

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Beton dan Perkembangannya

Munculnya bahan konstruksi beton sebenarnya sudah diketahui mulai sejak pada abad 6 SM ditemukan pertama kalinya oleh bangsa Mesir, seperti halnya yang kita ketahui konstruksi *Pyramid* merupakan fakta-fakta yang ada bahwa kemunculan beton sudah ada. Bahan yang mereka gunakan tergolong sederhana menggunakan jerami sebagai pengikat batu kering, *gypsum*, semen kaput dalam pertukangan batu. Selanjutnya pengetahuan beton ditemukan juga pada masa Bangsa Yunani Kuno, orang Roma membuat beton pertama dengan menggunakan batu kapur calcined yang dicampur kapur *putty* dengan debu bebatuan atau abu vulkanik sebagai agregat pembentuk beton. Bahan tersebut digunakan bahan konstruksi untuk membangun infrastruktur berupa jalan, bangunan-bangunan, dan saluran air (terowongan air). Namun perkembangan pada beton secara maksimal berkembang pada abad ke-18.

Perkembangan beton tersebut dipakarsai oleh beberapa tokoh yang mempelopori perkembangan beton ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pada tahun 1855 Pameran Dunia di Paris, Prancis Selatan **J.L. Lambot** mampu membuat sebuah kapal kecil yang terbuat dari beton, itu merupakan kapal dari beton pertama kali yang ada di dunia. Beliau berencana untuk membesarkan ukuran kapal tersebut dengan menambahkan batang besi dan kawat. Dan untuk melanjutkan dari kapal sederhana yang dibuat oleh **J.L Lambot** sebelumnya, pada tahun 1890-an muncul seorang Italia **C. Gabellini** yang membangun kapal dengan skala yang lebih besar dari sebelumnya dengan menggunakan bahan beton.
2. Pada tahun 1887, **H. Le Chatelier** muncul beliau mencoba berinisiatif untuk produksi Semen *Portland*, dengan cara menyusun perbandingan oksida untuk mempersiapkan campuran dengan unsur-unsur pokok *Tri Kalsium silikat, Aluminat, dan Ferrit*.
3. Tahun 1854 muncul **W. Wilkinson dari Newcastle** dia orang pertama kali yang telah melakukan konstruksi beton bertulang pada bangunan-bangunan rumah; contoh-contoh konstruksi yang dia buat adalah Rumah Tinggal Tahan Api, Gudang ,

Bangunan lainnya serta bagian-bagian lainnya yang sama. **Wilkinson** pun juga mampu membangun pondok dengan tingkat dua kecil, dengan atap berbahan batang besi dan tali kawat, dan lantai beton bertulang. Beberapa struktur pada jenis ini telah dibangun dan dia percaya jika setiap bangunan harus membangun bangunan dengan beton bertulang untuk menjaga dari kegagalan struktur.

4. Bangunan beton bertulang US pertama kali tepatnya rumah *di Port Chester, New York* pada tahun 1871 dan 1875 dipelopori oleh **W. E. Ward**. Dia membuat selebaran yang berjudul “ *Beton in Combination with Iron As a Building Material* ”. dia menggunakan bahasa perancis Beton yaitu menjadi *Concrete*.
5. Tepatnya tahun 1899 **T. A. Edison** mulai membangun perusahaan Semen *Portland Edison*, di *New Jersey*. Dia merancang bentuk cetakan besi untuk bangunan rumah yang berupa lantai, tangga, dan tangga dengan menggunakan bahan beton sebagai inovatif dalam merancang.
6. **F. Hennebique** merupakan kontraktor yang memulai pembangunan rumah-rumah dengan beton bertulang di Perancis pada tahun 1870. Dia mendapat penghargaan *The Hennebique Concrete System* di Prancis, Belgia, Italia, Amerika Selatan dan Negara-negara lainnya.
7. Pada tahun 1921-1935 **E. Torroja, engineer** yang merupakan orang berkebangsaan Spanyol mampu membuat hangar balon udara parabolic beton yang luas di bandara *Orly*, Paris setelah menyelesaikan pembangunan tersebut dia melanjutkan merancang kubah tinggi rendah (*low-Rise Dome*) dan yang terakhir dia dipercaya untuk mengerjakan tugas konstruksi perancangan Atap stadion berkantilever di *Madrid Hippodrome*.
8. **C.A.P. Turner**, pada tahun 1906: pada pertama kali dia dapat mengembangkan flat slab tanpa balok dengan menggunakan bahan beton .
9. **Frank Lloyd Wright** adalah orang pertama yang mampu memanfaatkan Kantilever sebagai bentuk rancangan, contoh penggunaan kantilever pada *The Kaufman House* (1936). Pada tahun 1970, dia membuat beton yang terbilang unik yaitu bangunan beton bertulang yang berserat pertama yang dibangun.

2.2. Beton

Awal mula terbentuknya beton merupakan pencampuran antara agregat kasar, agregat halus, air dan semen *portland*. Namun dengan semakin berkembangnya jaman terkadang pada beton tersebut diberi variasi bahan tambahan (*admixture*) yang berfungsi untuk

menambah ataupun memperbaiki kualitas beton yang bisa berupa bahan kimia maupun non kimia. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Agregat, semen, dan air dicampur, sehingga bersifat plastis dan mudah untuk dikerjakan. Sifat inilah yang memungkinkan adukan beton dapat dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Dengan bercampurnya semen dengan air dan agregat, terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi yang menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan yang berlangsung terus-menerus pada suatu kelembapan dan suhu yang sesuai (Murdock dan Brook, 1986).

Fungsi dari beton adalah sebagai penahan beban karena seperti yang kita ketahui bahwa beton memiliki sifat yang kuat apabila diberi beban tekan namun kelemahan dari beton adalah kurang baik dalam menahan gaya tarik. Sehingga diperlukan tulangan-tulangan baja yang dipasang didalam beton untuk menahan gaya tarik yang terjadi.

Nilai kekuatan beton sendiri bergantung pada pengaturan perbandingan semen, air, dan agregat, dimana yang menjadi faktor utama dalam penentuan kekuatan beton adalah perbandingan dari air terhadap semen yang disebut faktor air-semen. Semakin kecil faktor air-semen, maka akan semakin tinggi kuat tekan beton yang di hasilkan. Kelebihan air dapat mempermudah pengerjaan beton saat pengecoran, akan tetapi dapat mengurangi kekuatannya. Yang menjadi tujuan utama perencanaannya adalah memperoleh campuran beton dengan kekuatan optimum, dengan semen minimum, dan kemampuan pekerjaan yang dapat diterima (Kartini Aprianti, 2017).

Setiap pembangunan bahan kontruksi beton merupakan bahan yang paling diperlukan untuk pembangunan bisa berupa jembatan, bangunan, jalan maupun yang lainnya. Beton sangat sering digunakan untuk kontruksi karena memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu :

- **Kelebihan beton**

1. Mudah dicetak maupun dibentuk sesuai kebutuhan kontruksi
2. Mampu menahan beban yang berat
3. Beton mampu bertahan terhadap api ataupun temperatur tinggi selama satu sampai tiga jam tanpa bahan kedap air
4. Tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi
5. Keawetan yang dimiliki beton cukup baik

- **Kekurangan beton**

1. Ketika cetakan sudah buat dan beton sudah jadi maka tidak bisa diubah kembali ataupun sulit untuk diubah kembali
2. Mempunyai berat yang vukup besar
3. Dalam pekerjaannya diperlukan ketelitian yang tinggi

2.3. Batako

Campuran pembentuk batako sebagai bahan kontruksi adalah antara semen, pasir dan air yang kemudian di press kedalam cetakan yang sesuai dengan standart. Menurut PUBI-1982 batako atau batu cetak tras-kapur adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam suasana lembab, campuran tras, kapur dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Batako merupakan bahan bangunan yang biasanya digunakan untuk pasangan dinding atau dinding tembok. Jenis batako ada 2 golongan, yaitu batako padat dan batako berlubang. Sifat peredam panas yang dimiliki oleh batako berlubang lebih baik daripada bratako padat dengan menggunakan bahan dan ketebalan yang sama.

Batako mempunyai sifat – sifat panas dan ketebalan total yang lebih baik daripada beton padat. Batako dapat disusun 4 kali lebih cepat dan cukup untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Dinding yang dibuat dari batako mempunyai keunggulan dalam hal meredam panas dan suara. Semakin banyak produksi batako semakin ramah terhadap lingkungan daripada produksi batu bata tanah liat karena tidak harus dibakar (Harun Mallisa, 2011). Beberapa jenis bata beton menurut SNI 03-0349-1989 yaitu :

- a. Bata beton pejal
- b. Bata beton berlobang

2.3.1. Bata Beton Berlubang

Menurut SNI 03-0349-1989, Bata beton berlubang merupakan bata yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau semacamnya yang akan ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya. Pada beton berlubang memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih besar dari 25% volume batanya.



Gambar 2.1 Bata Beton Berlubang setelah dilepas dari bekisting



Gambar 2.2 Bata beton Berlubang

Sumber dari CV.Wisaga PM

Beberapa merupakan hal-hal yang dapat mempengaruhi mutu bata beton berlubang, antara lain :

1. Faktor Air Semen

FAS merupakan suatu perbandingan dari berat air dengan semen dalam suatu *mix design*, dan sangat berpengaruh terhadap *mix design* bata beton berlubang dalam hal kekuatan maupun kemudahan dalam pengerjaan (*workability*). Untuk nilai faktor air semen ini berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau bisa disesuaikan dengan kondisi saat pencampuran. Faktor Air Semen ini untuk memudahkan pembuatan bata beton berlubang yang dibuat pada batas kondisi adukan legas tanah, agar adukan didapatkan secara maksimal. Mengetahui hal tersebut, maka dalam pembuatan bata beton berlubang tidak memiliki patokan angka untuk faktor air semen, karena sangat bergantung dengan campuran penyusunannya (Sari, 2010).

2. Sifat Agregat

a. Kekerasan Agregat

Bata beton berlubang mempunyai kekuatan dan kekerasan yang tinggi, untuk perlu adanya agregat yang memiliki kekerasan yang tinggi pula. Namun untuk kekerasan agregat tergantung pada kandungan silika, semakin tinggi kandungan silika pada agregat maka semakin keras pula agregat tersebut.

b. Susunan Besar Butir Agregat

Bata beton berlubang harus tersusun dari berbagai macam ukuran agregat. Hal ini dapat mengurangi penggunaan air dan semen dalam pembuatannya, karena celah antar butiran yang agak besar dapat terisi oleh butiran yang lebih kecil. Ukuran butiran pada bata beton berlubang yang dibutuhkan yaitu yang lebih besar dari saringan nomor 200 (0,074 mm).

c. Kebersihan Agregat

Kebersihan antara agregat sangat penting untuk diperhatikan, agregat tidak boleh mengandung zat organik, garam sulfat, lemak, lumpur dan sebagainya. Karena bahan-bahan tersebut dapat menghambat pengikatan semen dan agregat selain itu mengurangi kekuatan pada bata beton tersebut

3. Umur Bata Beton Berlubang

Semakin bertambahnya umur bata beton berlubang, maka kuat tekannya pun akan bertambah tinggi atau semakin kuat. Standart kekuatan pada bata beton berlubang yang dipakai adalah kekuatan pada umur 28 hari, apabila diinginkan untuk mengetahui kekuatan bata beton berlubang pada umur 28 hari, maka dapat dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 3 atau 7 hari dan hasilnya dapat dikalikan dengan faktor tertentu untuk mendapatkan perkiraan kuat tekan bata beton berlubang pada umur 28 hari.

4. Kepadatan Bata Beton Berlubang

Kepadatan bata beton berlubang dapat berpengaruh pada kekuatannya, maka campurannya harus dibuat sepadat mungkin. Karena adanya kepadatan yang lebih ini dapat memungkinkan bahan dapat menjadi semakin keras dari sebelumnya yang tidak dipadatkan, serta untuk membantu merekatnya bahan campuran pembuatan bata beton berlubang dengan semen yang dibantu dengan air (Haryanto, 2011).

2.3.2. Syarat Mutu Bata Beton

2.3.2.1. Pandangan luar

Bidang permukaannya harus tidak cacat. Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari tangan(SNI 03-0349-1989).

2.3.2.2. Ukuran dan toleransi

Berdasarkan **SNI 03-0349-1989** ukuran bata beton harus sesuai dengan tabel sebagai berikut : **Tabel 2.1.** Ukuran bata beton

| JENIS | UKURAN | | | TABEL DINDING SEKATAN LOBANG ,MINIMUM | |
|--------------|---------------|---------------|---------|---------------------------------------|-------|
| | PANJANG | LEBAR | TEBAL | LUAR | DALAM |
| 1. PEJAL | 390 + 3 -5 | 90 ± 2 | 100 ± 2 | - | - |
| 2. BERLOBANG | | | | | |
| a. KECIL | 390 + 3 -5 | 190 + 3 -5 | 100 ± 2 | 20 | 15 |
| b. BESAR | 390 + 3 -5 | 190 + 3 -5 | 200 ± 3 | 25 | 20 |

2.3.2.3. Syarat fisis

Bata beton harus memenuhi syarat-syarat fasis berdasarkan **SNI 03-0349-1989** sebagai berikut : **Tabel 2.2.** Syarat-syarat fisis bata beton

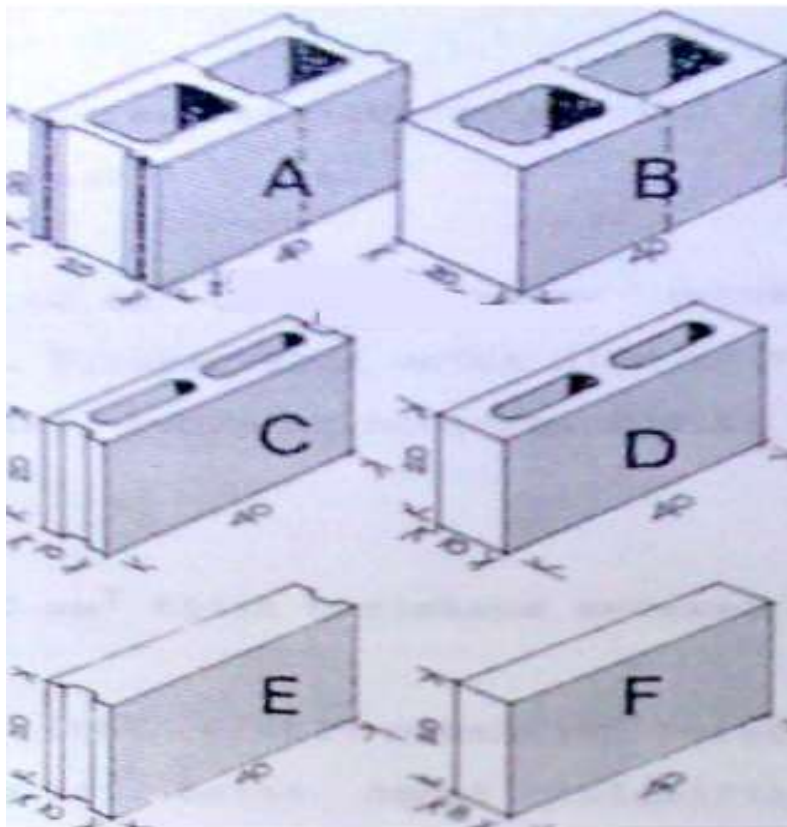
| Syarat fisis | Satuan | Tingkat mutu bata beton pejal | | | | Tingkat mutu bata beton berlubang | | | |
|--|--------------------|-------------------------------|----|-----|----|-----------------------------------|----|-----|----|
| | | I | II | III | IV | I | II | III | IV |
| 1. Kuat tekan bruto* rata-rata min. | kg/cm ² | 100 | 70 | 40 | 25 | 70 | 50 | 35 | 20 |
| 2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min. | kg/cm ² | 90 | 65 | 35 | 21 | 65 | 45 | 30 | 17 |
| 3. Penyerapan air rata-rata maks. | % | 25 | 35 | - | - | 25 | 35 | - | - |

*) Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi

2.3.3. Tipe-tipe Batako

Menurut Supribadi,1986 berdasarkan tipe-tipenya batako memiliki 6 tipe yaitu :

1. **Tipe A : Ukuran 20.20.40 cm** berlubang untuk tembok/dinding pemikul dengan tebal 20 cm.
2. **Tipe B : Ukuran 20.20.40 cm** berlubang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
3. **Tipe C : Ukuran 10.20.40 cm** berlubang dipergunakan sebagai penutup dinding pengisi dengan tebal 10 cm dan memiliki void di sisinya.
4. **Tipe D : Ukuran 10.20.40 cm** berlubang sebagai dinding pengisi pemisah dengan tebal 10 cm.
5. **Tipe E : Ukuran 10.20.40 cm** tidak berlubang untuk tembok-tembok setebal 10 cm. Dipergunakan untuk dinding pengisi atau pemikul sebagai hubunan sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan
6. **Tipe F : Ukuran 8.20.40 cm** tidak berlubang sebagai dinding pengisi



Gambar 2.3 Tipe-tipe batako(Hendratmo:2010)

2.3.4. Kelebihan dan Kekurangan

2.3.4.1. Kelebihan Batako

1. Cara pemasangan saat dilapangan lebih cepat daripada batu bata
2. Lebih ekonomis namun juga ramah lingkungan
3. Apabila luasan batako sama dengan batu bata, beratnya 1/3 dari batu bata
4. Mampu menjadi peredam yang baik daripada batu bata

2.3.4.2. Kekurangan Batako

1. Lemah apabila digunakan untuk menahan atau peredam panas
2. Jika dibuat tidak sesuai dengan standart atau apa adanya kekuatannya akan jauh lebih rendah dari pada batu bata

2.4. Serat Benang

Serat merupakan bahan baku yang paling utama untuk tekstil. Serat adalah benda padat yang mempunyai ciri atau bentuk khusus yaitu ukuran panjangnya relatif lebih besar dari ukuran lebarnya. Serat diperoleh/berasal dari alam dan buatan.

2.4.1 Serat Alam

Serat alam (natural fibers), adalah serat nabati/dari tumbuh-tumbuhan (seperti kapas, linen, ramie, kapok, rosela, jute, sisal, manila, coconut, daun/sisal, sabut) dan serat hewani (seperti wool, sutera, cashmere, llama, unta, alpaca, vicuna).

A. Serat Nabati/Alam Tumbuhan

1. Kapas

Kapas adalah bulu biji pohon kapas dan bergantung pada bibit dan daerah penanamannya. Kapas berisifat pipih dan berpilin pilin. Pilin ini asli, sehingga dapat mencegah serabut serabut bergelincir saat dipintal, hal ini menjadi ciri benang kapas lebih teguh, hal ini menjadi ciri benang kapas lebih kuat dibanding lainnya secara staple. kain yang dihasilkan oleh kapas akan mempunyai keenakan dipakai karena sifatnya menyerap air yang baik, dengan proses mercerisasi kapas akan mempunyai kilau seperti sutera.

2. Lenan

Lenan juga disebut Vlas/ flaks, bahan ini diperoleh dari kulit pohon Vlas. Vlas tidak berpilin seperti halnya kapas, tetapi dinding vlas lebih tebal

dibanding kapas, sehingga kekuatannya besar. Untuk membedakan kain kapas dengan lenan adalah menghadapkan kain tersebut pada cahaya matahari atau lampu, pada kain kapas akan terlihat rata dibanding lenan. Kain kapas kurang kuat dibanding dengan lenan, tetapi kain lenan lebih kaku dibanding kapas. Kain lenan lebih baik daya serapnya dibanding kapas, maka lebih baik untuk lap atau handuk.

B. Serat Hewani/Alam Binatang

1. Wol

Serat wol adalah bulu domba atau biri biri. Jenis wol bermacam-macam bergantung dari asal dan bagian bagian tubuhnya. Ciri-ciri wol adalah dindingnya terdiri dari sisik sisik tertindih satu sama lain seperti sisik ikan.

2. Sutera

Sutera adalah benang yang dibelitkan oleh ulat sutera pada badannya sebelum ia menjadi kepompong, yaitu bentuk ulat sebelum menjadi kupu kupu. Kain terbuat dari benang sutera akan mempunyai kilap atau kilau yang baik, kainnya menghisap air tanpa lembab. Kainnya halus dan tenunannya tidak lekas kusut tetapi ada sutera kasar sedikit kilaunya. Tenunan dari sutera ini seperti kapas tetapi jika dikepal akan bergemerisik. Tenunan yang terbuat sutera liar akan memberikan hasil yang kurang dibanding sutera asli dalam hal keratannya, sehingga tenunannya kasar biasa disebut Shantung. Kainnya kasar kurang kilaunya dan mudah kusut.

2.4.2 Serat Buatan

Serat buatan (man made fibers), adalah artificial fiber (seperti rayon, acetate), synthetics fiber (seperti polyester/tetoron, acrylic, nylon/poliamida), dan mineral (seperti asbes, gelas, logam).

1. Rayon

serat ini adalah tiruan yang menyerupai sutera seperti halnya sutera serat rayon panjang. Kain rayon mempunyai sifat lekas kusut, tidak cepat kotor, dan mudah dibersihkan. Kain rayon yang mempunyai tetal dan anyaman yang jarang akan mengakibatkan benangnya mudah digelintir, kain ini terasa dingin, lembut dan lunak.

2. Polyester

Serat ini mempunyai kekuatan mulur yang baik. Serat ini paling banyak dipergunakan karena sifatnya mudah dalam penanganan, tahan kusut dan awet. Kain yang terbuat dari serat ini jika masih baru mengandung zat anti statistic. Zat ini hilang saat pencucian, kain ini tidak mudah kusut, tidak enak dipakai, tetapi dengan mencampurkan dengan kapas akan menghasilkan kain yang enak.

3. Nylon

Penampang Nylon hampir sama dengan poliester, kekuatan dan kehalusan lebih baik, lebih lembut, dan daya lenturnya tinggi. Kain ini yang terbuat dari nylon lebih transparan dibanding dengan poliester tetapi daya serapnya kurang dan mudah berbulu.

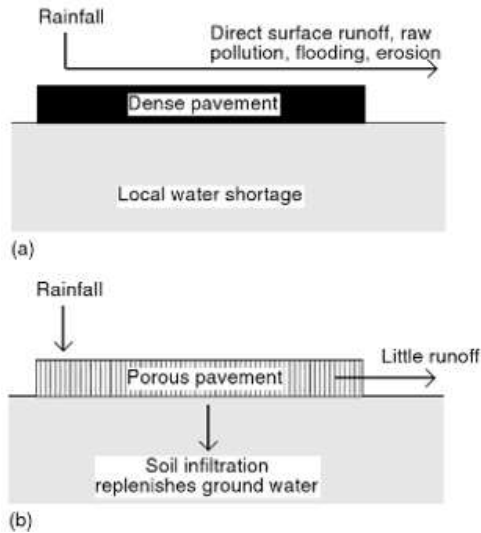
2.5. Beton Porous

Beton berpori (Porous Concrete) adalah material beton spesial dengan porositas tinggi yaitu antara 15-30% rongga udara sehingga mudah untuk dilalui air. Beton berpori dibuat dari campuran air, semen, dan agregat kasar dengan sedikit atau tanpa agregat halus agar didapatkan pori-pori yang cukup banyak dan berhubungan. Fungsi utama beton porus adalah sebagai perkerasan beton penutup permukaan tanah dengan tujuan agar dapat air dapat dengan mudah mengalir ke bawahnya, dan dengan demikian kelebihan air permukaan akan dapat kembali terserap ke dalam tanah, daripada hanya terbuang ke laut (Paul et all, 2004).

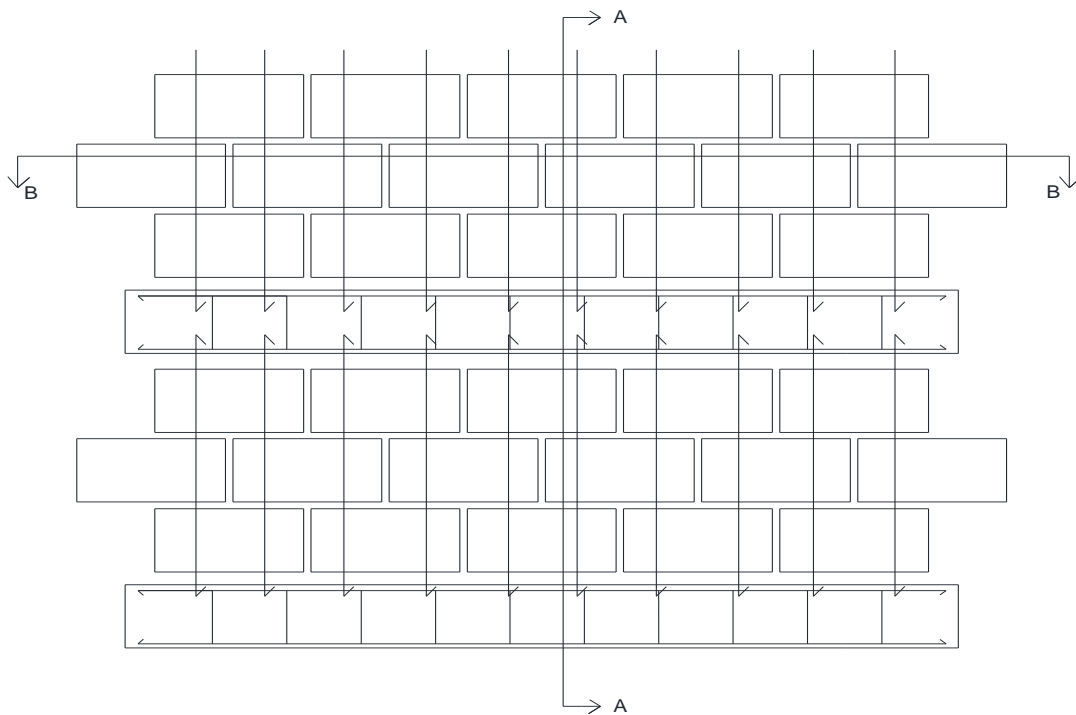
Menurut (Harber, 2005), beton porus atau beton non pasir adalah campuran antara semen, air, dan agregat kasar dengan diameter seragam untuk menghasilkan material yang porus. Beton tersebut memiliki volume rongga yang besar dengan penurunan kekuatan yang masih dapat diterima dan berat sendiri yang ringan. Beton ini memiliki beberapa nama yaitu beton non pasir, beton *pervious*, dan beton porus.

Beton porous yang bisa dikenal dengan *pervious concrete* merupakan beton yang kurang lebih campurannya mirip dengan beton konvensional yang sering kita jumpai. Namun perbedaannya adalah beton konvensional campurannya agregat kasar, agregat halus, air dan semen. Namun apabila beton *porous* campurannya agregat kasar, air, semen dan tanpa menggunakan agregat halus. Akibatnya jika tidak menggunakan agregat halus adalah beton tersebut akan mempunyai banyak rongga-rongga pada beton, dan ada kemungkinan beton akan dilewati oleh air. Seperti dijelaskan pada ACI (American Concrete Institute) 522 R-10

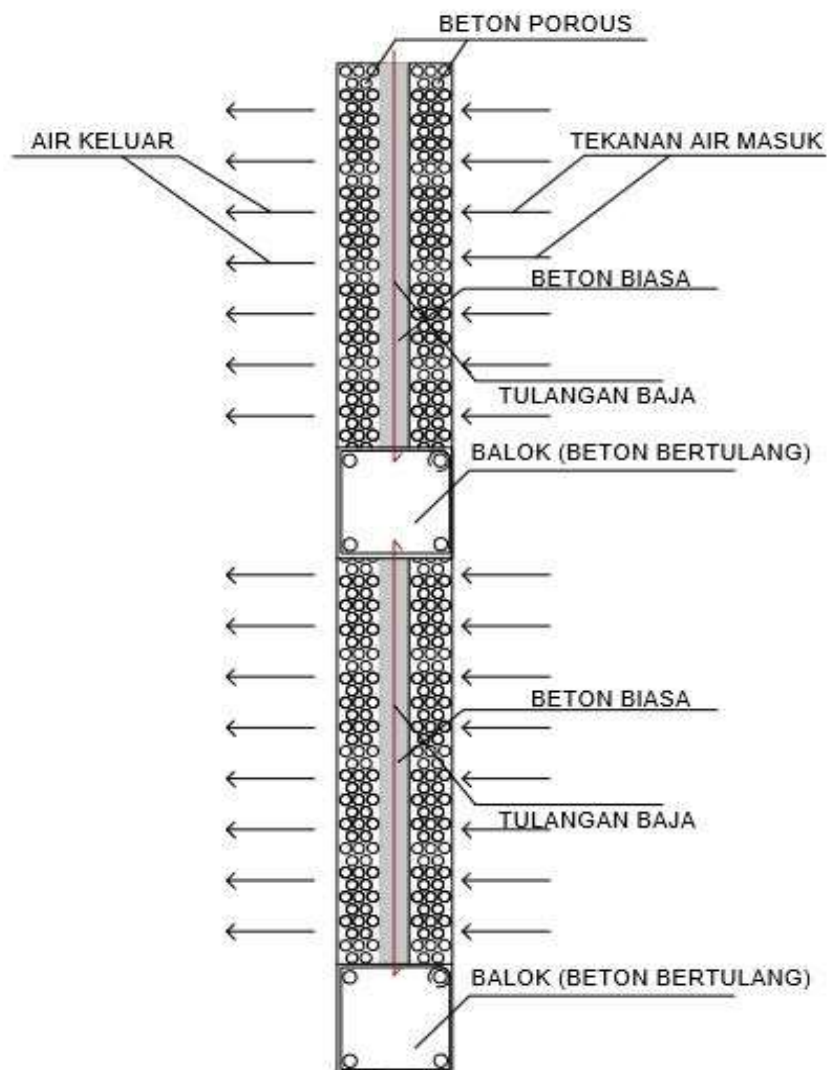
Report on Pervious Concrete, beton *poruos* dapat diartikan beton tidak mempunyai nilai slump atau bisa disebut nilai slump yang mendekati nol, yang terbentuk dari semen, agregat kasar, dengan sedikit agregat halus atau tidak menggunakan agregat halus sama sekali, air, dan bahan tambahan (*admixture*).



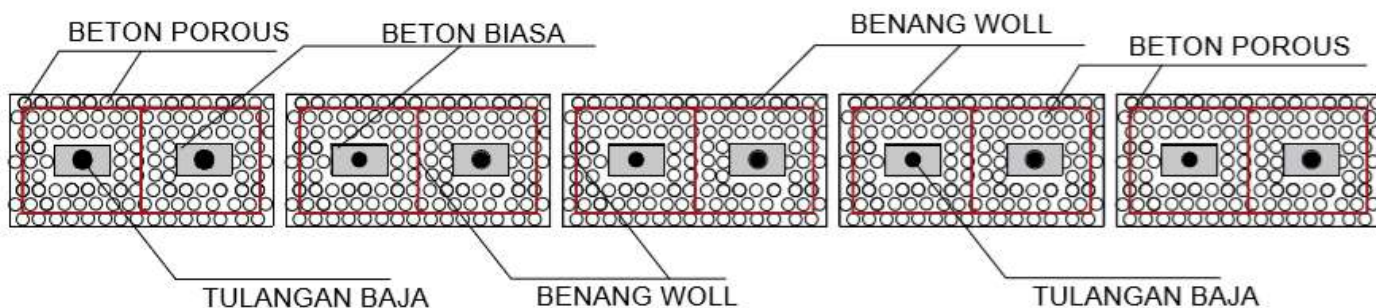
Gambar 2.4 Efek hidrologi terhadap perkerasan kaku dan perkerasan porous
Sumber: Ferguson (2005)



Gambar 2.5 Dinding penahan tanah dengan batako beton *porous*
Sumber: Data Pribadi



Gambar 2.6 Potongan memanjang, kondisi yang terjadi apabila air merembes ke dinding penahan tanah Sumber: Data Pribadi



Gambar 2.7 Potongan melintang, dinding penahan tanah Sumber: Data Pribadi

Beton *porous* memiliki beberapa fungsi salah satunya adalah rongga yang berada beton tersebut dapat mengalirkan genangan-genangan air maupun air hujan hingga memungkinkan air untuk diserap oleh tanah. Untuk agregat yang digunakan adalah agregat kasar yang memiliki ukuran gradasi yang seragam agar hasil yang diperoleh baik. Beton *porous* juga memiliki angka pori relatif lebih tinggi daripada beton konvensional biasanya yang artinya kekuatan yang dimiliki beton *porous* jauh lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional. Oleh karena itu beton *porous* cocoknya digunakan untuk daerah lalu lintas, lapangan parkir, area rekreasi, trotoar, jalan lokal yang tidak terlalu banyak dilewati kendaraan akan tetapi kurang cocok untuk digunakan pada struktur bangunan, namun apabila batako beton *porous* pada lubangnya di beri tulangan baja maka bisa dijadikan struktur kolom seperti pada gambar (gambar 2.5) dan bisa juga digunakan sebagai dinding penahan tanah yang tidak memerlukan pipa air karena air bisa merembes ke pori-pori beton *porous* seperti pada gambar (gambar 2.6). Rancangan beton berpori dengan seleksi gradasi mampu untuk menahan beban lalu lintas ringan dan meloloskan air sehingga air hujan dapat dimanfaatkan secara optimal serta mempertahankan permukaan tanah tetap menjadi area terbuka hijau. (Rochim et all, 2014). Kita bisa lihat seperti gambar dibawah, infiltrasi pada permukaan beton *porous* apabila permukaan nya terkena air.



Gambar 2.8 Infiltrasi pada permukaan beton *porous* di tempat parkir akuarium florida di Tampa, Florida (Sumber: Ferguson, 2005)

2.6 Bahan Penyusun Beton *Porous*

Pencampuran bahan-bahan yang digunakan untuk membuat beton *porous* memiliki peranan penting masing dari setiap bahan. Untuk mendapatkan beton *porous* yang baik harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut .

2.6.1. Semen *Portland*

Semen merupakan bahan paling utam pada pembuatan beton karena mempunyai sifat adhesif dan kohesi yang dapat merekatkan antara fragmen-fragmen mineral untuk menjadi satu kesatuan yaitu massa yang padat. Dan semen dapat mengisi pada beton kira-kira 10% dari volume beton yang kita buat.

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

Beton yang dibuat dari semen portland biasa memerlukan waktu sekitar dua minggu untuk mencapai kekuatan yang cukup besar untuk dipindahkanmdarimcetakannya dan untuk menerima beban berkekuatan sedang. Beton seperti itu mencapai kekuatan desainnya setelah 28 hari dan terus mengalami peningkatan sesudahnya namun dengan tingkat penambahan yang lebih lambat (McCormac, 2004)

Tipe-tipe semen ada beberapa yang digunakan sesuai dengan penggunaannya, berikut merupakan jenis semen berdasar kegunaanya adalah sebagai berikut :

1. Semen jenis I, yaitu semen *portland* yang digunakan untuk kontruksi umum biasanya diaplikasikan pada bangunan umum (gedung dan jembatan)
2. Semen jenis II, yaitu semen *portland* yang digunakan untuk kontruksi sedang apabila penggunaannya butuh kekuatan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen jenis III, yaitu semen *portland* yang digunakan untuk kontruksi yang penggunaannya perlu kekuatan tinggi pada tahap awal permulaan dan cepeng mengeras.
4. Semen jenis IV, yaitu semen *portland* yang digunakan untuk kontruksi yang memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Semen jenis V, yaitu semen *portland* yang digunakan untuk kontruksi yang menginginkan daya tahan tinggi terhadap adanya sulfat.

Berikut merupakan susunan yang terdapat dalam bahan dasar semen *portland* .

Tabel 2.3. Susunan unsur semen portland (Sumber : Tjokrodimuljo, 2007)

| UNSUR | KOMPOSISI (%) |
|--|---------------|
| Kapur (CaO) | 60-65 |
| Silika (SiO ₂) | 17-25 |
| Alumina (Al ₂ O ₃) | 3.0-8.0 |
| Besi (Fe ₂ O ₃) | 0.5-6.0 |
| Magnesia (MgO) | 0.5-4.0 |
| Sulfur (SO ₃) | 1.0-2.0 |
| Soda/potash (Na ₂ O+K ₂ O) | 0.5-1.0 |

2.6.2. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan bahan dasar yang cukup penting oleh karena itu air yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik dan sebelumnya dicampurkan harus dipastikan bahwa air tersebut tidak tercampur dengan bahan-bahan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada beton contohnya seperti senyawa kimia, asam alkali, klorida, benda-benda melayang, zat organik, senyawa sulfat, lumpur, garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton.

Air dibutuhkan sebagai pembuatan beton agar mengalami reaksi kimiawi dengan semen karena tanpa adanya air semen tidak dapat mengeras serta mampu menjadi pelekat antara butir-butir agregat dan membuat pasta semen lebih mudah dikerjakan. Perbandingan yang digunakan untuk air terhadap semen sangat diperlukan ketika membuat beton, yang seringkali kita sebut dengan faktor air semen (FAS).

Air yang dibutuhkan untuk pencampuran dengan semen hanya sekitar 25%-30% dari berat semen, namun ketika dilakukan dalam lapangan faktor air semen yang kurang dari 35% akan sangat sulit untuk di aduk dan sulit dikerjakan. Akan tetapi jumlah air untuk pelicin pada adukan beton tidak boleh terlalu banyak karena dapat mempengaruhi beton setelah mengeras yaitu beton akan porous sehingga kekuatannya akan rendah (Tjokrodimuljo, 2007). Menurut ACI 522R-10 persentase faktor air semen yang paling baik dicapai oleh beton porous pada 0,26 sampai dengan 0,45, dimana memberikan kondisi pasta yang stabil dan lapisan yang cukup merata pada agregat.

2.6.3. Agregat

Agregat pada pembuatan beton merupakan komponen material yang sangat berperan dalam menentukan besarnya kekuatan pada beton, kualitas dan dapat mempengaruhi daya tahan pada beton tersebut. Agregat memiliki fungsi sebagai bahan pengisi pada beton, untuk mencapai ukuran pampat beton, *workability* yang baik pada beton dan untuk mengurangi penyusutan ketika beton mengeras (stabilitas volume).

Agregat yang harus digunakan harus kuat, bersih dan mampu tahan lama karena jika pada agregat tersebut terdapat debu maupun partikel yang menempel akan dapat mengganggu daya ikatan antara pasta semen dengan agregat. Pada beton biasanya agregat mengisi sebanyak 60% sampai 80% volume agregat.

Perbedaan jenis agregat sering kita lakukan dengan disarkan pada ukuran butirnya, agregat yang memiliki ukuran besar maka disebut agregat kasar dan sebaliknya jika memiliki butir-butir yang halus disebut agregat halus. Namun berdasarkan *American Society for Testing and Materials (ASTM) C-33*, agregat halus mempunyai batas ukuran butiran atas pada saringan No. 4 atau sebesar 4,7 mm dan memiliki batas ukuran butiran bawah yaitu saringan nomor 200 atau sebesar 0,075 mm. Untuk agregat kasar mempunyai batas ukuran butiran 5 sampai 70 mm, dengan mempunyai batasan minimal untuk tertahan pada saringan nomor 4. Pada penggunaan beton *porous* sendiri biasanya yang dominan adalah agregat kasar dan sedikit agregat halus, atau bahkan tidak ada agregat halus sama sekali.

A. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan pendistribusian dari variasi-variasi ukuran agregat. Pemilihan gradasi ini akan sangat berpengaruh terhadap besarnya rongga yang ada pada campuran dan dapat menentukan *workability* (kemudahan dalam mengerjakannya). Gradasi agregat dapat

di dapat dengan metode analisa saringan, dimana agregat-agregat harus melalui beberapa saringan yang diperlukan atau sesuai dengan kebutuhan yang kita butuhkan. Bila gradasi agregat dibedakan berdasarkan ukuran dibagi menjadi dua jenis, yaitu agregat dengan gradasi baik dan gradasi buruk.

Agregat dengan gradasi baik atau bisa disebut gradasi rapat merupakan campuran agregat dengan ukuran butiran yang merata yang berfungsi sebagai pengisi dalam rongga-rongga yang berlubang. Pada gradasi baik terdapat agregat kasar dan agregat halus yang mendominasi pada pencampuran beton. Jika butiran kasar lebih mendominasi maka disebut agregat bergradasi kasar, sebaliknya jika butiran halus yang mendominasi maka disebut agregat bergradasi halus.

Agregat dengan gradasi buruk merupakan pendistribusian ukuran agregat yang tidak sesuai dengan persyaratan yang dimiliki oleh agregat bergradasi baik. Pada agregat gradasi buruk dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Gradasi Seragam

merupakan campuran-campuran agregat yang memiliki ukuran butirannya sama atau hampir sama secara keseluruhannya.

2. Gradasi Terbuka

merupakan campuran-campuran agregat dengan distribusi ukuran butirannya sedemikian rupa sehingga membuat pori-pori terdapat pada bahan tersebut tidak dapat terisi dengan baik.

3. Gradasi Senjang

merupakan campuran-campuran agregat yang memiliki ukuran butirannya tidak terdistribusi secara menerus atau terdapat bahan tersebut ada bagian yang hilang atau tidak ada.

Jika pada beton *porous*, jenis butiran-butiran yang digunakan adalah agregat dengan gradasi buruk pada kelompok gradasi seragam, karena seperti yang dijelaskan oleh penelitian sebelumnya Sriravindrarajah et al., 2012 bahwa jika semakin besar ukuran agregat maka porositasnya akan meningkat tetapi kuat tekan beton akan menurun. Sebaliknya, pengurangan ukuran pada agregat mengakibatkan porositasnya menurun tetapi kuat tekan beton akan meningkat

B. Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat

Hal-hal yang perlu diketahui dalam merencanakan beton adalah dengan mengetahui berat jenis agregat yang akan digunakan (pengujian berat jenis agregat), karena berat jenis akan berpengaruh besar pada campuran beton terhadap kualitas mutu beton. Berat jenis dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. **Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)**

Bulk Specific Gravity adalah perbandingan berat agregat kering dengan berat air suling yang isinya disamakan pada isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu atau 25 derajat celcius.

2. **Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (*Saturated surface Dry*)**

Saturated surface Dry Specific Gravity adalah perbandingan berat agregat kering permukaan jenuh dengan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25 derajat celcius.

3. **Berat jenis Semu (*Apparent Specivic Gravity*)**

Apparent Specivic Gravity adalah perbandingan agregat kering dengan berat air suling yang isinya disamakan dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25 derajat celcius.

Sifat-sifat agregat lain yang juga penting adalah kadar air yang terkandung dalam agregat. Pengaruh dari kadar ini dapat mengubah kondisi dari agregatnya. Berikut merupakan yang dapat menggambarkan kondisi agregat :

1. **Kondisi Basah**

Kondisi yang terjadi pada agregat terkena air hujan maupun terendam air yang mengakibatkan agregat basah sehingga agregat jenuh dengan air yang menyelimuti.

2. **Kondisi SSD**

Kondisi yang terjadi pada agregat dalam keadaan jenuh didalamnya tetapi di bagian permukaannya kering.

3. **Kondisi Kering Udara**

Kondisi yang terjadi pada agregat yang ditempatkan diruang yang terbuka dan air yang didalam mengalami penguapan tetapi yang terkandung didalamnya masih belum habis (pada musim kemarau).

4. **Kondisi Kering Oven**

Kondisi yang terjadi pada agregat yang berada didalam suhu lebih 100°C, sehingga akan membuat kadar air dalam agregat menjadi 0%

C. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci).

Berdasarkan ASTM C-125 Agregat kasar terdiri dari seluruh agregat yang tertahan pada saringan nomor 4 yang berukuran 4,75mm pada ASTM.

Berikut jenis-jenis agregat kasar yang sering digunakan adalah :

1. Batu Pecah Alami

Bahan tersebut di dapat dari cadas yang didapat saat menggali dan berasal dari gunung api, jenis-jenis sedimen, atau jenis metamorf-metamorf. Apabila menggunakan bahan ini akan membuat beton memiliki kekuatan yang tinggi namun kelemahan bahan ini sulit dikerjakan dalam pengecoran.

2. Kerikil Alami

Bahan ini didapatkan melalui proses alami yaitu pengikisan dari tepi ataupun dasar sungai. Keuntungan bahan ini pada proses pengecoran akan memudahkan namun kekuatan dari beton akan lebih rendah dari batu pecah alami.

3. Agregat Kasar Buatan

Pada umumnya bahan tersebut berupa *slag* atau *shale* yang biasanya digunakan untuk beton-beton yang memiliki bobot ringan. Dan didapatkan dari hasil proses lain seperti dari *blast furnace* dan lain-lain.

4. Agregat untuk Pelindung Nuklir dan Berbobot berat

Bahan ini mempunyai syarat ekonomis maupun dalam pengerjaan mudah dan tidak terlalu menetenkan. Agregat kasar berupa baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.



Gambar 2.9 Agregat Kasar Alam (NCA)

Sumber: Data Pribadi

D. Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Recycle Coarse Agregate atau bisa juga disebut daur ulang beton menjadi sebuah agregat merupakan suatu upaya yang memiliki tujuan untuk meminimalisir kebutuhan material yang berasal dari alam. Karena aktivitas konstruksi mengalami peningkatan maka akan membuat persediaan batuan di alam akan berkurang dan limbah beton juga akan semakin meningkat. Limbah beton ini bisa berasal dari sisa bangunan baru maupun penghancuran bangunan lama, apabila limbah ini dibiarkan disebarkan tempat akan membuat dampak buruk bagi lingkungan karena dapat merusak alam dan membuat kesuburan tanah akan terganggu.



Gambar 2.10 Agregat Kasar Daur Ulang (RCA)

Sumber: Data Pribadi

RCA merupakan agregat kasar yang terbentuk dari proses pemecahan, pengukuran dan pemilihan dari beton keras yang ada sebelum-sebelumnya. Penggunaan RCA baik digunakan untuk beton non-struktural contohnya seperti perkerasan jalan, batas jalan, *landscape*, dan sejenisnya. Namun RCA tidak diperbolehkan atau diijinkan bila digunakan pada beton struktural yang harus memiliki kuat tekan tinggi contohnya seperti gedung bertingkat, jembatan maupun yang lainnya.

Sifat-sifat beton yang dimiliki oleh agregat daur ulang (RCA) bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat normal (NCA) yaitu: (a). Kuat tekan pada RCA akan menurun sebesar 10% - 30% daripada NCA. (b). Kuat tarik yang didapatkan akan jauh lebih rendah tidak lebih dari 10%. (c). Modulus elastisitas menurun sebesar 10% - 40% tergantung dari sumber agregat kasarnya. (d). Susut yang didapatkan akan lebih besar 20% - 55% sedangkan creep lebih kecil hingga 10% (El-Reedy, 2009).

Pada hasil studi eksperimental, RCA mengandung mortar antara 25% sampai 45% yang menyebabkan berat jenis agregat menjadi lebih kecil, memiliki pori yang lebih, kekerasannya berkurang, bidang temu bertambah, dan unsur-unsur kimia agresif akan dapat masuk dan merusak dengan mudah. Selain itu juga terdapat retak mikro pada RCA yang dapat ditimbulkan oleh mesin penggiling batu pada saat produksi agregat daur ulang yang tidak mampu membelah daerah lempengan maupun patahan pada NCA. Retak tersebut dapat terjadi karena ada tahanan kekangan mortar yang menyelimuti permukaan NCA (Suharwanto, 2005).

2.7. Sifat-sifat Beton

Berikut merupakan sifat-sifat yang ada pada beton :

2.7.1 Kelecekan (*Workability*)

Kelecekan merupakan pengerjaan beton segar dengan kemudahan, yang digunakan untuk menguji ini paling banyak adalah uji *slump*. Apabila semakin besar nilai *slump* nya maka semakin tinggi kemudahan dalam pengerjaan dan sebaliknya apabila semakin kecil nilai *slump* nya maka akan semakin sulit pengerjaannya.

Menurut ACI, nilai *slump* yang harus dipenuhi dalam pengecoran pada beton adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Nilai *slump* berdasarkan ACI

| Jenis Konstruksi | <i>Slump</i> (mm) | |
|--|-------------------|-----|
| | Maks | Min |
| Dinding pondasi, <i>footing</i> , sumuran, dinding basemen | 75 | 25 |
| Dinding dan balok | 100 | 25 |
| Kolom | 100 | 25 |
| Perkerasan dan lantai | 75 | 25 |
| Beton dalam jumlah besar (seperti dam) | 50 | 25 |

2.7.2. Berat Isi (*Bulk Density*)

Berat isi adalah perbandingan antara massa benda dengan volume benda atau yang biasa kita kenal besaran massa persatuan volume benda. Pengujian ini dilakukan dengan cara menimbang berat benda uji dalam keadaan kering oven lalu membaginya dengan volume benda uji.

Sisa mortar yang ada pada RCA akan memiliki massa yang lebih ringan jika dibandingkan dengan NCA. Pada beton yang menggunakan RCA apabila dibandingkan dengan yang menggunakan beton yang menggunakan NCA, berat isinya akan jauh lebih kecil dan berat isi RCA akan menurun jika mutu beton yang menjadi bahan baku pembuatan RCA semakin tinggi.

2.7.3. Density

Density merupakan perbandingan antara massa benda dengan volume benda yang diuji. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan penimbangan berat benda uji dalam keadaan kering oven dan membaginya dengan volume benda uji.



Gambar 2.11 pengukuran density dalam kondisi *freshly mixed*

Pada penelitian beton *porous* ini densitynya dilakukan pada saat kondisi *freshly mixed* sesuai dengan aturan yang ada pada ASTM C1688M-10, yaitu dengan mengukur massa netto beton dengan mengurangi massa alat ukur, M_m didapat dari massa pengukur yang telah diisi dengan beton, M_c . Hitung density (berat jenis), D dengan membagi massa netto dengan volume pengukur, V_m yaitu sebagai berikut :

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots\dots\dots 2.3$$

M_c = massa dari alat ukur yang diisi dengan beton

M_m = netto massa dari beton dengan mengurangi massa alat ukur

V_m = volume alat ukur

2.8. Uji Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton bertujuan untuk memperoleh kuat lentur beton untuk keperluan perencanaan struktur. Kuat lentur dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{4}PL \dots\dots\dots 2.4$$

$$y = \frac{1}{2}d \dots\dots\dots 2.4$$

$$I = \frac{1}{12}bd^3 \dots\dots\dots 2.4$$

$$\sigma = \frac{My}{I} \dots\dots\dots 2.4$$

dengan :

σ = kuat lentur benda uji (MPa)

P = beban maksimum (kg)

L = panjang tumpuan (cm)

b = lebar benda uji (cm)

d = tinggi benda uji (cm)

2.9. Uji Kuat Tekan Batako

Kuat tekan (Compressive strength) adalah suatu bahan yang merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut (Mariq R.2009). Kuat tekan batako mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Untuk cara pengujian kuat tekan pada batako dilakukan dengan metode pengujian kuat tekan untuk batako berdasarkan SNI-03-0348-1989-7. Lalu dari hasil yang sudah didapatkan dibuat grafik hubungan antara umur dan kuat tekan rata ratanya. Pada tegangan biasanya akan disimbolkan f , dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusi dengan merata dalam satuan penampang dan disebutkan pengertian dari tegangan adalah gaya persatuan luas, maka rumus dari tegangan dapat digambarkan sebagai berikut :

$$f = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

f = Tegangan (kg/cm²)

P = Beban Maksimum (kg)

A = Luas Penampang Tekan (cm²)

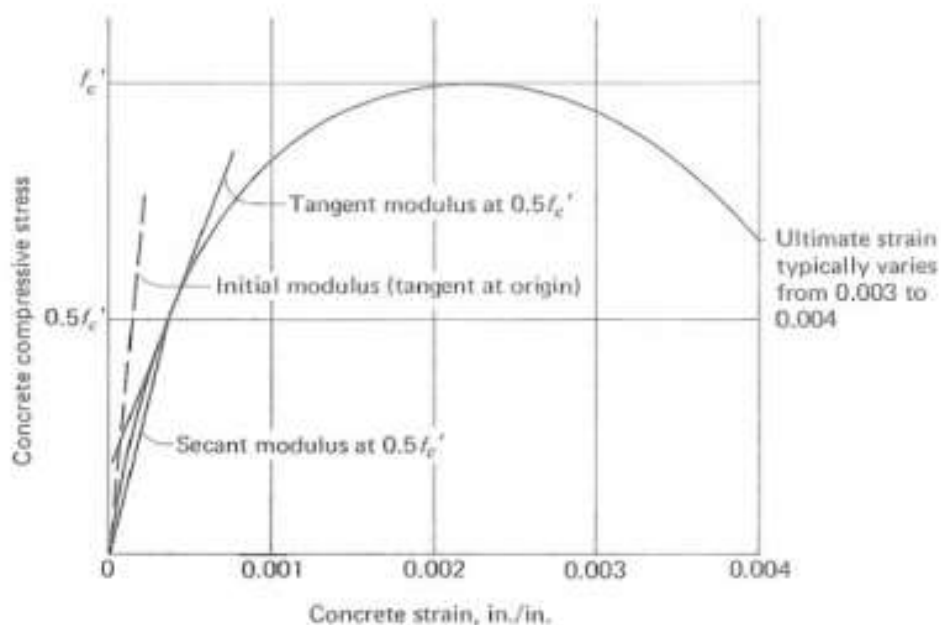
Pada suatu saat, dengan peningkatan beban lebih lanjut, kapasitas momen pada benda uji tercapai, dan benda uji tersebut akan mengalami runtuh, berikut beberapa jenis keruntuhan yang terjadi pada benda uji beton tersebut :

- Keruntuhan tarik (tension failure), baja tulangan tarik pada kondisi sudah leleh ($f_s \geq f_y$) sedangkan beton tekan belum hancur. Pada perhitungan penampang, kekuatan tarik baja tulangan sama dengan tegangan lelehnya ($f_s = f_y$)
- Keruntuhan tekan (compression failure), baja tulangan tarik pada kondisi belum leleh ($f_s < f_y$) sedangkan beton tekan sudah hancur ($\epsilon'_c = 0,003$). Pada perhitungan penampang, kekuatan tarik baja tulangan diturunkan dari diagram regangan
- Keruntuhan seimbang (compression balanced) terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik ($f_s = f_y$) sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan ($\epsilon'_c = 0,003$). Apabila P_n adalah beban aksial dan P_{nb} adalah beban aksial pada kondisi balanced, maka: (Nawi, 1990)

$P_n < P_{nb}$ keruntuhan tarik

$P_n = P_{nb}$ keruntuhan balanced

$P_n > P_{nb}$ keruntuhan tekan



Gambar 2.12 Hubungan Tegangan – Regangan Beton Normal

2.9. Hipotesis Penelitian

Berikut Hipotesis dalam penelitian ini :

1. Batako *beton porous* menggunakan variasi 6 serat benang akan memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan variasi 2 serat benang dan 4 serat benang.
2. Batako *beton porous* menggunakan variasi 6 serat benang akan memiliki nilai kuat lentur yang lebih besar dibandingkan dengan variasi 2 serat benang dan 4 serat benang.
3. Serat benang akan mampu mengikat sisi-sisi dari batako *beton porous* untuk mencegah keruntuhan.

