**BAB II**

**LANDASAN TEORI**

**2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian telah dilakukan tentang pengaruh batu karangmaupun limbah abu ampas tebu terhadap kekuatan beton*,* dengan berbagai macam bahan tambah serta variasi substitusi yang digunakan pada campuran beton*.* Tujuan dari penggunaan limbah industri tersebut pada campuran beton untuk memperbaiki sifat-sifat betonserta berinovasi pada pembuatan beton*.*

Pada penelitian Rismawati dikatakan bahwa abu ampas tebu yang merupakan abu sisa pembakaran ampas tebu (*bagase*) memiliki kandungan senyawa silika (SiO2) sebesar 68,5% yang juga merupakan bahan baku utama dari semen biasa (portland). Dari penelitian tersebut ternyata mampu memperoleh campuran yang lebih kuat. Penelitian ini dibuat sampel cetakan kubus 5x5x5 cm dengan 4 variasi mix desain yaitu adukan 1 (100% PC; 0% ATT), 2 (95% PC; 15% ATT), 3 (90% PC; 15% ATT), 4 (85% PC, 15% ATT). Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe 1 dengan umur 7, 14, 28 hari. Kuat tekan optimal sampel diketahui dari data uji dengan variasi abu ampas tebu 15%.

Penelitian pernah dilakukan oleh J.D Pangouw, R. Pandaleke, J.B. Mangare (2013) tentang pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai subtitusi semen, dari penelitian tersebut diperoleh kuat tekan maksimum diperoleh dari subtitusi abu ampas tebu sebesar 5% dengan nilai sebesar 43,736 MPa dan kuat tekan terendah terjadi pada subtitusi abu ampas tebu sebesar 25% dengan nilai sebesar 33,232 MPa. Secara keseluruhan dengan subtitusi abu ampas tebu hingga 20% menghasilkan kuat tekan beton lebih dari beton tanpa subtitusi abu ampas tebu.

Penelitian pernah dilakukan oleh Sri Mulyati, Dahyunir Dahlan, Elvis Adril (2012) tentang pengaruh persen massa hasil pembakaran serbuk kayu dan ampas tebu pada mortar terhadap sifat mekanik dan sifat fisisnya, dari penelitian ditemukan bahwa persentase terbaik penggatian semen dengan abu ampas tebu adalah sebesar lima belas persen. Adapun variasi yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dengan kuat tekan (24,0; 26,0; 28,0; 32,8; 22,0; 16,0).

Adapun penelitian tentang beton dengan menggunakan batu karang sebagai pengganti agregat kasar menghasilkan nilai varian paling tinggi untuk uji kuat tekan sebesar 263,561 kg/cm2 dari agregat batu karang sebesar 25% dari beton normal sebesar 302,555 kg/cm2. Jumlah variasi dengan kelipatan 25% berturut - turut yaitu variasi 50% sebesar 238,346 kg/cm2 menurun 21,22%, variasi 75% sebesar 228,495 kg/cm2 menurun 24,48%, variasi 100% sebesar 218,791 kg/cm2 menurun 27,68%. (Rizali, Muhammad Rif’at and Afrizal, Yuzuar and Elhusna, Elhusna, 2017)

Penelitian pernah dilakukan oleh Mohamad Farid Eko Prayogi (2018) tentang Pengaruh pemanfaatan limbah pecahan batu karang sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton dari penelitian tersebut didapat persentase terbaik dengan penggantian batu karang sebesar 10%. Variasi batu karang yang digunakan adalah 0%, 5%,10%,15%,20% dengan hasil uji kuat tekan (20,85 ;22,36; 22,74; 21,89; 21,76).

Maka dengan landasan penelitian di atas, penulis ingin meneliti tentang pengaruh abu ampas tebu, batu karang terhadap beton. Dengan variasi batu karang sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat agregat kasar (split), abu ampas tebu 15% dari berat semen. Adapun yang ditinjau tentang perbandingan kuat tekan, kuat tarik, nilai *slump test*, *absorpsi* beton.

**2.2 Teori Beton**

**2.2.1 Beton**

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (split), air, dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo, 2007).

Beton merupakan salah satu bahan gabungan dari suatu material-material pembentuknya. Bahan pembentuk beton secara garis besar dibagi menjadi dua macam yaitu bahan dasar dan bahan tambah. Bahan dasar pembentuk beton adalah semen yang diperlukan sebagai bahan pengikat, agregat halus dapat berupa pasir alam atau berupa abu batu sebagai hasil sampingan dari batu pecah dan agregat kasar dapat berupa batu yang ukuranya bervariasi sesuai dengan standar atau berupa batu pecah (*split*) serta air yang apabila dicampur dengan semen akan mengalami ikatan dan pengerasan dengan diikuti pelepasan panas.

Salah satu keunggulan dari beton yaitu mempunyai nilai kuat tekan yang besar dan berlaku pada saat kondisi adonan beton sudah mengeras. Pada saat pencampuran bahan-bahan dasar sering disebut sebagai beton segar. Kemudian beton segar tersebut akan mengalami proses pengikatan hingga beton menjadi keras yang sering disebut sebagai *hardened concrete*. Sedangkan pada pekerjaan dan material beton kita sering mengenal istilah beton normal (*plain concrete*). Beton normal adalah beton yang hanya menggunakan bahan dasar agregat, semen dan air. Sedangkan beton yang menggunakan bahan tambah diberi nama yang lebih spesifik sesuai dengan spesifikasinya, misalkan beton mutu tinggi, beton serat dan lain sebagainya.

**2.2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Beton**

1. Kelebihan beton antara lain:

1. Mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi.
2. Bahan dasar yang dipakai mudah didapat.
3. Mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi.
4. Mampu memikul beban yang berat.
5. Tahan terhadap temperatur tinggi.
6. Minim biaya pemeliharaan.

2. Kekurangan beton antara lain :

1. Beton yang sudah dicetak dan mengeras hampir tidak bisa diubah.
2. Tidak dapat menyerap bunyi.
3. Mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian tinggi.
5. Mempunyai bobot yang berat.
6. Panas saat proses hidrasi sangat tinggi dapat menimbulkan retak.

**2.2.1.2 Karakteristik Beton**

Pada dunia konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari agregat dan bahan pengikat semen, betuk paling umum dari beton adalah campuran semen portland, pasir, split, air, dan atau dengan bahan tambah lainnya. Beton terkenal dengan kuat tekannya, keawetan dan kemudahan dalam pengerjaannya serta dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

Beton memiliki sifat-sifat tertentu yaitu:

1. Sifat dalam keadaan beton antara lain:
2. Kelecakan (*workability*)
3. Sifat dalam keadaan beton keras antara lain:
4. Kekuatan
5. Modulus elastisitas
6. Penyusutan
7. Sifat fisik (keawetan, kedap air, tidak mudah terkikis)
8. Waktu ikat
9. Ketahanan terhadap lingkungan dan cuaca (*durability)*

Dalam prakteknya, kita tidak membutuhkan semua sifat dari beton bernilai maksimal. Semua tergantung dari fungsi beton itu sendiri, bangunan dan korelasinya terhadap biaya. Karena itu sifat-sifat yang dimiliki beton inilah yang merupakan hal-hal yang membuat beton masih menjadi material yang paling sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

**2.2.1.3 Kelecakan (*workability)***

Kelecakan atau *workability* digunakan untuk menggambarkan kemudahan beton untuk dapat dikerjakan dalam hal pembentukan, pemadatan dan transportasi.

Ada beberapa hal yang mempengaruhi nilai kelecakan yaitu :

1. Kekompakan Beton

Kemudahan beton untuk dapat dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat dihilangkan.

1. Stabilitas

Kemampuan beton untuk tetap stabil agar material dalam beton tidak terjadi segregasi.

1. Mobilitas

Kemudahan beton dalam mengalir ke dalam cetakan disekitar tulangan. Pengetesan yang dilakukan dalam mengukur kelecakan antara lain *slump test* dan *compacting test.* Namun yang paling sering digunakan adalah *slump test.*

**2.3 Material Penyusun beton**

Berikut ini bahan-bahan penyusun yang digunakan untuk membuat beton:

1. Semen

Bahan pengikat hidrolis yang paling utama adalah semen Portland. Disebut pengikat hidrolis karena semen Portland akan mengikat (sifat adhesi dan kohesi) apabila diberi air dan kemudian terjadi reaksi kimia (proses hidrasi) yang bermula dari pasta semen yang plastis kemudian menjadi kaku dan keras. Semen portland hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker (mineral pembentuk semen), yang terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis yaitu CaO (kapur hidup), SiO2 (pasir besi/silika), Al203 (alumina), Fe2O3, dan gypsum/gips sebagai bahan pembantu dan mengatur pengikatan (Bobby Andika, 2013).

Tabel 2.1 Komposisi senyawa Kimia Semen

|  |  |
| --- | --- |
| **Komposisi** | **Berat (%)** |
| CaO | 65% |
| SiO2 | 25% |
| Al2O3 | 8% |
| Fe2O3 | 6% |
| MgO | 4% |
| SO2 | 2% |

(Slideshare.Net)

Semen *portland* memiliki beberapa sifat yang diantaranya dijelaskan sebagai berikut :

1. Kehalusan butir

Pada umumnya semen mempunyai kehalusan sekitar 80% butirannya lolos saringan 44 mikron. Makin halus butiran semen makin cepat persenyawaannya. Makin halus butirannya, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar. Makin besar luasannya makin banyak air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya.

1. Berat jenis

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara 3,1 ton/m3–3,3 ton/m3. Berat jenis semen perlu untuk diketahui karena semen *portland* tidak sempurna pembakarannya dan dicampur dengan bubuk batuan lain, sehingga berat jenisnya akan terlihat lebih rendah dibanding angka tersebut, maka untuk itu biasanya dipakai angka 3,15 ton/m3.

1. Kekekalan bentuk

Kekekalan bentuk adalah sifat dari pasta semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu, bentuk itu tidak berubah. Apabila semen yang mengeras menunjukkan adanya cacat (retak, melengkung, membesar, atau menyusut), berarti semen tersebut tidak baik karena tidak mempunyai sifat bentuk tetap.

1. Kekuatan semen

Kekuatan semen dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat (pengikat). Pada umumnya pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan melakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik atau kuat lentur.

1. Pengaruh suhu

Proses pengerasan semen sangat dipengaruhi oleh suhu udara disekitarnya. Pada suhu kurang dari 15oC, pengerasan semen akan berjalan sangat lambat. Semakin tinggi suhu udara disekitarnya, maka semakin cepat pula semen mengeras.

1. Waktu pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen menjadi kaku untuk menahan tekan.

Sesuai dengan kebutuhan konstruksi beton, adukan mortar tentang semen portland dan semen campuran, mengacu pada Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004 (Semen *Portland*).

1. Air

Pada pembuatan beton, air merupakan faktor yang sangat penting karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena jika kelebihan penggunaan air akan berakibat pada penurunan kekuatan beton tersebut. Sebaliknya jika kelebihan penggunaan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding,* yaitu air bersama sama dengan semen akan naik ke atas permukaan adukan segar yang baru dituang.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Menurut Tjokrodimulyo (2007) penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alam. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangat penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 60%-80% dari volume total beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus, agregat kasar dapat didapat secara alami dan buatan.

1. Agregat halus

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 agregat halus yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi standar spesifikasi untuk agregat yang digunakandalam produksi beton. Untuk menghasilkan beton yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekerasan butiran agregat, untuk pasir lubang ayakan 9,6 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm.

Tabel 2.2 Syarat Gradasi Agregat Halus

|  |  |
| --- | --- |
| Ukuran Lubang Ayakan(mm) | % Berat Butir Lewat Ayakan |
| Kasar(Zona I) | Agak Kasar(Zona II) | Agak Halus(Zona III) | Halus(Zona 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 |

(SNI 03-2834-2000)

1. Agregat kasar

Berdasarkan SNI 2847—2013 agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi ASTM C33M (Standar Spesifikasi Untuk Agregat Kasar yang digunakan dalam pembuatan beton). Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 38,1 mm, 25,4 mm, 19,1 mm, 12,5 mm, 9,52 mm, 4,76 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, pan untuk agregat kasar.

Menurut Tjokrodimulyo (2007) berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan yaitu:

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2.5—2.7 gram/cm3. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2.3 gram/cm3

1. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2.8 gram/cm3, misalnya magnetik (FeO4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm3. Penggunaannya sebagai pelindung dari radiasi.

1. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2.3 gram/cm3, yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga struktural ringan dan pondasinya lebih ringan.

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

1. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari 3/4 kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
2. Ukuran maksimum butiran agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal plat.
3. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

 Menurut Tjokrodimulyo (2007) agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat:

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 juga. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembu sair.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik.
3. Kerikil tidak boleh 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 yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan membuat pasta semen mengikat agregat dengan baik.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonya. Pada pemakaian ukuran butir agreagat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara pemukaan agregat dan pastanya kurang kuat (Tjokrodimulyo,2007).

Tabel 2.3 Syarat Gradasi Agregat Kasar

|  |  |
| --- | --- |
| Ukuran Lubang Ayakan(mm) | Persentase Berat Bagian Yang Lewat Ayakan |
| Ukuran Nominal Agregat (mm) |
| 38 - 4,76 | 19 – 4,76 | 9,6 – 4,76 |
| 38,1 | 95 – 100 | 100 | - |
| 19,0 | 37 – 70 | 95– 100 | 100 |
| 9,52 | 10 – 40 | 30 – 60 | 50 – 85 |
| 4,76 | 0 – 5 | 0 - 10 | 0 – 10 |

(SNI 03-2834-2000)

**2.3.1 Abu Ampas Tebu**

Abu ampas tebu adalah abu yang diperoleh dari ampas tebu yang telah diperas niranya dan telah melalui proses pembakaran pada ketel-ketel uap di mana ampas tebu ini digunakan sebagai bahan bakar pada ketel uap di pabrik PT PG Lestari Kertosono. Ketel uap merupakan sumber pembangkit tenaga untuk menggerakan alat penggilingan tebu. Limbah abu ampas tebu yang dihasilkan hanya dihampar dipekarangan dan tidak dimanfaatkan sehingga dapat mencemari udara karena ukurannya yang halus sehingga mudah berterbangan.

Abu ampas tebu yang dihasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran lebih dari 600$°$C sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan warna dari semula berwarna hitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi cokelat agak kemerahan dimana dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki kandungan silikat yang tinggi yaitu sebesar 68,5%. Kemudian abu yang telah dibakar diayak pada ayakan no.200 untuk memperoleh ukuran butiran yang sama dengan semen. Dengan butiran partikel yang halus maka hidrasi akan semakin cepat, karena hidrasi dimulai dari permukaan butir.

Saat awal pencampuran beton maka semen yang bercampur dengan air akan mengalami reaksi hidrasi awaldimana senyawa C3S yang bereaksi dengan H2O akan menghasilkan gel perekat yaitu C3S2H3 yang merupakan senyawa yang memepengaruhi kekuatan terbesar beton dan juga akan melepaskan kapur yang tidak dikehendaki oleh beton yang telah mengeras karena tidak menambah kekuatan beton dan akan menimbulkan bintin-bintik putih pada permukaan beton. Dengan adanya abu ampas tebu yang mengandung SiO2 yang digunakan pada campuran beton kemudian bereaksi dengan kapur yang dibebaskan dari reaksi hidrasi antara semen dengan air sehingga menghasilkan senyawa C3S2H3 yang berfungsi sama seperti semen sebagai perekat.

Tabel 2.4 Komposisi kadar Abu Ampas Tebu

|  |  |
| --- | --- |
| **Komposisi** | **% berat** |
| SiO2 | 73,5 |
| Al2O3 | 7,6 |
| Fe2O3 | 2,7 |
| CaO | 3,0 |
| MgO | 2,6 |
| K2O | 7,1 |
| P2O3 | 1,7 |

(Paturau *dalam* Setyawan, 2006: 4)



Gambar 2.1 Limbah Abu Ampas Tebu

**2.3.2 Batu Karang**

Batu karangmerupakan struktur batuan sedimen dari kapur (kalsium karbonat) di dalam laut, atau disebut singkat dengan terumbu. Batu karang yang terbentuk dari suatu ekosistem tersebut didominasi oleh komunitas koral. Istilah terumbu karang atau batu karang adalah koral, yaitu sekelompok hewan dari *ordo scleractinia* yang menghasilkan kapur sebagai pembentuk utama terumbu. Jadi, batu karang adalah batuan sedimen kapur di laut, yang juga meliputi karang hidup dan karang mati yang menempel pada batuan kapur tersebut. Adapun Jenis-jenis batu karang sebagai berikut:

1. Berdasarkan Tipenya
2. Keras: jenis terumbu karang ini adalah terumbu karang yang tumbuh di sepanjang pantai. Jenis terumbu ini tidak membentuk karang, dan cenderung subur karena mendapatkan sinar matahari yang cukup.
3. Lunak: jenis terumbu ini adalaj terumbu karang yang membentuk batuan kapur di dalam laut. Jenis terumbu ini sangat rapuh dan rentan pada perubahan iklim. Terumbu karang ini adalah pembentuk utama ekosistem terumbu karang.
4. Bentuk dan tempat tumbuhnya
5. Terumbu: terumbu adalah endapan dari batuan kapur. Endapan ini berbetuk seperti punggung laut yang menjadi salah satu pembentuk ekosistem pesisir.
6. Karang: karang adalah biota laut yang memiliki peran dalam pembentukan terumbu. Bentuk karang beruas- ruas seperti bambu.
7. Karang terumbu: karang terumbu adalah karang lunak yang tidak menghsilkan kapur. Karang terumbu banyak di jumpai di daerah pesisir pantai.
8. Terumbu karang: terumbu karang adalah ekosistem di dalam laut, yang pembuatan akibat adanya simbiosis antara hewan dan tumbuhan laut.

Berdasarkan penjelasan tersebut, diperlukan pengecekan sebelum persiapan pencampuran ke dalam adukan beton agar beton terhindar dari sifat korosi air laut yang menempel pada batu karang. Hal ini bertujuan agar beton mampu merekat lebih baik sehingga hasil uji sesuai dengan perencanaan.

Kelebihan batu karang selain sifatnya yang kuat dan padat dengan sejumlah ruang atau pori, yakni material penyusunnya terdapat zat kapur, dimana bahan utama pembuatan semen *portland* juga membutuhkan zat kapur tersebut. Karena sedikitnya masyarakat yang mendaur ulang material tersebut, penggunaan batu karang sebagai pengganti agregat kasar pada beton untuk mengurangi jumlah limbah sisa pengerukan akibat aktivitas pembangunan di tepi pantai.



Gambar 2.2 Pecahan Batu Karang

* 1. *Mix Design*

Sebelum masuk ke *mix* design terlebih dahulu melakukan pengujian bahan khususnya agregat kasar dan agregat halus, yang nantinya hasil dari pengujian tersebut akan dimaksukkan kedalam *mix design*. *Mix design* untuk beton normal pada penelitian ini berdasarkan “Tata Cara Pemilihan Campuran Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa” mengacu pada SNI 7656 - 2012. Spesifikasi/persyaratan beton yang akan diproduksi dapat didasarkan sebagian atau seluruh dari ketentuan berikut ini :

1. Rasio air-semen :

Rasio w/c atau w/(c +p) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Penentuan pemilihan rasio air semen dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.5 Hubungan Antara Rasio Air - Semen (w/c) atau Rasio Air - Bahan Bersifat Semen {w/(c=p)} dan Kekuatan Beton

|  |  |
| --- | --- |
| Kekuatan beton umur 28 hari (MPa) | Rasio air semen |
| Beton **tanpa** tambahan udara | Beton **dengan** tambahan udara |
| 15 | 0,79 | 0,70 |
| 20 | 0,69 | 0,60 |
| 25 | 0,61 | 0,52 |
| 30 | 0,54 | 0,45 |
| 35 | 0,47 | 0,39 |
| 40 | 0,42 | - |

Sumber : SNI 7656 - 2012

1. Kadar semen minimum

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan pada tabel 2.5. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur dibagi rasio air-semen berdasarkan table 2.5.

1. Kadar udara

Kandungan udara beton mempengaruhi kekuatan beton dan kecepatan pembekuan dari beton tersebut. Banyaknya kandungan udara yang diperlukan tergantung dari penggunaan beton yang dikehendaki, sehingga dengan pemeriksaan dapat kita ketahui apakah udara yang terkandung dalam beton masih dalam batas – batas persyaratanyang diizinkan. Banyaknya kadar udara pada beton dapat dilihat pada tabel 2.6 dibawa ini :

Tabel 2.6 Perkiraan Kebutuhan Air Pencampur dan Kadar Udara Untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah

|  |
| --- |
| Air (kg/m3) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah |
| Slump test (mm) | 9,5 (mm) | 12,7 (mm) | 19 (mm) | 25 (mm) | 37,5 (mm) | 50 (mm) | 75 (mm) | 150 (mm) |
| Beton tanpa tambahan udara |
| 25-50 | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 75-100 | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 150-175 | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 179 | 160 | - |
| >175 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Banyaknya udara dalam beton (%) | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| Beton dengan tambahan udara |
| 25-50 | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 75-100 | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 150-175 | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | - |
| >175 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan : ringan (%) | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| Sedang (%) | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 |
| Berat (%) | 7,5 | 7,0 | 6,0 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 |

Sumber : SNI 7656 - 2012

1. *Slump* :

*Slump* Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil.

1. Ukuran besar butir agregat maksimum

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume dapat diliat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton

|  |  |
| --- | --- |
| Ukuran nominal agregatmaksimum (mm) | Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus |
| 2,40 | 2,60 | 2,80 | 3,0 |
| 9,5 | 0,50 | 0,48 | 0,46 | 0,44 |
| 12,5 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,53 |
| 19,0 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,60 |
| 25,0 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,65 |
| 37,5 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,69 |
| 50,0 | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 0,72 |
| 75,0 | 0,82 | 0,80 | 0,78 | 0,76 |
| 150,0 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 |

 Sumber : SNI 7656 – 2012

1. Perkiraan Kadar Agregat Halus

seluruh komponen bahan dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Perkiraan kadar agregat pasir dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Perkiraan Awal Berat Beton Segar

|  |  |
| --- | --- |
| Ukuran nominal agregat maksimum (mm) | Perkiraan awal berat beton (kg/m³) |
| Beton **tanpa** tambahan udara | Beton **dengan** tambahan udara |
| 9,5 | 2280 | 2200 |
| 12,5 | 2310 | 2230 |
| 19,0 | 2345 | 2275 |
| 25,0 | 2380 | 2290 |
| 37,5 | 2410 | 2320 |
| 50,0 | 2445 | 2345 |
| 75,0 | 2490 | 2405 |
| 150,0 | 2530 | 2435 |

Sumber : SNI 7656-2012

**2.5 Pengujian Beton**

**2.5.1 Kuat Tekan**

Perlu catatan bahwa nilai fc’ berarti kuat tekan beton dengan benda uji silinder jika diketahui nilai K, maka kuat tekan perlu dikonversi. Berdasarkan SNI 03-1974-2011 dicantumkan sebagai bahan pertimbangan dan perbandingan.

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm, diameter 150 mm. kuat tekan beton untuk benda uji dimensi yang berbeda dapat diperoleh dengan mengkonversikan hasil kali yang telah tersedia pada SNI 03-1974-2011.



Gambar 2.3 Pengetesan Kuat Tekan Benda Uji Beton

Persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan beton adalah :

$$fc'=\frac{P}{A}$$

Dimana :

fc’ : kuat tekan beton (MPa)

P : Beban hancur (N)

A : Luas silinder (mm2)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton. Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah:

a. permukaan dan bentuk agregat,

b. gradasi agregat, dan

c. ukuran maksimum agregat.

**2.5.2 Kuat Tarik Belah**

Menurut Mulyono (2004), kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tarik tidak dapat langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan penekanan mesin uji tekan (SNI 03 – 2491 – 2002).

Pada penggunaan suatu konstruksi beton, pada dasarnya beton hanya mampu menahan beban tekan. Namun pada penggunaannya beton juga menerima beban tarik yang diakibatkan oleh adanya pergesekan. Beberapa komponen beton di isyaratkan untuk dapat menahan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh perlawanan beton, terhadapkonstruksi akibat faktor lingkungan seperti penyusutan akibat beban suhu. Menentukan tarik dalam beton dengan cara langsung lebih sulit dilakukan, oleh karena itu dikembangan cara pengujia kuat tarik tidak langsung.

Dari cara-cara yang telah dikembangkan, cara yang paling mudah dan sering dilakukan adalah percobaan membelah silinder tersebut (*split cylinder test* ). Dengan membelah silinder ini, maka terjadi pengalihan tegangan-tegangan tarik melalui bidang tempat salah satu diameter dari silinder beton tersebut terbelah sepanjang diameter yang dibebani.

Besarnya tegangan tarik tidak langsung yang dialihkan saat beton itu belah, dapat dihitung menggunakan rumus:

fct = $\frac{2.P}{π.L.D}$

Dimana :

P : Beban (kg)

D : Diameter silinder (mm)

L : Panjang silinder (mm)

**2.5.3 *Absorpsi***

Penyerapan merupakan kemampuan air untuk bergerak melalui rongga-rongga kapiler melalui permukaan hingga lapisan dalam pada beton ketika benda tersebut bersentuhan dengan air. Biasanya penelitian *absorpsi* diukur dengan menghitung prosentase antara perbedaan massa dari kondisi kering dengan kondisi SSD (*saturated surface dry*).

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-6433-2000, tentang tata cara perhitungan pengujian penyerapan air (*absorpsi*) digunakan persamaan sebagai berikut :

*Absorpsi* = $\frac{B-A}{A} x 100\%$

Dimana :

A : Berat Benda Uji Kering (kg)

B : Berat Benda Uji Setelah Direndam (kg)

**2.5.4 *Slump Test***

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecekan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan.

*Slump* pada dasarnya salah satu pengetesan sederhana untuk mengetahui *workability* beton segar sebelum diterima dan diaplikasikan dalam pekerjaan pengecoran. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan:

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity)*
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness).*
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability).*
4. Kemampuan beton segar dalam mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility).*
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity).*

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slum*p. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan, dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu :

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir ke bawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

|  |
| --- |
| Gambar 2.4 Tipe-tipe Keruntuhan Slump |

Pengukuran *slump test* mengacu pada aturan yang ditetapkan dalam [SNI 1972-2008 (Cara Uji](http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/sni-1972-2008_cara_uji_slump_beton.pdf%22%20%5Ct%20%22_blank) *[Slump](http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/sni-1972-2008_cara_uji_slump_beton.pdf%22%20%5Ct%20%22_blank)* [Beton)](http://lauwtjunnji.weebly.com/uploads/1/0/1/7/10171621/sni-1972-2008_cara_uji_slump_beton.pdf%22%20%5Ct%20%22_blank). Pengukuran *Slump* berdasarkan peraturan ini dilakukan dengan alat sebagai berikut:

1. Kerucut Abrams:
2. Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan di bawah terbuka.
3. Diameter atas 102 mm.
4. Diameter bawah 203 mm.
5. Tebal plat minimal 1,5 mm.
6. Bentang besi penusuk:
7. Diameter 16 mm.
8. Panjang 60 cm.
9. Memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16mm.
10. Alas : datar, dalam kondisi lembab tidak menyerap air dan kaku.

|  |
| --- |
| PictureGambar 2.5 Tampak Atas dan Samping Kerucut Abrams |

Tabel 2.9 Kategori Nilai *Slump Test*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Keterangan** | **Nilai *Slump* (mm)** | **Air Yang Diperlukan (%)** |
| Sangat Kering | - | 78 |
| Sangat Keras | - | 83 |
| Keras | 0-30 | 88 |
| Agak Plastis | 30-80 | 92 |
| Plastis | 80-130 | 100 |
| Encer | 130-180 | 106 |

(*buku referensi “Propeties of Concrete” oleh AM Neville*)

**2.6 Beton Struktural**

Beton struktural adalah beton yang menerima beban struktur sehingga dalam pengerjaannya memerlukan perhitungan khusus dengan spesifikasi khusus material-material yang ada didalamnya. Beton jenis ini biasanya berada di pondasi, kolom, sloof, balok, plat lantai, dan ring balok.

Beton struktural merupakan bagian bangunan yang menjadikan struktur tetap kokoh dan stabil dalam mendukung beban. Terganggunya fungsi salah satu elemen dapat mempengaruhi perilaku struktur secara keseluruhan. Termasuk elemen struktural adalah kolom, balok, pondasi, rangka atap dan dinding geser. Menurut SNI 2847 (2013) beton struktural harus memiliki kuat tekan beton (fc’) tidak boleh kurang dari 20 MPa