

PENGUNAAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara Granosa*) SEBAGAI BAHAN CAMPURAN AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON K-175

Ligal Subastian¹⁾, Rita Anggareni²⁾, Islam Dani³⁾

^{1,2)}Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palembang

³⁾Alumni Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palembang

e-mail : ligal.oke@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan beton yang ramah lingkungan (*green concrete*) untuk meminimalisasi kerusakan lingkungan akibat rusaknya perbukitan batu sangatlah diperlukan. Kulit kerang darah (*Anadara granosa*) mengandung senyawa kimia yang bersifat *pozzolan* yaitu 66,70% kapur CaO, 22,28% MgO, 7,88% SiO₂, 1,25% Al₂O₃, dan 0,03% Fe₂O₃ yang dapat digunakan sebagai salah satu material pengganti (agregat kasar) dalam campuran beton. Ketersediaan kerang darah yang berlimpah di Sumatera Selatan dan banyak dikonsumsi masyarakat mengakibatkan limbah yang dapat menimbulkan masalah baru apabila tidak dimanfaatkan. Tujuan penelitian untuk mengetahui perbedaan kekuatan beton antara campuran kerang dara (*Anadara Granosa*) sebanyak 5% dan 13 % terhadap agregat kasar, serta menganalisa cangkang kerang darah sebagai alternatif pengganti agregat kasar. Dari hasil pengujian kuat tekan beton antara substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) terhadap Agregat Kasar 5 % Mengalami Kenaikan 71,8 Kg/cm² sebesar 270,4 Kg/cm² terhadap beton normal, sedangkan substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) terhadap Agregat Kasar 13 % mengalami kenaikan 142,8 Kg/cm² sebesar 342,2 Kg/cm² terhadap beton normal.

Kata Kunci : beton, cangkang kerrang darah, kuat tekan, campuran 5% dan 13%,

I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang di dunia sebagai negara berkembang dalam bidang konstruksi, pertumbuhan pembangunan infrastruktur yang terjadi sangat pesat. Pemerintah Indonesia terus berupaya untuk mempercepat program pembangunan infrastruktur disegala bidang, mulai dari pembangunan perumahan, jalan raya, perkantoran, jembatan, saluran air dan lain sebagainya.

Material beton merupakan material utama pada pembangunan infrastruktur bangunan. Beton didapat dari pencampuran semen, agregat halus, agregat kasar, pasir, dan air, namun ada beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan adiktif untuk menunjang kualitasnya. Penambahan bahan adiktif pada beton agar dapat mencapai kuat tekan yang diinginkan dan mutu kualitas yang terbaik.

Material utama untuk campuran beton saat ini masih menggunakan material dari alam, agregat kasar yaitu batu alam merupakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui yang suatu saat dapat habis, oleh karena itu diperlukan alternatif lain atau inovasi dalam teknologi pembuatan beton dengan menggunakan limbah atau sampah dalam upaya pencegahan pencemaran lingkungan. Berbagai penelitian telah dilakukan oleh peneliti terdahulu untuk meningkatkan kualitas beton ataupun mengganti material yang ada untuk memperoleh beton yang

kuat dengan harga yang lebih ekonomis. Selain itu kebutuhan akan beton yang ramah lingkungan (*green concrete*) untuk meminimalisasi kerusakan lingkungan akibat rusaknya perbukitan batu sangatlah diperlukan. Kulit kerang darah (*Anadara granosa*) mengandung senyawa kimia yang bersifat *pozzolan* yaitu 66,70% kapur CaO, 22,28% MgO, 7,88% SiO₂, 1,25% Al₂O₃, dan 0,03% Fe₂O₃ yang dapat digunakan sebagai salah satu material pengganti (agregat kasar) dalam campuran beton. Ketersediaan kerang darah yang berlimpah di Sumatera Selatan dan banyak dikonsumsi masyarakat mengakibatkan limbah yang dapat menimbulkan masalah baru apabila tidak dimanfaatkan.

Salah satu program internasional yang sedang di kembangkan saat ini adalah *Sustainable Development Goals (SDGs)* dengan 17 poin utama didalamnya. Pada penelitian ini mendukung 3 poin *SDGs* yaitu membangun infrastruktur yang tangguh, meningkatkan industri inklusif dan berkelanjutan, serta mendorong inovasi menjadikan kota dan pemukiman inklusif, aman, tangguh dan menjamin pola konsumsi yang berkelanjutan. untuk merealisasikan program tersebut, maka didalam penelitian ini digunakan cangkang kerang darah sebagai substitusi agregat kasar beserta penambahan admixture sehingga berharap cangkang kerang darah mempunyai nilai ekonomis dan juga dapat mendukung program SDGs.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan maka, yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui Uji Kuat Tekan beton pada campuran kerang darah (Anadara Granosa) sebanyak 5% dan 13 % terhadap agregat kasar.
2. Apakah Cangkang kerang dapat digunakan sebagai alternatif Agregat kasar pada beton K-175.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui perbedaan kekuatan beton antara campuran kerang darah (Anadara Granosa) sebanyak 5% dan 13 % terhadap agregat kasar.
2. Untuk menganalisa cangkang kerang darah sebagai alternatif pengganti agregat kasar.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian harus dibatasi, supaya tidak meluas serta lebih mempermudah penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Cangkang kerang didapat dari Pasar induk Jakabaring yang ada di jalan Pangerang Ratu, 15 Ulu, Kecamatan Sebrang Ulu 1, Kota Palembang Sumatra Selatan.
2. Tidak menguji karakteristik cangkang kerang darah.
3. Metode perancangan beton (mix design) menggunakan SNI 03-2834-2000.
4. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm.
5. Kuat tekan beton normal K-175

1.5. Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai sumbangan informasi dan pengetahuan bagi semua pihak terutama yang berhubungan dengan penelitian beton yang menggunakan cangkang kerang darah dan menemukan solusi agar mendapatkan penggunaan beton yang lebih ramah lingkungan dan dapat meminimalisasi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan kandungan batu yang besar untuk

digunakan sebagai bahan campuran beton serta memenuhi kuat tekan rencana.

2. Sebagai bahan rekomendasi tentang layak atau tidaknya cangkang kerang darah digunakan sebagai bahan campuran beton pengganti agregat kasar.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton merupakan suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicor, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama, (Ferguson, 1991, dalam Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012).

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. (SNI 2847-2013).

Mulyono (2004), mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Semen mempengaruhi kecepatan pengerasan beton. Selanjutnya kadar lumpur, atas pengerjaan yang mencakup cara penuangan, pemadatan, dan perawatan, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton.

2.2. Definisi Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang berupa bubuk, serat atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan. Seperti yang tertulis dalam American Society for Testing and Material (ASTM) C125, bahan tambahan ditambahkan dalam campuran beton, sebelum pencampuran pada batching plant atau sesudah pencampuran.

Definisi bahan tambahan ini mempunyai arti luas, yaitu meliputi polimer, fiber, mineral yang mana dengan adanya bahan tambahan ini

komposisi beton mempunyai sifat yang berbeda dengan beton normal.

Fungsi dari Pemakaian bahan tambah :

- a) Penampilan (*Performance*)
- b) Mutu (*Quality*)
- c) Keawetan (*Durability*)
- d) Kemudahan pekerjaan (*Workability*)

2.2.1. Jenis-jenis bahan tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

Admixture ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*), sehingga lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Sedangkan additive bersifat mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan, lebih bersifat penyemenan lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatannya.

1. Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)

Menurut ASTM C.494 (1995:254) dan Pedoman Beton 1989 SKBI.1.4.53.1989, (ulasan pedoman beton 1989: 29), jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah. Pada dasarnya suatu bahan tambah harus mampu memperlihatkan komposisi dan unjuk kerja yang sama sepanjang waktu pengerjaan selama bahan tersebut digunakan dalam campuran beton sesuai dengan pemilihan proporsi betonnya (PB,1989 :12).

Jenis dan definisi bahan kimia ini sebagai berikut;

a) Tipe A “*Water-Reducing Admixtures*”

Water – Reducing Admixture adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

b) Tipe B “*Retarding Admixture*”

Retarding Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton, misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau untuk memperpanjang waktu untuk pemadatan, untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar saat pelaksanaan pengecoran.

Tipe C “*Accelerating Admixture*”

Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (*hidrasi*) dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton. *Accelerating Admixture* yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Dosis maksimum adalah 2% dari berat semen yang digunakan. Secara umum, kelompok bahan tambah ini dibagi tiga kelompok yaitu: Larutan garam *organic*, Larutan campuran *organic* dan Material *miscellaneous*.

Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*”

Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures*”

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixtures*”

Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

Tipe G “*Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*”

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton.

2. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Pada saat ini, bahan tambah mineral lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kuat tekan beton. Beberapa bahan tambah mineral adalah *pozzollan*, *fly Ash*, *slag* dan *silica fume*. Beberapa

keuntungan penggunaan bahan tambah mineral (Cain, 1994):

1. Memperbaiki kinerja *workability*
2. Mengurangi panas hidrasi
3. Mengurangi biaya pekerjaan beton
4. Mengurangi daya tahan terhadap serangan sulfat
5. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika
6. Mempertinggi usia beton
7. Mempertinggi kuat tekan beton
8. Mempertinggi keawetan beton
9. Mengurangi penyusutan
10. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

a) Abu Terbang Batu Bara (*Fly Ash*)

Menurut ASTM C.168, abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara

b) Slag

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag Menurut ASTM C.989 “*standard specification for ground granulated Blast Furnance slag for use in concrete and mortar*” adalah produk nonmetal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya ke dalam air.

c) Silika Fume

Menurut ASTM C.1240-95 “*specification for silica Fume for Use in Hydraulic Cement concrete and Mortar*”, *silica fume* adalah material *pozzolan* yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi *silicon* atau *alloy* besi *silicon* (dikenal dengan gabungan antara *microsilika* dengan *silica fume*)

h) Penghalus Gradasi (*Finely devided mineral admixtures*)

Bahan ini merupakan mineral yang dipakai untuk memperhalus perbedaan-perbedaan pada campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dalam agregat, selain itu juga dapat dipergunakan untuk menaikkan mutu beton yang akan dibuat.

1. Bahan tambah lainnya

a) Air Entraining

Bahan tambah ini membentuk gelembung udara berdiameter 1 mm atau lebih kecil, selama pencampuran beton atau *mortar*, dengan maksud mempermudah pengecoran beton pada saat pengecoran dan menambahkan ketahanan awal pada beton. Hampir semua bahan *air entraining admixture* berbentuk cair, tetapi ada juga yang berbentuk serbuk, lapisan-lapisan dan gumpalan. Banyaknya bahan tambah yang digunakan tergantung pada gradasi agregat yang digunakan. Semakin halus ukuran agregat semakin besar prosentase bahan tambah yang digunakan.

b) Beton Tanpa Slump

Beton tanpa slump didefinisikan sebagai beton yang mempunyai slump sebesar 1 inchi (25,4) atau kurang, sesaat setelah pencampuran. Pemilihan bahan tambah tergantung sifat-sifat beton yang diinginkan, seperti sifat plastisnya, waktu pengikatan dan pencapaian kekuatan, efek beku cair, kekuatan dan harga dari beton tersebut.

c) Polimer

Merupakan produk bahan tambah baru, yang dapat menghasilkan kuat tekan beton tinggi sekitar 15.000 Psi (1.000 psi = 6.9 Mpa) atau lebih, dan kekuatan belah tariknya sekitar 15.000 Psi atau lebih. Beton dengan kekuatan tinggi ini biasanya diproduksi dengan menggunakan polimer dengan cara :

1. Memodifikasi Sifat beton dengan mengurangi air di lapangan.
2. Menjenuhkan dan memancarkannya pada temperatur yang sangat tinggi di laboratorium.

d) Bahan Pembantu Untuk Mengeraskan

Permukaan Semen (*Hardener Concrete*)

Permukaan beton yang selalu menanggung beban hidup yang berat serta selalu dalam keadaan berputar dan berpindah-pindah, seperti lantai untuk bengkel-bengkel alat berat (*heavy equipment*) dan lainnya. Pembebanan ini akan mengakibatkan keausan pada permukaan beton. Untuk Menghindari pengausan tersebut digunakan dua jenis bahan untuk mengeraskan permukaan beton :

1. Agregat beton terbuat dari bahan kimia
2. Agregat metalik, terdiri dari butiran-butiran halus.

Untuk memperkeras permukaan beton, dipilih salah satu campuran beton saat pengerjaan beton berlangsung.

e) Bahan Pembantu Kedap Air (*Water Proofing*)

Jika beton terletak dalam air atau dekat permukaan air tanah (misalnya untuk *tunnel*), maka beton tersebut tidak boleh mengalami rembesan dan diusahakan kedap air. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah partikel-partikel halus atau gradasi yang menerus dalam campuran beton. Bahan-bahan semacam itu akan mengurangi permeabilitas pada beton.

f) Bahan Tambah Pemberi Warna

Beton yang diekspos permukaannya biasanya memerlukan keindahan. Bahan yang digunakan untuk pemberi warna pada permukaan beton ini cat (*coating*) yang dilapisi setelah pengerjaan beton. Cara lainnya adalah dengan menambahkan bahan warna, misalnya oker atau pewarna coklat, kedalam permukaan beton, selagi beton masih segar. Bahan-bahan ini biasanya dicampur dalam suatu adukan yang mutunya terjamin baik. Selain itu dapat pula dengan menaburkan pasir silika atau agregat metalik selagi permukaan beton masih dalam keadaan segar.

2.3. Syarat-syarat Campuran Beton

Perencanaan Campuran beton bertujuan untuk menentukan jumlah semen, agregat halus bahan campuran serta air yang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a) Kekuatan Desak, kekuatan desak yang dicapai pada umur 28 hari (umur yang ditentukan) harus memenuhi persyaratan yang diinginkan menurut karakteristik mutu beton yang telah direncanakan yaitu mutu beton K-175 Mpa.
- b) Mudah dikerjakan dan ditempatkan pada cetakan (bekisting) yang ditentukan dari:
 1. Volume adukan
 2. Keenceran adukan
 3. Perbandingan campuran agregat halus dan air
- c) Sifat awet beton setelah mengeras yang berhubungan dengan kekuatan desaknya. Semakin besar kekuatan desak maka semakin awet mortar tersebut.
- d) Penyelesaian akhir permukaan beton

- e) Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

Perencanaan campuran beton harus memperhitungkan juga syarat-syarat pada saat setelah beton mengeras antara lain: rapat air, tahan terhadap gangguan yang merusak, tidak terjadi penyusutan / pemuaian karena pengaruh temperatur (suhu) dan berbentuk seragam. Untuk menghasilkan beton bermutu tinggi maka dibutuhkan prosedur yang benar dan cermat pada keseluruhan proses produksi beton yang meliputi:

1. Uji material (*material testing*).
2. Sensor dan pengelompokan material (*material sensor and grouping*).
3. Penakaran dan pencampuran (*batching*).
4. Pengadukan (*mixing*)
5. Pengangkutan (*transporting*)
6. Pengecoran (*placing*)
7. Perawatan (*curing*)

Disamping itu pengawasan dan pengendalian yang ketat pada keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan, yang didukung oleh koordinasi operasional optimal.

2.4. Sifat-sifat Beton

Sifat-sifat beton yang penting sesudah mengeras adalah kuat tekan, permeabilitas dan penyusutan. Disamping itu sifat-sifat beton pada suhu tinggi dipengaruhi dalam batas tertentu oleh jenis agregat karbonat, silikat, dan agregat berbobot ringan. Agregat karbonat meliputi batu kapur dan domolit serta dimasukan ke dalam satu golongan karena kedua zat ini mengalami perubahan susunan kimia pada suhu antara 1300°F sampai dengan 1800°F. Menurut (Mulyono.T, 2004) beton memiliki beberapa keunggulan antara lain sebagai berikut ini:

1. Kelebihan
 - a) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
 - b) Mampu memikul beban yang berat
 - c) Tahan terhadap temperatur tinggi
 - d) Biaya pemeliharaan yang kecil

Walaupun beton mempunyai beberapa keunggulan, beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut (Tjokrodinuljo, 2007) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini :
2. Kekurangan
 - a) Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
 - b) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
 - c) Mempunyai Berat Sendiri yang besar
 - d) Daya pantul suara yang besar

2.4.1. Jenis-Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan fondasi, kolom, balok dan pelat. Terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam konstruksi suatu bangunan yaitu sebagai berikut ini:

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja secara bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran antara agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850kg/m³ kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

Tabel 2.1 Kelas dan mutu beton

Jenis Beton	K (Mpa)
Mutu Tinggi	400 -700
Mutu Sedang	250 - <400
Mutu Rendah	225- < 250
	125- < 225

(Sumber: SNI 03-6468-2000)

2.5. Material Penyusun Beton

Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan, bahan material pembantu (*filer*) dan bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan. Bahan material pembantu biasa digunakan dengan berbagai tujuan, antara lain mengurangi pemakaian semen, mengurangi *bleeding* atau menambah *workability* beton segar. Sedangkan bahan tambah biasanya digunakan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton, berikut ini adalah material pembentuk beton.

2.5.1. Semen Portland (PC)

Semen Portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan mengelilingi kliner (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksida besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono, 1989).

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (krikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan krikil sebagai kelompok pasif adalah kelompok yang berfungsi sebagai pengisi. (Tjokrodinulyo, 1995).

Pada umumnya semen berfungsi untuk :

1. Mengikat pasir dan krikil agar terbentuk beton.
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat

Sedangkan untuk susunan oksida dari semen portland (Antono, 1995), seperti berikut ini:

Tabel 2.2 Susunan oksida semen Portland

Oksida	% rata-rata
Kapur (CaO)	63
Silika (SiO ₂)	22
Alumunium (Al ₂ O ₃)	7
Besi (Fe ₂ O ₃)	3
Magnesias (MgO)	2
Sulfur (SO ₃)	2

(Sumber: Google susunan oksidasi Portland)

Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk ini mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen portland. Adapun jenis-jenis type semen:

- a) Type I adalah semua semen portland untuk bertujuan umum, biasa tidak memerlukan sifat-sifat khususnya misalnya, gedung, trotoar, jembatan, dan lain-lain.

- b) Type II semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, penggunaannya pada pir (tembok dilaut dermaga), dinding penahan tanah tebal dan lain-lain.
- c) Type III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
- d) Type IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat dari pada kelas I.
- e) Type V adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi. (Tjkrodimulyo 1995). Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah Semen Tiga Roda.

2.5.2 Agregat Halus

Agregat halus (Pasir) (Menurut SNI 1970-2008), agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi “alami” batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

Menurut kegunaannya, pasir dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

1. Pasir Urug

Pasir urug adalah pasir yang digunakan untuk mengurug pondasi dan bagian bawah keramik yang biasanya dicampur dengan batuan kecil dan kayu.

2. Pasir Batu (Sirtu)

Pasir umumnya sebagai endapan aluvium, sedangkan endapan kegiatan gunung api berupa lahar akan menghasilkan sirtu (pasir dan batu). Pasir Pasang Pasir pasang dapat digunakan sebagai pemasangan tembok.

3. Pasir Beton

Pasir beton dapat digunakan sebagai bahan pembuat pasangan beton.

4. Pasir Aspal

Pasir aspal digunakan sebagai bahan pembuat aspal. Adapun syarat-syarat dari agregat halus (pasir) yang digunakan antara lain:

- a) Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.
- b) Terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- d) Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder (dengan larutan NaOH).
- e) Tidak boleh menggunakan pasir laut.

2.5.3. Gradasi Agregat Normal

Menurut peraturan (SK-SNI-T-15-1990-03) kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton halus memenuhi syarat sebagai berikut;

- a) Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras, hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
- b) Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihaluskan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
- c) Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah
- d) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti tabel 2 berikut ini:

Tabel 2.3 Gradasi Pasir Menurut SK-SNI-T-15-1990-03

Lubang ayakan (mm)	Persen butir lewat saringan			
	I	II	III	IV
9.6	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : (Menurut SK-SNI-T-15-1990-03)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992), yaitu:

1. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena butiran yang bulat.

3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

2.5.4. Gradasi Agregat kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan krikil atau krikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari

agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulang.

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992), yaitu :

a) Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

b) Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetik (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm³ penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

c) Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Menurut SK. SNI T-15-1990-03, gradasi agregat kasar (krikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batasan yang tercantum dalam tabel berikut :

Tabel 2.4 Gradasi Agregat kasar menurut SK.SNI T-15-1990-03

Lubang ayakan (mm)	Persen butir lewat saringan		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
38	95-100	100	100
19	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
9.6	Oct-35	25-55	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10
2.4	0	0	0
1.2	0	0	0
0.6	0	0	0
0.3	0	0	0
0.15	0	0	0

(Sumber: SK.SNI T-15-1990-03)

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton. Besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

- a. Ukuran maksimal butir agregat tidak boleh lebih dari 3/4 kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan
- b. Ukuran maksimal butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal pelat
- c. Ukuran maksimal butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (Kardiyono *Tjokrodimulyo*)

1. Kerikil harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik
3. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. Kerikil mempunyai bentuk tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan-gesekan yang besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan baik.

2.5.5 Modulus Halus Butir (*MHB/ Finness Modulus*)

Menurut Kardiyono *Tjokrodimulyo*, tahun 1992, indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8 sedangkan modulus halus butir gabungan antara agregat halus dan kasar 5-6 menurut *SK-SNI-T-15-1990-03*.

2.5.6. Penyelidikan Agregat

1. Berat jenis agregat (*surface dry condition*)

Penyelidikan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis dengan persentase berat

air yang dapat diterapkan pada agregat halus dan agregat kasar dihitung terhadap berat kering.

2. Berat isi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus dan agregat kasar ini adalah perbandingan berat dan isi.

3. Analisa saringan agregat

Untuk mengetahui gradasi pasir dan modulus halus butir (*fineness modulus*)

4. Kadar lumpur agregat

5. Untuk menentukan besarnya kadar lumpur dengan presentase berat lumpur terhadap berat kering agregat.

2.5.7. Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan kasar menjadi satu kesatuan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan reaksi kimia yang disebut dengan istilah reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi komponen-komponen pokok dalam semen bereaksi dengan molekul air membentuk hidrat atau produksi hidrasi.

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh air yang agar dapat digunakan antara lain:

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton. (asam, zat organik, dsb) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter. Diameter agregat ≤ 20 mm.

2.5.8. Bahan Tambahan

Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat merusak beton.

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah (Mulyono 2004).

Kerang adalah hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (*mollusca*) dengan sepasang cangkang (*bivalvia*) dari *family cardiidae*. Kerang merupakan salah satu *bivalve* yang dapat dimakan dan bernilai ekonomis. Bahan limbah di sekitar lingkungan kita dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Sebagian besar Indonesia adalah daerah perairan laut khususnya di daerah Provinsi Sumatra Selatan, oleh sebab itu perlu mencari inovasi baru untuk campuran beton dengan menggunakan hasil laut yang sudah tidak dimanfaatkan lagi berupa limbah. Hal tersebut memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah yang tidak dimanfaatkan lagi, seperti kulit kerang darah (*anadara granosa*).

Abu kulit kerang berasal dari pengolahan limbah kulit kerang yang di bersihkan kemudian dibakar lalu dihaluskan sampai menjadi abu. Kandungan senyawa kimia pada Abu kulit kerang bersifat *pozzolan*, yaitu mengandung zat kapur (CaO), alumina dan senyawa silika sehingga dapat digunakan sebagai pengganti sebagian terhadap berat semen. Kemudian limbah kulit kerang merupakan bahan local yang mudah didapatkan serta limbah kulit kerang juga belum banyak dimanfaatkan. Dikarenakan Provinsi Sumatra Selatan dikelilingi oleh laut. Limbah kulit kerang banyak ditemukan di pasar atau dipenjual seafood yang mana kerang-kerang tersebut dikonsumsi atau diperjualkan.

Penumpukan limbah kulit kerang mengakibatkan bau busuk yang menyengat dan mengganggu proses jual beli dipasar dan Tempat Pembuangan Umum.

Kulit kerang mengandung senyawa kimia *pozzolan* yaitu mengandung zat kapur (CaO), aluminium oksida dan silika. Sehingga dengan harapan bahwa cangkang kerang dapat meningkatkan karakteristik beton (Rahmadi, 2017). Hal inilah yang menjadi dasar penulis memanfaatkan limbah sisa cangkang kerang untuk pembuatan beton.

Ada beberapa jenis kerang-kerangan diantaranya adalah :

1. Kerang Hijau

Kerang hijau memiliki nama ilmiah *perna viridis*. Pada bagian tepi luar cangkang berwarna hijau, bagian tengahnya berwarna coklat dan bagian dalam berwarna putih keperakan seperti mutiara. Bentuk cangkangnya sedikit meruncing pada bagian belakang dengan kulitnya yang tipis. Kandungan kulit kerang hijau (*perna viridis*) sebagian besar tersusun atas kalsium karbonat, kalsium fosfat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, Ca_3S_2 , dan kalsium aktif yang terbuat dari sumber kulit kerang dan jenis-jenis kalsium yang termasuk kalsium non organik yang tersusun dari lapisan calcite dan anagorite (Karnowska, 2004).

2. Kerang Bulu

Kerang bulu memiliki nama ilmiah *anadara antiquata*. Kerang ini memiliki ciri-ciri tubuh yang hampir sama dengan kerang darah, namun bagian cangkangnya memiliki bulu-bulu halus. Kerang bulu sering dijumpai pada habitat yang memiliki sedimen lumpur dan berpasir.

3. Kerang Batik

Kerang batik memiliki nama ilmiah *paphia undulata* dengan ciri-ciri memiliki corak warna cangkang yang menyerupai batik dengan warna dasar cangkang yaitu kuning cerah dan agak gelap. Seperti kebanyakan kerang yang lainnya, kerang batik hidup pada perairan yang berpasir lumpur

4. Kerang Kampak

Kerang kampak dengan nama latin *atrina pectinata* ini memiliki ciri-ciri cangkang dapat mencapai ukuran yang cukup besar sekitar 25 cm, tipis dan mudah retak serta memiliki bentuk segitiga. Warna cangkang bagian luar adalah coklat hingga kehitaman dan mengkilap.

5. Kerang Darah

Kerang darah (*anadara granosa*) hidup di perairan pantai yang memiliki pasir berlumpur dan dapat juga ditemukan pada ekosistem *estuary*, *mangrove* dan padang lamun. Kerang ini hidup mengelompok dan umumnya banyak

ditemukan pada substrat yang kaya kadar organik. Kerang darah dengan nama ilmiah *anadara granosa* ini memiliki ciri tubuh tebal dan menggembung, memiliki bagian yang menyerupai rusuk di bagian cangkang.

Dagingnya berwarna merah darah. Hidup di dasar perairan pesisir seperti *estuary*, *mangrove* dan padang namun dengan substrat lumpur berpasir dan sanitas yang relatif rendah (Tiara, 2017).

Abu kulit kerang darah (*anadara granosa*) merupakan abu yang dihasilkan dari pembakaran kulit kerang yang dihaluskan, di mana penghalusannya dengan cara di tumbuk menggunakan lesung lalu di belender hingga halus dan disaring dengan saringan No.200 (0,075 mm). Adapun kandungan kimia pada kulit kerang darah (*anadara granosa*) bias dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 2.5 Kandungan Kimia Kulit Kerang Darah (*anadara granosa*) (Tiara,2017)

Komponen	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO ₂	7,88
Fe ₂ O ₃	0,03
MgO	22,28
Al ₂ O ₃	1,25

(Sumber: RSNI S-05-2002)

Berdasarkan pada Tabel 2.5 Kandungan kimia kulit kerang darah (*anadara granosa*) dapat dilihat bahwa terdapat kemiripan kandungan kimia antara kulit kerang darah (*anadara granosa*) dan semen, terutama pada CaO yang merupakan penyusun utama semen yang menentukan kekuatan semen. Oleh sebab itu dengan digunakannya kulit kerang darah ini sebagai pengganti sebagian terhadap berat semen diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton.

2.6. Toleransi dalam Kemudahan Pengerjaan

Bila tidak ada toleransi lain dalam spesifikasi proyek, berikut ini aturan yang dapat digunakan untuk semua jenis beton berserat, kecuali beton semprot campuran kering.

- a) Bila spesifikasi proyek untuk slump ditulis sebagai persyaratan maksimum atau tidak melampaui.

Tabel 2.6 Slump yang ditetapkan

	75 mm atau kurang	lebih dari 75 mm
toleransi plus	0,00 mm	0,00 mm
toleransi minus	40,00 mm	65,00 mm

(Sumber: RSNI S-05-2002)

- b) Bila spesifikasi proyek untuk slump tidak ditulis sebagai persyaratan maksimum atau tidak melampaui.

Tabel 2.7 Toleransi untuk slump nominal

untuk slump yang ditetapkan	Toleransi
≤ 50,00 mm	± 15,00 mm
50,00 – 100,00 mm	± 25,00 mm
≥ 100,00 mm	± 40,00 mm

(Sumber: RSNI S-05-2002)

2.7. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

2.7.1 Rumus Pengolahan Data Uji Kuat Tekan Beton:

Setelah didapat data dari hasil uji kuat tekan beton masing-masing benda uji, maka data tersebut diolah dengan menggunakan rumus-rumus ketentuan dari SK.SNI.T-15-1990-03 sebagai berikut:

1. Rumus kuat tekan beton benda uji

$$\sigma_{bi} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

σ_{bi} = Kuat tekan beton benda uji (kg/cm²)

P = Beban maksimal (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2. Kuat tekan beton rata-rata

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{N} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

σ_{bm} = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²).

σ_{bi} = Jumlah kuat tekan beton benda uji (kg/cm²).

N = Jumlah benda uji

Tabel 2.8 Hasil Uji Kuat Tekan ACI-214-1977 dan SNI 03-6815-2002

Persen Hasil Pengujian Yang Ada Didalam Batasan $X=\sigma$	Kemungkinan Untuk Berada di Bawah Batasan Terendah	T
40	3 dalam 10	0.5
50	2.5 dalam 10	0.67
60	2 dalam 10	0.84
68.27	1 dalam 6.3	1.00
70	1.5 dalam 10	1.04
80	1 dalam 10	1.28
90	1 dalam 20	1.65
95	1 dalam 40	1.96
95.45	1 dalam 44	2.00
98	1 dalam 100	2.33
99	1 dalam 200	2.58
99.73	1 dalam 741	3.00

(Sumber: ICS.91.100.30 Badan Standardisasi Nasional)

2.8. Kuat Tarik

Kuat tarik beton biasanya 10%-15% dari kuat tekan beton. Kekuatan tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur (Istimawan Diphohusodo, 1994). Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder, dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan kuat tekan Ø 15cm dan h = 30cm, diletakan pada sisinya diatas mesin uji dan beban ditekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji.

Rumus untuk mendapatkan Kuat Tarik:

$$F_{sp} = \frac{2P}{\pi \times L \times D} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

F_{sp} = Kuat tarik belah (Mpa)

L = Panjang badan uji pada silinder (cm)

P = Beban batas pengujian (N)

D = Diameter benda uji silinder (cm)

2.9. Uji Slump Beton (Concrete Slump Test)

Uji slump adalah suatu uji empiris atau metode yang digunakan untuk menentukan kekakuan dari campuran beton segar untuk menentukan tingkat kelecakannya (*Workability*). Kelecakan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump beton menunjukan kekurangan, kelebihan atau cukup air pada campuran beton.

Kelecakan beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

1. Kerataan campuran adukan beton (*Homogeneity*)
2. Kelekatan adukan pasta semen (*Cohesiveness*)
3. Kemampuan alir beton segar (*Flowability*)
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindahkan dengan alat angkut (*Mobility*)
5. Mengindikasikan beton segar dalam kondisi plastis (*Plasticity*)

Nilai slump adalah nilai yang diperoleh dari hasil uji slump dengan cara beton segar diisi ke dalam suatu corong baja berupa kerucut terpancung kemudian kerucut tersebut ditarik keatas sehingga beton segar meleleh kebawah. Penetapan nilai slump dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

1. Cara pengangkutan adukan beton.
2. Cara penuangan adukan beton.

3. Cara pemadatan beton segar.

4. Jenis struktur yang dibuat.

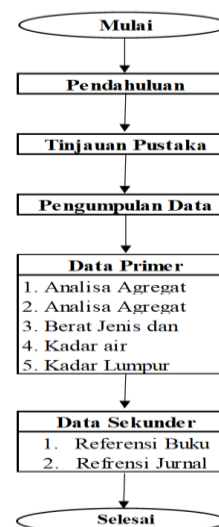
III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatra Selatan. Penelitian ini akan dimulai dari bulan Maret hingga bulan Juli, berawal dari persiapan hingga penelitian pada pengujian kuat tekan beton

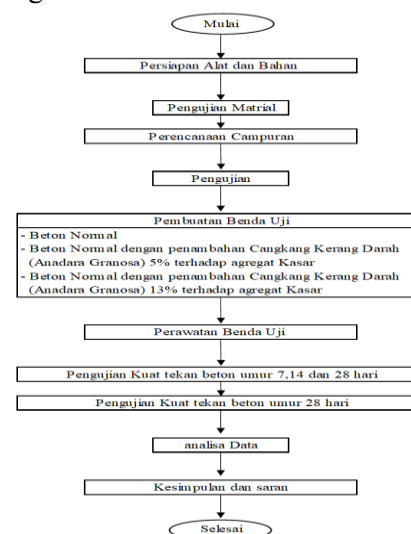
3.1.1. Diagram Persiapan Alir Penelitian

Berikut tahapan yang dilakukan dalam penelitian yang digambarkan pada diagram alir berikut ini.



Gambar 3.2 Diagram Alir di Laboratorium

Berikut tahapan yang dilakukan dalam penelitian di Laboratorium yang digambarkan pada diagram alir berikut :



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

3.2. Material Penelitian

1. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland Komposite (*Portland Composite Cement*) merk Semen Tiga Roda.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (split) ukuran maksimum 20 mm yang berasal dari ex- Merak.
3. Agregat halus yang digunakan adalah pasir ex-Tanjung Raja Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan.
4. Limbah Restorant Seafood Cakang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Palembang.
5. Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirta Musi Palembang.

3.3. Persiapan Laboratorium dan Material

Adapun langkah awal dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium ini yaitu melakukan persiapan terhadap bahan atau material yang akan dibuat. Alat yang digunakan merupakan alat dari laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatra Selatan.

3.4. Alat Penelitian

Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah alat-alat yang ada di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatra Selatan, adapun peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Timbangan Ohaus
2. Piknometer
3. Oven
4. Ayakan agregat halus
5. Timbangan (kilogram)
6. Kerucut Terpancung
7. Alat ini digunakan untuk percobaan berat jenis agregat halus dan juga digunakan untuk menentukan SSD agregat halus
8. Cetakan Kubus dengan ukuran 15x15x15 cm, digunakan untuk mencetak benda uji pengujian kuat tekan.
9. Compression Testing Machine
10. Alat getar (Shieve shaker)
11. Specific Gravity
12. Tabung Ukur
13. Pan dan Cawan
14. Alat Pengaduk atau Mixer
15. Satu Set Alat Slump Test
16. Container

3.5. Bahan-bahan yang digunakan

Dalam merencanakan beton dan mutu beton hal yang perlu diperhatikan adalah desain

campuran beton (Job Mix Design). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen

Jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I yang diproduksi oleh PT. Tiga Roda.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir yang berasal dari Tanjung Raja.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah (Split) yang berasal dari daerah Merak dengan ukuran split 20 mm

4. Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) yang digunakan pada penelitian ini sudah melalui beberapa tahapan untuk dilakukan pengujian. Proses pembuatan dari awal pengambilan sample dilakukan penjemuran di matahari selama 3 hari, masukkan ke dalam oven 20 menit suhu 40 C dan ditumbuk kasar terlebih dahulu, untuk siap dicampurkan dalam adukan beton.

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air bersih yang di supply PDAM ke Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatra Selatan

3.6. Pengujian Material

Sebelum merencanakan campuran, terlebih dahulu dilakukan pengujian agregat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik atau sifat-sifat dasar material yang akan digunakan sehingga dapat memudahkan dalam menentukan campuran beton yang akan digunakan.

3.6.1. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Tujuan dari pengujian analisa saringan ini untuk mengetahui daerah gradasi dari agregat halus, dan nilai maksimum dari agregat halus menggunakan saringan.

3.6.3. Berat Isi Agregat Halus

Perbedaan berat isi dan berat jenis adalah dari volumenya. Berat jenis adalah perbandingan antara berat benda dengan volume mutlak dari benda itu sendiri sedangkan berat isi adalah perbandingan antara berat benda (agregat) berbanding dengan volume alat.

Pengujian berat isi pada agregat berguna untuk mengkonversi dari satuan berat ke satuan

volume. Dalam merancang campuran beton komposisi bahan ditentukan dalam satuan berat. Pada waktu membuat beton di lapangan dengan komposisi berat kurang praktis, biasanya di lapangan menggunakan komposisi perbandingan yaitu dengan takaran (volume). Untuk mengkonversi dari komposisi satuan berat ke komposisi satuan volume digunakan angka berat isi.

Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa factor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat, berat isi untuk agregat beton diisyaratkan harus lebih dari 1,2 kg/liter.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat isi agregat halus, berat isi merupakan perbandingan berat dan volume.

3.6.5. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar ini bertujuan untuk menentukan butir maksimum agregat kasar.

3.6.6. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis agregat kasar (bulk), dalam keadaan kering oven, menentukan berat jenis agregat kasar kering permukaan, menentukan kadar air agregat kasar kering permukaan jenuh air (SSD).

3.6.7. Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat isi agregat kasar. Berat isi merupakan perbandingan antara berat dan volume.

3.8. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang di uji di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatra Selatan.

A. Data Primer

Data primer diperoleh langsung di Laboratorium, data-data tersebut antara lain:

1. Berat jenis agregat halus

Untuk menentukan berat jenis agregat halus dalam keadaan kering dan menentukan kadar air agregat halus.

2. Berat isi agregat halus

Pemeriksaan ini untuk menentukan berat isi agregat halus.

3. Analisa saringan agregat halus

Untuk mengetahui gradasi dan modulus kehalusan agregat.

4. Kadar lumpur agregat halus

Untuk menentukan kadar lumpur dengan persentase berat lumpur terhadap berat kering agregat halus memenuhi persyaratan.

5. Berat jenis agregat kasar

Untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam keadaan kering dan menentukan kadar air agregat kasar.

6. Berat isi agregat kasar

Pemeriksaan ini untuk menentukan berat isi agregat halus.

7. Analisa saringan agregat kasar

Untuk mengetahui gradasi dan modulus kehalusann agregat.

8. Kadar lumpur agregat kasar

Untuk menentukan kadar lumpur dengan persentase berat lumpur terhadap berat kering agregat kasar memenuhi persyaratan.

9. Uji slump

Menentukan ukuran campuran beton basa yang tetap dan memeriksa kesegaran beton tiap-tiap campurannya.

10. Data sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari artikel-artikel dan buku mengenai Cangkang Kerang Darah/ Penelitian Beton.

3.9. Prosedur Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini benda uji dibuat dengan cetakan kubus dengan ukuran 15x15 cm. Untuk pengujian kuat tekan beton masing-masing persentase (5% dan 13%) dan umur beton 7, 14, 28 hari dibuat 18 benda uji, beton normal dengan umur 7, 14, 28 hari dibuat sebanyak 9 benda uji. Berikut tabel jumlah benda uji.

Tabel 3.1 Jumlah Sempel Beton Normal dan Komposisi Cangkang Kerang Darah

No.	Komosisi Tambahan Kerang Darah	Usia Beton	Jumlah Sempel
1	BN (0%)	7 hari, 14 hari, 28 hari	9
2	BKD (5%)	7 hari, 14 hari, 28 hari	9
3	BKD (13%)	7 hari, 14 hari, 28 hari	9
Total			27

(Sumber: Hasil penelitian di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatra Selatan)

3.9.1. Tahap Perawatan Benda Uji

Dalam tahap perawatan, benda uji yang telah dicetak dalam umur 24 jam dibuka cetakannya kemudian diselimuti dengan karung goni yang telah disiram dengan air dengan periode tertentu. Selanjutnya benda uji direndam hingga satu hari sebelum benda diuji.

3.9.2. Pengujian Benda Uji

A. Uji Kuat Tekan Beton

1. Keluarkan benda uji dari tempat perendaman sehari sebelum benda uji tersebut diuji.
2. Benda uji ditimbang berat dan volumenya.
3. Letakkan benda uji secara sentris pada mesin kuat tekan beton.
4. Catatlah beban maksimum yang terjadi selama pengujian berlangsung.
5. Lakukan langkah tersebut pada semua benda uji yang akan diuji kuat tekan beton.

3.9.3. Teknik Analisa Data

Tenik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan cara tabel dan grafik. Tabel dan grafik digunakan untuk melihat hasil pengujian kuat tekan beton pada masing-masing Persentase (%) Campuran cangkang kerang darah. Setelah itu dilakukan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut untuk kemudian mendapatkan kesimpulan dari hasil penelitian ini.

3.9.4. Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh setelah selesai melakukan pengujian dan menganalisa seluruh data yang didapat dari hasil penelitian yang dilakukan. Data hasil pengujian kuat tekan beton.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini sampel benda uji dengan dua variasi yaitu beton normal, beton normal dengan penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 5% dan 13% cetakan yang digunakan berbentuk kubus ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm, yang dilakukan pertama kali adalah menimbang seluruh material yang akan digunakan sesuai dengan perencanaan campuran yang telah dibuat. kemudian material dicampur menggunakan mesin pengaduk hingga tercampur rata, selanjutnya dilakukan pengujian slump hasil uji slump sesuai dengan perencanaan. lalu masukkan campuran kedalam cetakan kubus yang sebelumnya permukaan dalam cetakan dilumasi dengan oil.

Cetakan dibuka setelah 24 jam dari waktu pencetakan untuk kemudian benda uji dilakukan perawatan benda uji dengan cara merendam benda uji kedalam air hingga satu hari sebelum tanggal pengujian sehingga pada saat pengujian benda uji dalam keadaan kering. Setelah mencapai waktu yang ditentukan benda uji ditimbang dan kemudian dilakukan pengujian kuat tekan. Hasil kemudian dicatat dan dimasukkan kedalam tabel. Data hasil pengujian kuat tekan dalam tabel 4.6.

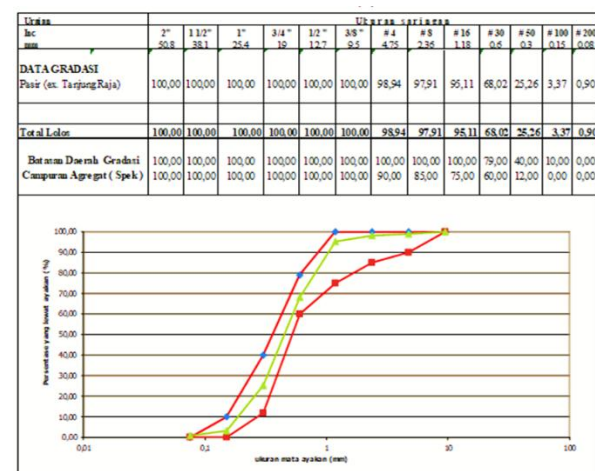
4.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Dari hasil pemeriksaan agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.2 rekapitulasi pemeriksaan agregat halus dibawah ini.

Tabel 4.1 Rekapitulasi pemeriksaan agregat halus Jenis Pemeriksaan

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1. Analisa Saringan :	
No. Saringan 3/8"	100%
No. Saringan # 4	98,94%
No. Saringan # 8	97,91%
No. Saringan # 16	95,11%
No. Saringan # 30	68,02%
No. Saringan # 50	25,26%
No. Saringan # 100	3,37%
No. Saringan # 200	0,90%
2. Modulus kehalusan :	2,11
3. Berat isi	
Lepas	1,411
Padat	1,498
4. Berat jenis	
Semu	2,57
Dasar kering	2,504
Dasar jenuh kering permukaan	2,53
Penyerapan (%)	1,02
5. Nilai setara pasir (SE)	92,8

(Sumberr: Hasil uji Laboratorium BBPJN SS)



(Sumberr: Hasil uji Laboratorium BBPJN SS)

Gambar 4.2 Grafik Hasil Analisa Saringan dan Spesifikasi Gradasi Pasir

4.3. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Untuk hasil dari keseluruhan pemeriksaan agregat kasar dapat dilihat pada tabel rekapitulasi 4.3.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Pemeriksaan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1. Analisa Saringan:	
No. Saringan 1 1/2"	
No. Saringan 1"	
No. Saringan 3/4"	62,83 %
No. Saringan 1/2"	42,33 %
No. Saringan 3/8"	20,59 %
No. Saringan # 4	6,25 %
2. Modulus kehalusan:	7,47
3. Berat isi	
Gembur	1,394
Padat	1,496
4. Berat Jenis	
Semu	2,719
Dasar kering	2,656
Dasar jenuh kering permukaan	2,679
Penyerapan (%)	0,877
5. Keausan (%)	20,24

(Sumber: hasil uji Laboratorium BBPJN SS)

Dari pemeriksaan agregat kasar (batu pecah 1/2 ") tersebut dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Berat isi gembur memenuhi spesifikasi yang diizinkan minimum 1,2 kg/m³ Spesifikasi Umum divisi 5 tentang sifat-sifat agregat.
2. Keausan memenuhi standar normal yang diizinkan maksiml 40% Spesifikasi Umum divisi 5 tentang sifat-sifat agregat.

Pengujian-pengujian bahan dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Selatan. Sedangkan untuk hasil dari pengujian propertis bahan pembuat campuran beton data terlampir.

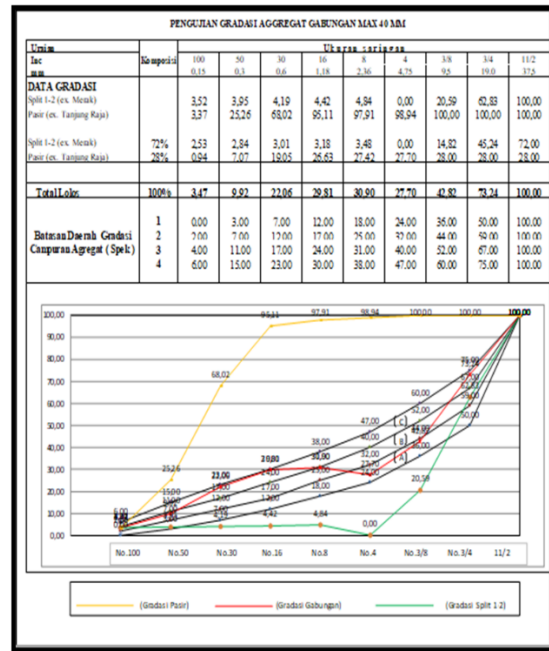
4.4. Komposisi Campuran Agregat

Untuk mendapatkan komposisi campuran agregat dilakukan pengujian gradasi agregat gabungan sehingga didapat gradasi agregat gabungan maksimal 40 mm. Untuk hasil pengujian berat jenis gabungan pada table 4.4 dan gradasi agregat gabungan dapat dilihat pada gambar grafik 4.4 .

Tabel 4.3 Berat Jenis agregat gabungan

PEMERIKSAAN	Komposisi (%)		Rata-rata
	Split 1-2	Pasir	
JENIS MATERIAL			
Berat Jenis (Bulk)	2,656	2,504	2,613
Berat Jenis kering permukaan jenuh	2,679	2,53	2,637
Berat Jenis Semu (Appermt)	2,719	2,57	2,677
Penyerapan (Absorbtion)	0,877	1,02	0,917

(Sumber: hasil uji Laboratorium BBPJN SS)



(Sumberr: hasil uji Laboratorium BBPJN SS)

Gambar 4.5 Grafik gradasi agregat gabungan

4.5. Rancangan Campuran Beton Normal

Untuk proporsi campuran bahan beton normal per meter kubik dan 3 kubus sebelum ditambah cangkang kerang darah dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.4 Proporsi Campuran Beton Normal

Jenis Material	Proporsi Campuran Beton	
	M ³	Sampel 3 Kubus
Semen	325,0 (kg)	3,78 (kg)
Pasir	632,4 (kg)	7,36 (kg)
Batu 1/2	558,0 (kg)	6,50 (kg)
Air	195,0 (kg)	2,27 (kg)

(Sumberr: hasil uji Laboratorium BBPJN SS)

4.6. Hasil Uji Slump

Setelah proses pengadukan dilakukan uji slump, uji slump untuk perencanaan struktur 10 (+) (-) 2 yang dilakukan untuk mengukur kekentalan adukan beton yang akan dilakukan untuk membuat benda uji. Pada saat pengujian slump terjadi pengaruh pada pencampuran Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap kondisi tersebut terjadi kenaikan slump. Perbandingan hasil uji slump antara beton normal (0%) dan dengan penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 5% dan 13%.

Tabel 4.5 Hasil Slump

Variasi	Nilai Slump
Beton Normal	10
Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) 5 %	8.5
Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) 13 %	8

(Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium)

Dari tabel 4.6 hasil slump beton normal dengan nilai hasil slump 10 cm, beton penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 5% dan 13% hasil slump semakin besar persentase Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) hasil slump semakin naik.

4.7. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

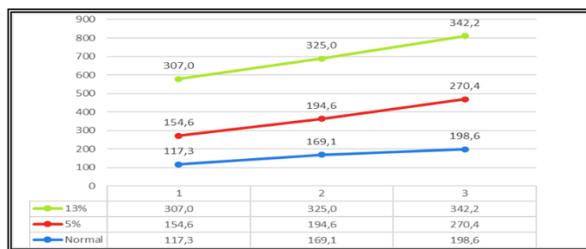
Dari hasil Pengujian kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton dengan campuran Cangkang Kerang Darah (Andara Granosa) didapat hasil rata-rata. Ditunjukkan pada tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil Pengujian Kuat Tekan

Nomor Benda Uji	Kubus Beton K 175(normal) - Kuat Tekan (kg/cm ²)			Kubus Beton K 175(Campuran 5%) - Kuat Tekan (kg/cm ²)			Kubus Beton K 175(Campuran 13%) - Kuat Tekan (kg/cm ²)		
	Umur (hari)			Umur (hari)			Umur (hari)		
	7	14	28	7	14	28	7	14	28
1	116,1	170,3	197,1	154,6	194,6	270,4	306,7	323,5	341,4
2	117,3	169,1	198,6	153,8	193,9	269,7	307,0	325,0	342,2
3	116,6	169,9	198,3	153,6	195,7	268,9	308,1	324,0	340,9
Rata-rata	116,67	169,77	198,00	154,00	194,73	269,67	307,27	324,17	341,50

(Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium)

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik perbandingan kuat tekan antar beton normal dan beton dengan tambahan Cangkang Kerang Darah (Andara Granosa). Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.9. dibawah ini.



Sumber: Hasil Pengujian Lab.BBPJN Sumsel

Gambar 4.9 Grafik Kuat Tekan

4.8. Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan

Dari tabel 4.2. dan gambar grafik 4.1 dapat dilihat hasil tiap benda uji pada beton normal nilai kuat tekan sebesar 198,6 Kg/cm², sedangkan perbandingan kuat tekan beton substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 5% Mengalami Kenaikan 71,8 Kg/cm² sebesar 270,4 Kg/cm² terhadap beton normal, substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 13% Mengalami Kenaikan 142,8 Kg/cm² sebesar 342,2 Kg/cm² terhadap beton normal.

Dapat dilihat bahwa semakin besar persentase substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin Tinggi. Jadi pengaruh dengan penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar dapat menaikkan kuat tekan beton.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan analisa pada Bab IV dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian kuat tekan beton antara substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 5 % mengalami kenaikan 71,8 Kg/cm² sebesar 270,4 Kg/cm² terhadap beton normal, sedangkan substitusi penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) terhadap Agregat Kasar 13 % mengalami kenaikan 142,8 Kg/cm² sebesar 342,2 Kg/cm² terhadap beton normal.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dalam Penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa), dapat menjadi bahan alternatif Agregat kasar pada pembuatan beton Campuran K -175

5.2. Saran

Dari Hasil penelitian yang dilakukan maka penelitian memberikan beberapa saran yaitu:

1. Untuk peneliti selanjutnya dianjurkan Penambahan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) sebesar 20-25 % dari berat kebutuhan agregat Kasar dan untuk merencanakan beton non struktur dengan mutu f_c rendah.
2. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya agar menambahkan bahan adiktif superplasticizer agar dapat meningkatkan mutu beton dan memudahkan dalam proses pengerjaan sampel beton (meningkatkan workability).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asrullah, 2001, Kajian Pemanfaatan Limbah Elektroplating Sebagai Pengganti PC dan Pasir Dalam Mortar dan Pengembangan Uji Pelindian Melalui Multipel TCLP, Tesis Magister, ITB.
- [2] Andika, Restu, Hendramawat Aski Safarizki. 2019. Pemanfaatan Limbah Kerang Dara

- (Anadara Granosa) sebagai Bahan Tambah dan Komplemen terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil Volume 1 No. 1. Sukoharjo: Universitas Veteran Bangun Nusantara Ferguson, 1991, dan Muhamad ihsan Saifudin, 2012 “Pengertian Beton”
- [3] Hardian, Yusril, Ahmad Alvin Nuha, Bagas Prayustiko, Agus Bambang S. 2020. Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah sebagai Campuran Agregat.
- [4] Indra Gunawan, 2015 “ Penambahan serat dalam adukan beton”.
- [5] Karimah, Rofikatul, Yunan Rusidanto, Desy Putri Susanti. 2020. Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang sebagai Pengganti Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Teknik Sipil Rancang Bangun Volume 6 Nomor 1. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- [6] Mulyono. T, 2004. “Beton memiliki beberapa keunggulan” Yogyakarta.
- [7] Permana, Dede Indah, Anita Setyowati Srie Gunarti, Elma Yulius. 2014. Pengaruh Penambahan Tumbukan Kulit Kerang Jenis Anadara Granosa sebagai Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton K-225. Jurnal Bentang Vol.2 No.2. Bekasi: Universitas Islam.
- [8] Subakti A, 1995 “ Teknologi Beton” ,Jurusan Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Surabaya
- [9] SNI 1970-2008. “Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar”. Bandung. Badan Standar Nasional.
- [10] SK-SNI-T-15-1990-03 “Tabel Ayakan Saringan” Bandung. Badan Standar Nasional.
- [11] SNI 1974-2011. “Cara Uji Kuat Tekan Dengan Benda Uji Silinder”. Bandung. Badan Standar Nasional.
- SNI 1978-2008. “Cara Uji Slump Beton”. Bandung. Badan Standar Nasional.
- [12] SNI 2491-2002. “Metode Uji Kekutan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder”. Bandung. Badan Standar Nasional.
- [13] Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1989 “ Semen Portland”. Yogyakarta.
- [14] Tjokrodimulyo, K. 1992. “Syarat gradasi butiran”. Nafitri. Yogyakarta.
- [15] Tjokrodimuljo, K. 1996. “Teknologi Beton”. Nafiri. Yogyakarta.
- [16] Tjokrodimuljo (1996), “Beton Serat”. Jakarta,
- [17] D Diawarman, A Mulyadi, R Ricih., 2019, “Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Pecahan Kaca Terhadap Campuran Beton Mutu K-175”, Universitas Palembang.
- [18] M Yunanda, P Suanto, Y Yulius., 2022, “Analisis Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Sebagai Pengisi Dalam Campuran Mutu Beton K. 250”, Universitas Palembang.