

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Umum

Genteng beton atau genteng semen adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap yang dibuat dari beton dan dibentuk sedemikian rupa serta berukuran tertentu. Genteng beton dibuat dengan cara mencampur pasir dan semen ditambah air, kemudian diaduk sampai homogen lalu dicetak. Selain semen dan pasir, sebagai bahan susun genteng beton dapat juga ditambahkan kapur. Pembuatan genteng beton dapat dilakukan dengan 2 cara sederhana yaitu secara manual (tanpa dipres) dan secara mekanik (dipres).

Menurut SNI 0096:2007 genteng beton atau genteng semen adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap terbuat dari campuran merata antara semen portland atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen.

Menurut (Dwiyono, 2000) genteng beton dibuat dengan cara mencampur pasir dan semen ditambah air, kemudian diaduk sampai homogen lalu dicetak. Selain semen dan pasir, sebagai bahan susun genteng beton dapat juga ditambahkan kapur.

Genteng beton ialah unsur bahan bangunan yang dibuat dari campuran bahan semen portland, agregat halus, air, kapur (trass), dan bahan pembantu lainnya yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dipergunakan untuk atap.

Ada 2 macam genteng beton sesuai bahan pembentuknya yaitu :

Genteng beton biasa yaitu genteng beton yang terbuat dari campuran bahan semen portland, agregat halus, air dan kapur tanpa tambahan bahan lainnya.

Genteng beton khusus yaitu genteng beton yang terbuat dari campuran bahan semen portland, agregat halus, air dan kapur ditambah bahan lain yang mungkin berupa bahan kimia, serat ataupun bahan lainnya. Untuk selanjutnya genteng beton yang terbuat dari campuran bahan semen portland, agregat halus, air dan kapur ditambah serat disebut genteng beton serat.

2.2 Dasar Teori Penelitian

Penelitian tentang genteng polimer yang menggunakan bahan baku dari limbah bahan baku dari alam dan pemanfaatan limbah sudah mulai dikembangkan. Beberapa penelitian yang dilakukan menyangkut pembuatan genteng dan pemanfaatan limbah.

Ediputra.K (2010), yang membuat genteng dari campuran bahan Aspal,karet alam sir 10. Ban bekas (*tire rubber*), sulfur dan bahan Adhesive isosianat.

Komposit serat berpenguat serat sentetis untuk bahan genteng, serat yang digunakan adalah serat gelas tipr *woven roving* dan *choppend strand mat*, matrik yang digunakan adalah poliester dan epoksi. Hasil penelitian menunjukkan penambahan kekuatan tarik setiap penambahan lapisan serat, kekuatan tarik tertinggi yang dicapai pada matrix polyester adalah 165,62 MP.

Pembuatan dan Karakterisasi Komposit polimer Berpenguat Serat Alam mendapatkan bahwa dengan menggunakan matrix yang sama (poliester) nilai kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk lebih tinggi bila dibandingkan dengan komposit berpenguat serat pisang.

Proses pembuatan genteng beton meliputi :

Tahap persiapan dan penimbangan bahan susun yang akan dipakai dalam pembuatan genteng beton serat diantaranya semen portland, pasir, kapur, air, Styrofoam dan serat sabut kelapa.

Pencampuran bahan susun genteng beton akan memberikan hasil yang baik apabila dilakukan dalam 2 tahap yaitu pencampuran bahan secara kering (air belum dimasukkan) dan pencampuran bahan secara basah (air sudah dimasukkan). Masing-masing tahap sebaiknya dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (molen). Proses pencampuran bisa juga dilakukan secara manual namun hasilnya lebih jelek (kurang homogen) apabila dibandingkan dengan menggunakan mesin pengaduk.

Proses pencetakan atau pengepresan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan mesin cetak tekan hidrolis dan alat cetak manual. Proses pengepresan atau pencetakan dilakukan dengan menuangkan adukan bahan susun genteng beton serat dalam cetakan, kemudian permukaannya setelah dipres disipat rata dan adukan akan membentuk genteng sesuai bentuk cetakannya.

Genteng beton yang telah selesai dicetak, dikeringkan dengan ditempatkan diatas tatakan atau rak-rak, kemudian diangin-anginkan pada tempat yang terlindung dari terik matahari dan hujan selama 24 jam.

Pemeliharaan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara lambat (dengan direndam dalam air selama minimum 14 hari) atau cara cepat (dengan menggunakan uap air panas selama 8 jam). Proses pemeliharaan ini mempunyai maksud supaya semen dalam genteng dapat bereaksi secara sempurna.

Pengujian untuk mengetahui beban lentur maka genteng beton harus diuji. Pengujian genteng beton dilakukan setelah mencapai umur 14 hari sesuai

peraturan SNI 0096:2007. Menurut SNI 0096:2007 syarat genteng beton yang baik adalah mampu menahan beban lentur minimal seperti yang terlihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai Minimal Beban Lentur Genteng Beton

Tingkat Mutu	Beban Lentur Rata-rata dari 10 Genteng yang Diuji (Min) Dalam Kg	Beban Lentur Masing - masing Genteng (Min) Dalam Kg
I	150	120
II	80	60

Sumber : SNI 0096:2007, "Mutu dan Cara Uji Genteng Beton"

Genteng beton merupakan salah satu bentuk aplikasi teknologi bahan beton yang digunakan sebagai salah satu alternatif bahan pembuat bahan bangunan non struktural. Oleh sebab itu persyaratan bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan genteng beton juga merujuk dari persyaratan bahan untuk pembuatan beton, karena di Indonesia belum ada persyaratan khusus mengenai bahan-bahan untuk pembuatan genteng beton.

2.3 Bahan Pembuatan Genteng Beton

2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan – perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Adapun jenis semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis.

Semen non hidrolis tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air akan tetapi dapat mengeras diudara. Contoh utama adalah kapur. Kapur dihasilkan oleh proses kimia dan mekanis di alam, kapur telah digunakan selama berabad – abad lamanya sebagai bahan adukan dan plasteran untuk bangunan. Hal tersebut terlihat pada piramida – piramida di Mesir yang dibangun sejak 4500 tahun sebelum masehi.

Semen hidrolis mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolis antara lain kapur hidrolis, semen pozzolan semen terak, semen alam semen portland, semen portland pozzolan, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif. Contoh lain adalah semen portland putih, semen warna dan semen – semen untuk keperluan khusus. Dan dalam penelitian ini peneliti menggunakan semen portland.

Semen Portland adalah bahan Konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C – 150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama – sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013 -81 atau Standart Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standart tersebut (PB.1989:3.2-8).

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sector konstruksi sipil. Jika ditambah air semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi

mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang telah mengeras akan menjadi beton keras (*Concrete*).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir –butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga – rongga udara diantara butir – butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagaibahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Menurut SK.SNI T-15-1990-03:2 semen Portland dibagi 5 jenis yaitu sebagai berikut :

1. Tipe I, Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis –jenis lainnya.
2. Tipe II, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah peningkatan terjadi.
4. Tipe IV, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi sulfat.

Dalam SII 0013 – 1981 dan Ulasan PB 1989, semen tipe I digunakan untuk bangunan – bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Semen tipe II yang memiliki kadar C3A tidak lebih dari 8% digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus menerus berhubungan dengan air kotor dan air tenah atau untuk pondasi yang tertanam di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam – garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang

berhubungan langsung dengan rawa. Semen tipe III yang memiliki kadar C3A serta C3S yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus, sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen jenis ini dipergunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*). Semen tipe IV mempunyai panas hidrasi yang rendah, kadar C3S-nya dibatasi maksimum sekitar 35% dan kadar C3A-nya maksimum 5%. Semen tipe ini digunakan untuk pekerjaan – pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya. Semen tipe V digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan tanah yang mengandung sulfat dalam presentase yang tinggi. Total alkali yang terkandung dalam semen dalam campuran beton harus dibatasi sekitar 0.5% - 0.6% (Stanton,1940).

2.3.2 Pasir

Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan menggali dari dalam tanah. Pasir jenis ini pada umumnya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam yang membahayakan. Namun karena pasir jenis ini diperoleh dengan cara menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah, sehingga sering harus dicuci dulu sebelum digunakan.

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Namun karena bentuk yang bulat itu, daya rekat antar butir menjadi agak kurang baik. Pasir kasar alami umumnya dapat memenuhi syarat gradasi zona I dari *British Standard* (B.S), tetapi mineral halusny yang berukuran lebih kecil dari 0.3 mm tidak cukup

banyak. Pasir yang masuk zona II dan zona III dapat juga ditemukan dalam pasir alami, tetapi biasanya banyak mengandung *silt* dan tanah liat. Agregat halus (pasir alam) yang berasal dari sumber ini biasanya berbutir halus dan berbentuk bulat – bulat akibat proses gesekan sehingga daya lekat antara butirannya agak kurang. Agregat ini cocok digunakan untuk campuran plasteran karena butirannya halus.

Agregat (pasir) yang berasal dari pantai umumnya memiliki mutu yang agak kurang baik karena banyak mengandung garam – garam. Garam – garam tersebut menyebabkan pasir banyak menyerap air dari udara sehingga kondisi pasir akan selalu basah atau agak basah yang tidak dikehendaki dalam pekerjaan beton. Pasir ini juga menyebabkan terjadinya pengembangan ketika beton sudah jadi. Kerena itu, sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

Serapan air dan kadar air agregat halus (pasir) pada saat terbentuknya agregat kemungkinan ada terjadinya udara yang terjebak dalam lapisan agregat atau terjadi karena dekomposisi mineral pembentuk akibat perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil didalam butiran agregat (pori). Pori dalam agregat mempunyai variasi yang cukup besar dan menyebar di seluruh tubuh butiran. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas didalam agregat. Presentase berat air yang mampu diserap agregat didalam air disebut sebagai serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air.

Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering (JPK) atau *saturatrd surface dry* (SSD), kondisi ini merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi

air dari pastinya. Kadar air dilapangan lebih banyak mendeteksi kondisi SSD dari pada kondisi kering tungku.(Tri Mulyono : 88)

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam pasir. Kadar air dapat dibedakan menjadi empat jenis : kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair; kadar air kering udara, yaitu kondisi permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air; jenuh kering muka (saturated and surface-dry, SSD), yaitu keadaan dimana tidak ada air pada kondisi ini, air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton; kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton. Dari keempat kondisi beton hanya dua kondisi yang sering dipakai yaitu kering tungku dan kondisi SSD. (Tri Mulyono, 2003 : 89)

Berat jenis dan daya serap agregat digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Hubungan antara berat jenis dengan daya serap adalah jika semakin tinggi nilai berat jenis agregatnya maka semakin kecil daya serap air agregat tersebut. Gradasi agregat (pasir) ialah distribusi dari ukuran agregat distribusi ini bervariasi dapat dibedakan menjadi 3 yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak sesuai dengan standar dari BS 812, ASTM C-33, C-136, ASHTO T.12 ataupun

Standar Indonesia. Beberapa ukuran saringan yang digunakan untuk mengerahui gradasi agregat dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Ukuran Saringan Standart Agregat Untuk Campuran Beton

STANDARD ISO	ASTM E11	BRITISH STANDARD, BS-812 (BS.410,1976)	STANDARD JERMA N
128 mm	100 mm	-	
64 mm	90 mm	-	
-	75 mm	75 mm	-
-	63 mm	63 mm	63 mm
-	50 mm	50 mm	-
32 mm	37.5 mm	37.5 mm	31.5 mm
-	25 mm	28 mm	-
16 mm	19 mm	20 mm	16 mm
-	12.5 mm	14 mm	-
8 mm	9.5 mm	10 mm	8 mm
4 mm	4.75 mm	5 mm	4 mm
2 mm	2.36 mm	2.36 mm	2 mm
1 mm	1.18 mm	1.18 mm	1 mm
500 μ m	600 μ m	600 μ m	500 μ m
250 μ m	300 μ m	300 μ m	250 μ m
125 μ m	150 μ m	150 μ m	
62 μ m	75 μ m	75 μ m	

Gradasi sela (gap graduation) yaitu jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal dalam grafiknya. Keistimewaan dari gradasi ini yaitu pada nilai Faktor Air Semen (FAS) tertentu, kemudahan pengerjaan akan lebih tinggi bila kandungan pasir lebih sedikit. Pada kondisi kelecakan yang tinggi, lebih cenderung mengalami segregasi, oleh karena itu gradasi sela disarankan dipakai pada tingkat kemudahan pekerjaan yang rendah, yang pematatannya dengan penggetaran (*vibration*). Gradasi ini tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

Gradasi menerus didefinisikan jika agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusikan dengan baik. Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton. Untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampatannya yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik, campuran beton membutuhkan variasi ukuran butir agregat. Dibandingkan dengan gradasi sela atau seragam, gradasi menerus adalah yang paling baik.

Gradasi seragam adalah agregat yang mempunyai ukuran yang sama didefinisikan sebagai agregat seragam. Agregat ini terdiri dari batas yang sempit dari ukuran fraksi, dalam diagram terlihat garis yang hampir tegak/vertikal. Agregat dengan gradasi ini biasanya dipakai untuk beton ringan yaitu jenis beton tanpa pasir atau untuk mengisi agregat dengan gradasi sela, atau untuk campuran agregat yang kurang baik atau tidak memenuhi syarat.

Seperti yang telah diuraikan di atas, gradasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela, gradasi menerus dan gradasi seragam. Untuk mendapatkan campuran beton yang baik kadang-kadang kita perlu mencampur beberapa jenis agregat. Untuk itu pengetahuan mengenai gradasi ini pun menjadi penting. Dalam pekerjaan beton yang banyak dipakai adalah agregat normal dengan gradasi yang harus memenuhi syarat standart, namun untuk keperluan yang khusus sering dipakai agregat ringan ataupun agregat berat (Ir. Tri mulyono : 91)

bel 2.3. Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10	100	100	100	100
4.80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.40	60 - 95	95 - 75	85 - 100	95 - 100
1.20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100

0.30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Keterangan : Daerah I = Pasir Kasar
 Daerah II = Pasir agak kasar
 Daerah III = Pasir agak halus
 Daerah IV = Pasir halus

2.3.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai Faktor Air Semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Untuk air yang tidak memenuhi syarat mutu, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standard/ suling (PB 1989:9).

Sumber Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laur maupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang ditetapkan air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya

mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam – garam dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra-tegang maupun beton bertulang karena resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan. Sumber – sumber air yang ada adalah air yang terdapat di udara, air hujan, air tanah, air permukaan, air laut. (Tri Mulyono 2003 : 51)

Persyaratan air yang digunakan adalah air harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra –tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318-89:2 – 2). Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentrasi ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton yang telah mengeras pada umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk air, agregat, bahan bersemen dan bahan campuran tambahan tidak boleh melampaui nilai bahas diberikan. (Tri Mulyono, 2003 : 53).

2.3.4 Serat

Serat merupakan bahan tambah yang berupa asbestos, gelas/kaca, plastic, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk, sabut kelapa). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan ketahanan beton terhadap beban kejut (impoact load) sehingga dapat meningkatkan keawetan beton, misalnya pada perkerasan jalan

raya atau lapangan udara, spillway serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

Serat baja (steel fiber) mempunyai banyak kelebihan, diantaranya : mempunyai kuat tarik dan modulus elastisitas yang cukup tinggi, tidak mengalami perubahan bentuk akibat pengaruh sifat alkali semen. Penambahan serat baja pada beton akan menaikkan kuat tarik, kuat lentur dan kuat impak beton. Kelemahan serat baja adalah : apabila serat baja tidak terlindung dalam beton akan mudah terjadi karat (korosi), adanya kecenderungan serat baja tidak menyebar secara merata dalam adukan dan serat baja hasil produksi pabrik harganya cukup mahal.

Serat karbon mempunyai beberapa kelebihan yaitu : stabil pada suhu yang tinggi, relatif kaku dan lebih tahan lama. Tetapi penyebaran serat karbon dalam adukan beton lebih sulit dibandingkan dengan serat jenis lain.

Serat Styrofoam (Polystyrene)



Styrofoam yang memiliki nama lain polystyrene, begitu banyak digunakan oleh manusia dalam kehidupannya sehari-hari. Begitu Styrofoam diciptakan pun langsung marak digunakan di Indonesia. Banyak keunggulan pada styrofoam yang akan sangat menguntungkan bagi para penjual makanan seperti tidak mudah bocor, praktis dan ringan sudah pasti lebih disukai sebagai pembungkus makanan

mereka. Bahkan kita tidak dapat dalam satu hari saja tidak menggunakan bahan polimer sintetik.

Polistirena merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada sekitar tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis sebagai C_8H_8 .

Sifat Styrofoam (Polistirena)

Ketahanan kerja pada suhu rendah (dingin) : Jelek. Kuat Tensile 256 (j/12) : 0,13-0,34. Modulus elastisitas tegangan ASTM D747 (MNm x 10^{-4}) : 27,4-41,4. Kuat kompresif ASTM D696 (MNm) : 74,9-110. Muai termal ASTM 696 (mm C x 10): 6-8. Titik leleh (lunak 0C) : 82-103. Berat jenis ASTMd 792 : 1,04-1,1. Elongasi tegangan ASTM 638 (%) : 1,0-2,5. Kuat fexural ASTM D790 (mnM): 83,9-118. Tetapan elektrik ASTM 150 (10 Hz) : 2,4-3,1. Kalor jenis (kph) (Kg): 1,3-1,45.

Ada bermacam-macam serat alami antara lain : abaca, sisal, ramie, ijuk, serat serabut kelapa dan lain-lain. Dari bermacam-macam serat alami hanya akan kami uraikan mengenai serat ijuk.

Serat ijuk yaitu serabut berwarna hitam dan liat, Ijuk merupakan bahan alami yang dihasilkan oleh pangkal pelepah enau (arenga pinnata) yaitu sejenis tumbuhan bangsa palma. Pohon aren menghasilkan ijuk pada 4-5 tahun terakhir. Serat ijuk yang memuaskan diperoleh dari pohon yang sudah tua, tetapi sebelum tandan (bakal) buah muncul (sekitar umur 4 tahun), karena saat tandan (bakal) buah muncul ijuk menjadi kecil-kecil dan jelek. Ijuk yang dihasilkan pohon aren

mempunyai sifat fisik diantaranya : berupa helaian benang berwarna hitam, berdiameter kurang dari 0,5 mm, bersifat kaku dan ulet sehingga tidak mudah putus. Serabut ijuk biasa dipintal menjadi tali (tali ijuk), sapu atau dijadikan atap, selain itu dalam konstruksi bangunan ijuk digunakan sebagai lapisan penyaring pada sumur resapan. Ijuk mempunyai sifat awet dan tidak mudah busuk baik dalam keadaan terbuka (tahan terhadap cuaca) maupun tertanam dalam tanah. Ijuk bersifat lentur dan tidak mudah rapuh, sangat tahan terhadap genangan asam termasuk genangan air laut yang mengandung garam (<http://www.ijukaren.com>, 3/5/2016, 19:36). Dengan karakteristik ijuk seperti ini maka diharapkan dapat memperbaiki sifat kurang baik beton, baik secara kimia maupun fisika. Salah satunya yaitu sebagai bahan campuran pembuatan enteng beton.



Serat Sabut kelapa merupakan hasil samping dan merupakan bagian yang terbesar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35% dari bobot buah kelapa. Dengan demikian, apabila secara rata – rata produksi buah kelapa per tahun adalah sebesar 5,6 juta ton. Maka terdapat sekitar 1,7 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan. Potensi produksi sabut kelapa yang sedemikian besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya.

Serat sabut kelapa atau dalam perdagangan dikenal sebagai coco fiber, coir fiber coir yarn, coir mats dan rugs merupakan produk hasil pengolahan sabut kelapa. Secara tradisional serat sabut kelapa hanya dimanfaatkan untuk bahan pembuatan sapu, keset, tali, dan alat – alat rumah tangga lain.

Alasan peneliti menggunakan serat sabut kelapa dan Styrofoam adalah agar kita mampu mengurangi sedikit limbah yang terdapat disekitar kita, selain memanfaatkan limbah tersebut peneliti mampu menciptakan inovasi baru yang ramah lingkungan serta ringan. Seperti yang kita ketahui berat genteng pada umumnya adalah 4,4 kg. dan diharapkan setelah penelitian ini dilakukan atau dilaksanakan peneliti mampu menciptakan genteng yang ringan karna penambahan serat sabut kelapa dan Styrofoam karena kedua bahan ini adalah bahan yang ringan serta ekonomis karna memanfaatkan limbah yang berserakan dilingkungan kita.

2.4 Jenis Genteng Dan Karakteristiknya

2.4.1 Genteng Tanah Liat / Genteng Kodok.



Genteng kategori ini terbuat dari tanah liat yang ditekan / di-press, kemudian dipanaskan menggunakan bara api dengan derajat kepanasan tertentu. Daya tahan genteng jenis ini sangat kuat. Untuk pemasangan diperlukan teknik pemasangan kunci / kaitan genteng pada rangka penopang. Selain tampilan alami

berwarna oranye kecoklatan hingga merah terakota, Anda juga bisa mewarnai genteng tanah liat. Kini, telah tersedia berbagai macam pilihan warna-warni yang menarik.

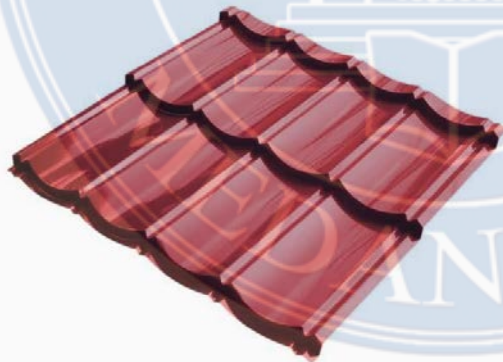
Kelebihan dari genteng tanah liat adalah :

Harganya relatif murah, Mempunyai beban yang ringan sehingga meminimalisir beban atap. Memiliki kuat tekan sehingga dapat diinjak.

Kelemahan dari genteng ini adalah :

Diperlukan ketelitian pada saat pemasangan reng sehingga tidak terjadi kebocoran di dalam rumah. Mudah berlumut atau berjamur jika tidak dilapisi cat. Menggunakan pola pemasangan zig zag dengan sistem sambungan inlock.

2.4.2 Genteng Metal atau Genteng Berbahan Logam.



Genteng jenis ini memiliki ukuran yang lebih besar dari genteng tanah liat, yaitu sekitar 60-120 cm, dengan ketebalan 0,3 mm. Pemasangan genteng ini tidak jauh beda dengan genteng dari tanah liat. Karena memiliki ukuran yang lebih lebar maka dapat mempercepat waktu pemasangan pada sebuah rumah. Genteng jenis ini biasanya memerlukan sekrup untuk pemasangannya agar tidak mudah terbawa

angin karena bobotnya lumayan ringan. Pilihan warna genteng metal yang tersedia sangat variatif dan menarik. Kombinasi warna atap dan dinding fasade bangunan dapat menciptakan harmoni warna yang menarik.

Keunggulannya dari genteng metal ini adalah :

Mudah dan cepat dalam pemasangannya. Hemat material karena bentangnya yang lebih lebar. Dilapisi bahan anti karat. Menggunakan bahan anti pecah jadi lebih aman dari kebocoran. Teknologi baru yang membuat genteng tidak menimbulkan panas dan tidak mudah terbakar. Dilapisi bahan anti lumut sehingga tidak perlu khawatir untuk mengecat ulang yang tentunya memerlukan biaya tambahan.

Kelemahannya yang perlu diperhatikan adalah :

Ketika pemasangannya, karena jika tidak rapi maka akan sangat tidak indah dilihat.

2.4.4 Genteng Aspal.



Material genteng yang satu ini bersifat solid namun tetap ringan, terbuat dari campuran lembaran bitumen (turunan aspal) dan bahan kimia lain. Ada dua model yang tersedia di pasaran, yaitu Model datar bertumpu pada multipleks yang

menempel pada rangka. Model bergelombang yang pemasangannya cukup disekrup pada balok gording.

Kelebihannya adalah :

Ringan 1/6 dari berat genteng beton atau keramik. Bisa digunakan untuk kemiringan genteng 22,5° sampai 90°. Mudah dan praktis dalam pemasangannya. Tahan terhadap api dan mampu menahan tekanan angin. Memiliki pilihan warna dan dilindungi lapisan anti jamur dan anti pudar.

Kelemahannya adalah :

Pada harganya yang relatif mahal.

2.4.4 Genteng Kaca.



Genteng ini dipakai agar sinar matahari dapat masuk ke dalam ruangan secara langsung sehingga menghemat konsumsi listrik untuk penerangan. Material genteng ini terbuat dari kaca. Genteng ini mempunyai bentuk yg terbatas sehingga kompatibel / sesuai dengan beberapa jenis genteng tertentu saja.

Keunggulannya adalah :

Bahannya yang bersifat transparan. Bisa memberikan pencahayaan alami di dalam rumah. Kaca memiliki kesan modern sehingga cocok dipadukan di rumah yang bergaya modern dan minimalis.

Kekurangannya adalah :

Bahannya yang mudah pecah. Penggunaan yang berlebihan akan berakibat meningkatnya suhu ruangan dibawahnya.

2.4.7 Genteng Keramik.



Genteng ini memiliki warna yang cukup banyak karena pada saat proses finishingnya dilapisi pewarna pada bagian atasnya (glazur). Bahan utama genteng ini adalah keramik.

Kelebihan dari genteng ini adalah :

Lebih tahan lama dan kuat menahan beban manusia. Warna akan tahan lama karena diproses dengan pembakaran dengan suhu 1100°C . Sistem interlock yang memungkinkan adanya celah untuk mengaitkan.

Kelemahannya adalah :

Diperlukan ketelitian pada saat pemasangan reng sehingga tidak terjadi kebocoran di dalam rumah. Selain itu diperlukan kemiringan atap minimum 30° agar air hujan dapat mengalir sempurna dan genteng tidak dapat terlepas ketika diterpa angin (jika dipasang pada sudut kemiringan $45 - 60^\circ$). Perlu bantuan baut ketika memasangnya agar genteng tidak terlepas dan lebih kuat.

2.4.6 Genteng Beton.



Genteng jenis ini terbuat dari beton, yaitu campuran pasir, semen, kerikil, dan bahan aditif. Bentuknya yang bergelombang dan ada juga yang datar. Bentuk datar muncul seiring dengan gaya arsitektur rumah yang modern dan minimalis sehingga perlu adanya penyesuaian bentuk atap yang lebih sederhana.

Ukuran : lebar 33cm

Panjang 42 cm

Keunggulannya adalah :

Kuat dan tahan lama dan daya tahan terhadap tekanan tinggi sehingga tidak mudah goyah oleh angin.

Kekurangannya adalah :

Memiliki tekstur yang kasar dan mudah timbul lumut pada permukaannya.

2.4.7 Genteng Sirap.



Genteng sirap berasal dari kayu ulin yang dikenal juga dengan nama kayu besi atau kayu bulian. Kayu ulin berasal dari daerah Kalimantan dan memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap perubahan suhu, kelembaban, dan pengaruh air laut, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, seperti konstruksi rumah, jembatan, tiang listrik, bantalan kereta api, dan perkapalan.

Bentuk atap sirap biasanya berupa lembaran tipis memanjang yang dihasilkan dari belahan kayu ulin. Atap sirap dari kayu ulin ini berwarna coklat kehitaman. Ukuran 1 lembar atap sirap biasanya $(p \times l \times t) = 58 \times 6 \times 0,3$ dan $58 \times 6 \times 0,5$ (masing-masing dalam satuan cm). Lembaran tipis tersebut dikemas dalam ikatan.

Saat ini Pemerintah memperketat perdagangan dan pemanfaatan kayu ulin, sehingga peredaran atap sirap dari kayu ulin sangat berfluktuatif, bahkan terkadang sulit menemukan atap sirap di pasaran. Oleh karena itu kini mulai diproduksi atap sirap dari bahan kayu merbau sebagai alternatif pengganti atap sirap dari kayu ulin. Merbau merupakan salah satu jenis kayu keras dan biasanya dimanfaatkan dalam konstruksi bangunan, jembatan, parket (flooring), pintu dan jendela, dan lain-lain. Berbeda dengan atap sirap ulin, atap sirap merbau ini berwarna coklat kekuningan.

Kelebihan dari atap sirap :

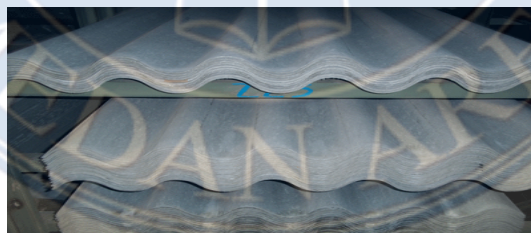
Bahannya cukup ringan. Bersifat isolisasi terhadap panas.

Kekurangan menggunakan atap sirap :

Pemasangannya cukup sulit sehingga biaya yang akan digunakan akan bertambah.

Bila lembaran sirap belum cukup kering sudah di pasang akan membulut dan berubah bentuk menjadi cekung.

2.4.8 Genteng Asbes (Fiber Semen).



Asbestos / asbes, merupakan gabungan enam mineral silikat alam. Penutup atap dari bahan asbes sangat akrab dengan masyarakat, selain harganya murah dan pemasangannya mudah, karena atap asbes memiliki bobot yang ringan sehingga tidak membutuhkan konstruksi gording yang khusus.

Kelebihan genteng asbes adalah :

Lebih murah dibandingkan genteng. Pemasangan relatif lebih mudah. Tidak membutuhkan banyak kayu reng tidak mudah bocor dan ruangan menjadi sejuk karena sifat asbes yang tidak menyerap panas.

Kekurangan genteng asbes adalah :

Penggunaan asbes sebagai atap rumah menurut para ahli kesehatan sebetulnya kurang baik karena dapat menyebabkan penyakit. Hal ini terjadi karena serat asbes dalam bentuk partikel mudah lepas dan beterbangan, sehingga bila terhirup penghuninya akan dapat menyebabkan penyakit kanker paru-paru.

2.5 Kualitas Genteng Beton

2.5.1 Syarat Mutu menurut SNI 0096 : 2007

a. **Beban lentur**

Genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimal.

b. **Penyerapan air**

Penyerapan air maksimal 10 %.

c. **Sifat tampak**

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian.

d. **Ukuran**

Ukuran genteng beton standart adalah Lebar 31cm dan tinggi 32,5 cm



Ukuran bagian genteng beton dapat dilihat pada Tabel 2.
Tabel 2.4 Ukuran Bagian Genteng Beton

Bagian yang diuji	Satuan	Persyaratan
tebal		
bagian yang rata	Mm	min. 8
penumpang	Mm	min. 6
Kaitan		
panjang	Mm	min. 30
lebar	Mm	min. 12
tinggi	Mm	min. 9
penumpang		
lebar	Mm	min. 25
jalaman Alur	Mm	min. 3
kedalaman Alur	Mm	min. 1

(Sumber : SNI 0096 : 2007)

e. Beban lentur

Genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimal seperti Tabel 3.
Tabel 2.5. Karakteristik Beban Lentur Genteng Minimal

Tinggi Profil (mm)	Genteng Interlok			Genteng Non Interlok
		Profil	Rata	
	$t > 20$	$20 \geq t \geq 5$	$t < 5$	

tebal Penutup (mm)	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	≥ 300	≤ 200	-
tebal Lentur (N)	2000	1400	1400	1000	1200	800	550

(Sumber : Syarat Mutu SNI 0096 : 2007)

Ketahanan terhadap rembesan air (impermeabilitas), Tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam ± 5 menit.

2.5.2 Syarat Mutu

Pandangan Luar, Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak atau cacat lainnya yang mempengaruhi sifat pemakaian dan bentuknya harus seragam bagi tiap jenis. Tepi-tepinya tidak boleh mudah direpihkan dengan tangan. Setiap genteng harus diberi tanda atau merk pabrik.

Daya Serap Air, Daya serap air rata-rata dari 10 contoh uji tidak boleh lebih dari 10 persen berat.

Ketahanan terhadap rembesan air, Apabila contoh genteng diuji dengan cara standar maka pada setiap genteng tidak boleh terjadi tetesan air dari bagian bawahnya. Dalam hal genteng terjadi basah tetapi tidak terdapat tetesan air, maka dinyatakan tahan terhadap perembesan air.

2.6 Hasil Penelitian Sebelumnya

(Rosadhan: 2000 dalam Warih Pambudi: 2005) melakukan penelitian mengenai genteng beton dengan bahan tambahan serat serabut kelapa yang berasal dari daerah Wonokerto Kasihan Bantul Yogyakarta, menggunakan pasir dari sungai Bebeng Muntilan, semen portland yang dipakai merk Nusantara, sedangkan kapur

yang digunakan merk Mustika Jaya dari Gunung Kidul. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat serabut kelapa pada bahan susun genteng beton, dengan variasi berat serabut kelapa 100; 200; 300; 400 dan 500 gram panjang @1-2 cm, kadar air 4,153 % dengan berat jenis 0,456 dan berat satuan serat serabut kelapa 0,2632 gram/cm³; pada perbandingan bahan susun semen portland : kapur : pasir = 1 : 2 : 3, dengan fas 0,42, nilai rata-rata sebaran mortarnya 20,8 cm; menghasilkan kuat lentur masing-masing sebesar 144,243; 158,705; 165,777; 138,868 dan 121,474 kg/cm². Berat benda uji genteng beton akibat penambahan serat serabut kelapa dengan variasi berat serabut kelapa 100; 200; 300; 400 dan 500 gram adalah 4501; 4440; 4377; 4285 dan 4141 gram dan daya serap airnya masing-masing 5,47%; 5,98%; 6,32%; 6,85% dan 7,76%. Dari hasil pengujian daya rembes genteng beton tiap kelompok perlakuan menunjukkan bahwa pada semua penambahan serat serabut kelapa dengan variasi persentase kelapa 100; 200; 300; 400 dan 500 gram, genteng beton tidak rembes kecuali pada penambahan 500 gram; selain itu pada pandangan luar genteng beton menunjukkan permukaan genteng beton tidak mengalami retak, dan tidak mudah repih serta halus kecuali pada variasi penambahan 400 dan 500 gram permukaannya agak kasar.

(Dwiyono: 2000 dalam Warih Pambudi: 2005) melakukan penelitian mengenai mutu genteng beton dengan bahan tambahan serat serabut kelapa. yang berasal dari daerah Tambakan Jogonalan Klaten, menggunakan pasir dari sungai Boyong Sleman, semen portland pozolan yang dipakai bermerk Nusantara, sedangkan kapur yang digunakan bermerk Mustika Jaya dari Gunung Kidul. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat serabut kelapa pada bahan susun genteng

beton, dengan variasi persentase tambahan berat serabut kelapa 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% dari volume pasir, panjang serat @1-2 cm, kadar air 4,235 % dengan berat jenis 0,453 dan berat satuan serat serabut kelapa 0,2641 gram/cm³, fas 0,43, nilai rata-rata sebaran mortarnya 19,8 cm; pada perbandingan bahan susun semen portland : kapur : pasir = 1 : 3 : 3 menghasilkan kuat lentur masing-masing sebesar 137,8573 ; 124,8034 ; 124,7776 ; 114,8407 ; 135,2855 dan 144,7225 kg/cm². Berat benda uji genteng beton akibat penambahan serat serabut kelapa dengan variasi berat serabut kelapa 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% dari volume pasir adalah 4828,0; 4723,7; 4692,6; 4605,2; 4676,2 dan 4680,6 gram. Daya serap airnya masing-masing adalah 5,487%; 4,599%; 5,569%; 8,183%; 6,504% dan 6,648%.

Dari hasil pengujian daya rembes genteng beton tiap kelompok perlakuan menunjukkan bahwa pada semua penambahan serat serabut kelapa dengan variasi persentase 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% dari volume pasir genteng tidak rembes, selain itu pada pandangan luar genteng beton menunjukkan permukaan genteng beton tidak mengalami retak, halus dan tidak mudah repih (sudut-sudut genteng beton tidak mudah patah).

(Wiyadi: 1999 dalam Warih Pambudi: 2005) melakukan penelitian mengenai genteng beton dengan tambahan serat serat ijuk yang diambil dari daerah Sayung Demak, menggunakan pasir Muntilan, semen portland yang dipakai merk Nusantara. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk dengan variasi berat serat ijuk 0%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5% dengan panjang @1,5-2 cm, kadar air 3,922% dengan berat jenis 0,834 dan berat satuan serat ijuk 0,243 gram/cm³, pada perbandingan bahan susun semen portland : pasir 1 : 2,5; menggunakan fas 0,35,

nilai rata-rata sebaran mortarnya 21,2 cm; menghasilkan kuat lentur genteng masing-masing 124.850; 124,944; 126,670; 129,724, 131,442 dan 127,556 kg/cm². Berat benda uji genteng beton akibat penambahan serat ijuk dengan variasi berat ijuk 0%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5% adalah 4936; 4727; 4696; 4625; 4563 dan 4554 gram dan daya serap airnya masing-masing 4,74%; 4,97%; 5,12%; 5,35%; 5,52%; dan 5,78%. Dari hasil pengujian daya rembes genteng beton tiap kelompok perlakuan menunjukkan bahwa pada semua penambahan serat ijuk dengan variasi persentase 0%; 1%; 2%; 3%; 4% dan 5% genteng beton tidak rembes, selain itu pada pandangan luar genteng beton menunjukkan permukaan genteng beton tidak mengalami retak dan tidak mudah repih, serta halus kecuali pada variasi penambahan 5% permukaannya agak kasar.

Warih Pambudi (2005) melakukan penelitian mengenai genteng beton dengan tambahan serat serat ijuk yang diambil dari desa Subah, kecamatan Subah, kabupaten Batang, menggunakan pasir yang berasal dari sungai Bebeng, Muntilan, Jawa Tengah. Semen portland yang dipakai semen Portland merk Nusantara. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk dengan variasi berat serat ijuk 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% dengan panjang @1,5-2 cm, kadar air 5,250% dengan berat jenis 0,823 dan berat satuan serat ijuk 0,210 gram/cm³, pada perbandingan bahan susun 1 semen portland : 0,997 kapur : 2,990 pasir menggunakan fas 0,56, nilai rata-rata sebaran mortarnya 17,625 cm; menghasilkan kuat lentur genteng masing-masing 62,25; 63,75; 67,85; 70,43, 73,97 dan 75,32 kg. Dari penelitian-penelitian tentang genteng beton serat yang telah diuraikan di atas, maka dapat kita lihat hasilnya dalam Tabel 4.

No	Peneliti (Tahun)	Fas	Nilai sebaran (Cm)	Penambahan serat	Kuat lentur (gram/ cm ²)	Serapan air (%)	Berat (Gram)
1	Rosadhan (2000)	0,42	20,8	0 gram	144.243	5.47	4501
				0 gram	158.705	5.98	4440
				0 gram	165.777	6.32	4377
				0 gram	138.868	6.85	4285
				0 gram	121.474	7.76	4141
				0%	137.8573	5.487	4828
2	Dwiyono (2000)	0,43	19,8	0,5%	124.8034	4.599	4723.7
				1%	124.7776	5.569	4692.6
				1,5%	114.8407	8.183	4605.2
				2%	135.2855	6.504	4676.2
				2,5%	144.7225	6.648	4680.6
				0%	124,850	4,74	4936
3	Wiyadi (1999)	0,35	21,2	1%	124,944	4,97	4727
				2%	126, 670	5,12	4696
				3%	129,724	5,35	4625
				4%	131,442	5,52	4563
				5%	127,556	5,78	4554
				0%	62.25	2106	-
4	arih (2005)	0,56	17,625	0,5%	63.75	2094	-
				1%	67.85	2017	-
				1,5%	70.43	1930	-
				2%	73.97	1929	-
				2,5%	75.32	1902	-

Tabel 2.6 Tabel Genteng Beton Menurut Beberapa Peneliti

Tabel 2.7. Kebutuhan Bahan Susun Genteng Beton Serat Menurut Beberapa Peneliti

Peneliti (tahun)	Kebutuhan Bahan Susun Per 10 Genteng Beton (gram/cm)					Volume genteng beton (cm ³)
	Air	Semen	Kapur	Pasir	Serat	
Rosadhan (2000)	752,000	1791,5	2,070,000	3,530,700	300,001	2500
Dwiyono (2000)	549,700	1,278,428	3,105,000	3,085,714	101,900	2500
Wiyadi (1999)	219,954	628,440	-	2,284,554	37,704	1425

Sumber : Analisa Data 2016