement and Filler in Concrete. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 25(2), 5–8. Retrieved from civil.utm.my/mjce/files/2014/04/Paper-7-252.pdf

Putra, R, Y., N. (2000). Perbandingan Antara Pengaruh Variasi Substitusi Abu Cangkang Kerang dan Abu Cangkang Kelapa Sawit 10-30% Terhadap Waktu Ikut Semen dan Kuat Tekan Beton. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, (2), 1–12.

Ramirez, A., Barker, S, D., Love, T, J., Milazzo, E, J., McGillicuddy, I, P. (2014). *Waste Shell Cement Composites*.

Rezeki, A, S., Karolina, R. (2013). Pengaruh Substitusi Abu Kulit Kerang Terhadap Sifat Mekanik Beton (Eksperimental), (1), 1–7.

Sabir, B. B., Wild, S., O'Farrell, M. (1998). A water sorptivity test for martar and concrete. *Materials and Structures*, 31(8), 568–574. doi:10.1007/BF02481540

Siddique, R. (2013). Compressive strength, water absorption, sorptivity, abrasion resistance and permeability of self-compacting concrete containing coal bottom ash. *Construction and Building Materials*, 47, 1444–1450. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.06.081

Siregar, S, M. (2009). Pemanfaatan Kulit Kerang Dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer. Universitas Sumatera Utara.

SNI 03-1968-1990. Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar (1990).

SNI 03-1970-1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (1990).

SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat (1990).

SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan (1990).

SNI 03-2417-1991. Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles (1991).

SNI 03-2816-1992. Metode Pengujian kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar atau Beton (1992). Bandung: Badan Standarisasi Indonesia.

SNI 03-4804-1998. Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat (1998).

SNI 03-4810-1998. Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan (1998).

SNI 14-2049-2004. SNI 15-2049-2004 Semen Portland, Semen Portland 132 (2004). Syafpoetri, N, A. (2013). Pemanfaatan abu kulit kerang (anadara grandis) untuk pembuatan ekosemen 1). Universitas Riau.

Tjokrodinuljo, K. 1992. *Buku Ajar Teknologi Beton*. Yogyakarta: Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.

Triastuti., Nugroho, A. (2013). Pengaruh Rasio Air Dengan Bahan Pengikat Pada Autoclaved Aerated Concrete (Aac) Berbasis Limbah Cangkang Kerang. ISSN 1412-9612, 68–72.

Umoh, A, A., Ujene, A, O. (2015). Improving The Strength Performance Of High Volume Periwinkle Shell Ash Blended Cement Concrete With Sodium, 6(2), 18–22.

Wang, H. Y., Kuo, W. Ten, Lin, C. C., & Po-Yo, C. (2013). Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. *Construction and Building Materials*, 41, 532–537. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.11.021