

PENGARUH SEMEN TERHADAP MUTU BETON

NI KADEK ASTARIANI

Staf Pengajar Universitas Ngurah Rai Denpasar

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang mempunyai kemampuan durabilitas, perilaku serta kinerja dengan ketahanan yang baik terhadap lingkungan luar serta mempunyai kekhasan berupa unggul dalam hal kekuatan tekan, dan lemah terhadap kekuatan tarik, sehingga pada daerah tarik diberi tulangan agar kekuatan tariknya bertambah dan berperilaku sebagai material komposit. Untuk merencanakan dan memperoleh beton yang karakteristik dan fungsinya sesuai dengan tujuan tertentu, kita perlu mengetahui karakteristik beton yang baik. Salah satu yang perlu diperhatikan adalah fungsi daripada semen untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Kuat tekan beton yang berhubungan dengan pengaruh semen, dipengaruhi oleh faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, dan jumlah semen. Semakin tinggi faktor air semen, kuat tekan beton semakin rendah, sehingga ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Faktor air semen dengan nilai slump berubah maka beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi.

Kata kunci : beton, faktor air semen, kuat tekan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton adalah suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh beton ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Singkatnya dapat dikatakan pasta bahwa semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt, dsb). Beton merupakan material konstruksi yang mempunyai kemampuan durabilitas, perilaku serta kinerja dengan ketahanan yang baik terhadap lingkungan luar serta mempunyai kekhasan berupa unggul dalam hal kekuatan tekan, dan lemah terhadap kekuatan tarik, sehingga pada daerah tarik diberi tulangan agar kekuatan tariknya bertambah dan berperilaku sebagai material komposit.

Untuk merencanakan dan memperoleh beton yang karakteristik dan fungsinya sesuai dengan tujuan tertentu, kita perlu mengetahui karakteristik beton yang baik. Yang perlu disadari benar disini adalah perancangan komposisi bahan pembentuk beton, merupakan penentu kualitas beton yang berarti pula kualitas total. Bukan hanya bahannya yang harus baik, melainkan juga keseragamannya harus dipertahankan pada keseluruhan produk beton.

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah.

Untuk meningkatkan mutu beton, maka kualitas semen, agregat, air, serta kualitas aditif perlu ditingkatkan dan khusus untuk membahas pengaruh semen terhadap mutu beton, perlu diperhatikan sifat-sifat semen. Antara sifat jenis semen satu terhadap yang lain dapat terjadi karena perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butir-butirnya.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tulisan ini adalah bagaimana pengaruh semen terhadap mutu beton.

Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui pengaruh semen terhadap mutu beton

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Beton

Untuk merencanakan dan memperoleh beton yang karakteristik dan fungsinya sesuai dengan tujuan tertentu, kita perlu mengetahui karakteristik beton yang baik, seperti perancangan komposisi bahan pembentuk beton merupakan kualitas beton yang berarti pula kualitas total. Bukan hanya bahannya yang harus baik, melainkan keseragamannya harus dipertahankan pada keseluruhan produk beton.

Sifat Umum Beton

Sifat umum pada adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Kemampuan dikerjakan (workability), yaitu bahan beton yang menghasilkan adukan sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa menimbulkan penurunan mutu beton.
2. Sifat tahan lama (durability), yaitu sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama meliputi : tahan terhadap pengaruh cuaca, tahan terhadap pengaruh zat kimia, dan tahan terhadap erosi.
3. Sifat kedap air, yaitu didapat jika didalam beton terdapat pipa kapiler sebagai tempat air untuk menembus beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat kedap air ini adalah mutu dan porositas beton, umur beton, gradasi, perawatan.
4. Kekuatan beton, merupakan sifat utama yang harus dimiliki oleh beton, karena beton yang tidak cukup kekuatannya akan menjadi tidak berguna. Secara umum kekuatan beton dipengaruhi oleh dua hal, yaitu : faktor air semen dan kepadatan.

Semen Portland

Semen merupakan suatu perekat hidrolis yaitu senyawa-senyawa yang terkandung di dalam semen tersebut, yang dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan. Oleh karena itu, maka semen bersifat dapat mengeras bila dicampur dengan air dan tidak larut dalam air.

Bahan Baku Semen dan Senyawa-senyawa Semen

Jika bahan semen Portland itu diuraikan susunan senyawa secara kimia (dengan analisis kimia), akan terlihat jumlah oksida yang membentuk bahan semen itu. Semen dibuat dari unsur-unsur yang mengandung oksida-oksida, seperti : batu kapur (CaO) 60-60%, pasir silikat (SiO₂) 19-25%, tanah liat (alumina) (Al₂O₃) 3-8%, besi (Fe₂O₃) 1-5%. Di dalam semen oksida-oksida tersebut tidak terpisah satu dari yang lainnya melainkan merupakan senyawa-senyawa yang disebut senyawa semen.

Semen mempunyai empat macam senyawa semen, dimana jumlah masing-masing senyawa tersebut tercantum pada berikut ini.

Tabel 1. Macam senyawa semen dan kandungan jumlah kandungannya

Nama	Rumus Kimia	Rumus Singkatan
Trikalsium Silikat	3C _a O.SiO ₂	C ₃ S
Dikalsium Silikat	2C _a O.SiO ₂	C ₂ S
Trikalsium Aluminat	3C _a O.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetra Kalsium Alumina Ferit	4C _a O.Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	C ₄ AF
Gypsum	CaSO ₄ 2H ₂ O	-

Dari keempat senyawa semen diatas, C₃S dan C₂S adalah senyawa yang dapat mengakibatkan bahan bersifat semen (perekat). Kedua senyawa ini yang menjadi tujuan dalam pembuatan semen Portland. Dua senyawa lainnya merupakan senyawa bawaan dari bahan dasarnya dan tidak mempunyai sifat semen sama sekali. Saat bahan-bahan semen dibakar, dua senyawa bawaan itu berfungsi sebagai bahan pencair, sehingga pembentukan C₃S dan C₂S cukup dengan suhu antara 1300° C - 1400° C. Jumlah senyawa C₃S dan C₂S dalam semen rata-rata mencapai 70%-80%.

Semen Portland dengan kadar C₃S yang lebih tinggi daripada kadar C₂S, pada umumnya mempunyai sifat mengeras lebih cepat dibandingkan dengan semen yang kadar C₂Snya lebih tinggi daripada C₃S. Semen Portland yang mengeras dengan cepat memiliki kadar C₃S hingga 60%. Senyawa C₃A tidak memiliki sifat semen. Jika senyawa ini terkena air segera bereaksi dan mengeluarkan panas, kemudian hancur. Jika didalam semen terdapat senyawa C₃A lebih dari 18%, maka semen tidak memiliki sifat kekal (karena

mengembang) akibat panas yang terlalu tinggi pada waktu pengerasan. Kadar C_3A juga dapat dipengaruhi oleh senyawa-senyawa sulfat, dimana jika benda-benda yang terbuat dari semen Portland yang terkena sulfat (misalnya air rawa atau air laut) harus memiliki kadar C_3A serendah mungkin dalam semen yang dipakai. Semen Portland agak tahan sulfat umumnya kadar C_3A yang diisyaratkan maksimum 8%.

Untuk memperendah kadar C_3A dalam semen Portland biasanya ditambahkan bijih besi dalam pembuatannya, sehingga kadar besinya menjadi tinggi dan senyawa C_4AF menjadi tinggi. Disamping senyawa-senyawa seperti tersebut diatas, didalam semen Portland juga masih terdapat beberapa senyawa lain yang dapat mempengaruhi senyawa atau oksida lainnya diantaranya : MgO , CaO , bagian tidak larut, senyawa alkali (Na_2O dan K_2O).

Pengaruh Air Terhadap Semen

Jika semen Portland diberi air, maka air akan berangsur-angsur mengadakan persenyawaan dengan senyawa-senyawa semen. Sebagian dari senyawa semen akan larut membentuk senyawa dengan air, yaitu membentuk gel. Gel ini akan mengendap menyelubungi butir-butir semen yang lain. Jika jumlah airnya cukup banyak, pembentukan gel inipun akan berlanjut, tetapi tergantung dari besarnya butiran semen yang ada, semakin halus butiran semen, akan semakin cepat mengadakan senyawa dengan air. Senyawa C_3S dan C_2S bila bercampur dengan air akan membentuk gel sebagai senyawa kalsium silikat hidrat, dan membebaskan sebagian kapur. Terbebasnya kapur ini dapat dilihat setelah pengerasan terjadi pada benda-benda yang terbuat dari semen Portland akan mengandung endapan kapur atau air peredamnya mengandung kapur. Senyawa C_3S dan C_4AF juga bersenyawa dengan air, membentuk senyawa trikalsium aluminat hidrat. Kandungan besi dalam C_4AF tergabung dalam senyawa ini sebagai benda padat. Sisa air yang tidak bersenyawa dengan semen mengisi pori-pori antara benda-benda tadi membentuk pori-pori kapiler. Disamping pori-pori kapiler, didalam gel itu terdapat gel yang berisi air. Air yang ada didalam gel ini akan melanjutkan hidrasi bagi butir semen yang belum bersenyawa bila jumlah air dari laut berkurang. Persenyawaan air dengan semen tidak terjadi dalam waktu yang singkat. Derajat pengerasan ini terutama dipengaruhi oleh susunan senyawa semen, kehalusan dari butiran semen, jumlah air yang dicampurkan, dan jumlah air yang ada di sekitar butir semen.

Sifat-sifat Semen Portland

Semen Portland memiliki beberapa sifat dilihat dari beberapa segi, yaitu :

1. Kehalusan butir, umumnya semen mempunyai kehalusan kurang lebih 80% dari butirannya menembus ayakan 44 mikron. Makin halus butiran semen, makin cepat pula persenyawaannya.
2. Berat jenis, berat jenis semen berkisar antara 3,10 sampai 3,30 dan berat rata-ratanya adalah 3,15. Berat jenis semen penting diketahui, karena semen Portland yang tidak sempurna pembakarannya atau dicampur dengan bubuk batuan lain, maka berat jenisnya akan terlihat lebih rendah daripada angka tersebut.
3. Waktu pengerasan semen, waktu pengerasan semen akan dilakukan dengan menentukan waktu pengikatan awal (initial setting) dan waktu pengikatan akhir (final setting). Sebenarnya yang lebih penting adalah waktu pengikatan awal, yaitu saat semen mulai terkena air hingga mulai terjadi pengikatan (pengerasan). Untuk mengukur waktu pengikatan biasanya digunakan alat Vicat. Waktu pengikatan awal semen Portland tidak boleh kurang dari 60 menit sejak semen terkena air.
4. Kekekalan bentuk, yaitu sifat bubuk semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk tertentu bentuk itu tidak berubah.
5. Kekuatan semen, merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan pengikat. Pada umumnya, pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan menentukan kuat lentur, kuat tarik, atau kuat tekan dari campuran semen dengan pasir.
6. Pengaruh suhu, proses pengerasan semen sangat dipengaruhi oleh suhu udara di sekitarnya. Pada suhu kurang dari $15^{\circ}C$, pengerasan semen akan berjalan sangat lambat. Semakin tinggi suhu udara disekitarnya maka semakin cepat semen mengeras.

Jenis-jenis Semen Portland

Jenis-jenis semen portland secara umum adalah sebagai berikut :

1. Ordinary Portland Cement
Ordinary Portland cement merupakan cement Portland yang dipakai untuk umum pada berbagai jenis konstruksi apabila tidak diperlukan sifat-sifat khusus seperti ketahanan terhadap sulfat, panas, hidrasi.

2. Moderate Sulphate Resistance

Semen jenis ini digunakan untuk semua jenis konstruksi apabila diisyaratkan mempunyai ketahanan terhadap sulfat pada tingkat sedang, dipakai pada kondisi tanah yang mengandung air 0,08% - 0,17% dan mengandung 125 ppm SO₃ serta pH tidak kurang dari 6. Semen jenis ini juga dipakai pada suhu yang agak tinggi.

3. High Early Strength Cement

Semen ini digiling lebih halus dan mengandung C₃S lebih banyak dibandingkan dengan Ordinary Portland Cement. Mempunyai sifat pengembangan kekuatan awal dan kekuatan pada umur panjang yang lebih tinggi dibandingkan dengan Ordinary Portland Cement. Semen ini dipakai pada saat emergency dan musim dingin dan dapat digunakan untuk concrete product atau prestress concrete.

4. Low Heat of Hydration Cement

Semen jenis ini mempunyai sifat-sifat sebagai berikut : panas hidrasi tinggi, kekuatan tekan awal rendah, dan kekuatan tekan pada umur panjang adalah sama dengan Ordinary Portland Cement, shrinkage akibat pengeringan adalah rendah tahan terhadap sulfat.

5. High Sulphate Resistance Cement

Mempunyai ketahanan terhadap sulfat tinggi. Semen ini dipakai pada semua jenis konstruksi apabila kadar sulfat pada air tanah dan tanah adalah 0,17% - 1,6% dan 12 ppm – 1250 ppm dinyatakan sebagai SO₃.

6. Super High Early Strength Portland Cement

Semen ini digunakan untuk kebutuhan-kebutuhan konstruksi yang perlu cepat selesai, karena mempunyai kekuatan yang tinggi.

7. Colloid Cement

Semen ini dalam pemakaiannya dipakai dalam bentuk sturry semen (colloid) yang dipompakan mengingat pengecoran harus dilakukan pada formasi yang dalam dan sempit.

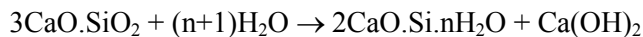
8. Blended Cement

Semen ini dalam pemasarannya dikenal dengan nama fly ash cement, pozzolan cement, masonry cement. Jenis-jenis dalam Blended Cement tergantung dari proses dan bahan yang digunakan dan diharapkan dapat memperbaiki kelecakan, plastisitas, kerapatan, panas hidrasi, ketahanan dan sebagainya.

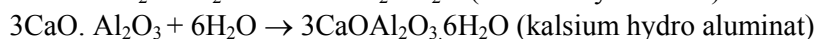
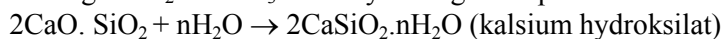
Pembuatan Semen Portland

Dalam proses pembuatan semen, batu kapur dan lempung atau batu karang, tanah liat digiling halus dan dicampur dengan air membentuk slurry (bubu), kemudian slurry tersebut dibakar dalam sebuah tanur sampai menjadi klinker pada suhu ± 1450°. Klinker ini didinginkan dan digiling halus disertai penambahan 3 – 4% gips untuk memperlambat hidrasi komponen aluminat dari semen sehingga waktu pengerasan tidak berlangsung dengan cepat. Klinker, slurry yang dibakar dalam Rotary Klin yang hasilnya berupa batu keras.

Pengerasan adalah proses kimia dimana terjadi senyawa baru. Proses pengerasan terjadi dalam dua tahap, yaitu : tahap pendahuluan dan tahap peristiwa kolidal. Pada tahap pendahuluan butir-butir semen mengalami kontak dengan air, sehingga lapisan-lapisan dari mineral yang terdapat didalam semen mulai bereaksi secara kimia C₂S mengalami hidrolisa dan hidrasi diiringi dengan pembentukan dua senyawa baru, seperti reaksi dibawah ini.



Sedangkan C₂S dan C₃AL hanya mengalami pembentukan hidrat sebagai berikut :



Terbentuknya senyawa-senyawa hidrat menyebabkan terjadinya senyawa-senyawa yang sukar larut, terutama senyawa kalsium hidroksilat dan dengan cepat menyebabkan adukan (mortar). Sedangkan pada tahap peristiwa kolidal saat Ca(OH)₂ menjadi jernih betul, senyawa-senyawa hidrat yang terurai sekarang sukar larut dan tinggal dalam keadaan kolidal/gel. Pada proses reaksi hidrasi selanjutnya dari 3CaO.SiO₂ terjadi dan menghasilkan S-C-H dengan volume lebih dari dua kali volume semen. S-C-H ini mengisi rongga kemudian membentuk titik kontak yang menghasilkan kekakuan. Pada tahap berikutnya terjadi konsentrasi dari S-C-H yang akhirnya pasta menjadi kaku dan proses pengerasanpun mulai terjadi.

Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton, air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau

bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen. Selain itu, air yang demikian dapat mengurangi kemudahan pengerjaan. Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen+agregat halus+agregat kasar) material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya.

Agregat Beton

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (aduk) dan beton. Agregat aduk dan beton dapat juga didefinisikan sebagai bahan yang dipakai sebagai pengisi atau pengkurus, dipakai bersama dengan bahan perekat, dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu, yang disebut adukan beton.

Agregat merupakan komponen beton yang berperan dalam menentukan besarnya kekuatan beton. Pada beton biasanya terdapat 60% - 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, rapat dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar.

Dua jenis agregat adalah :

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah atau pecahan dari blast furnace)
2. Agregat halus (pasir alami atau buatan)

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak didalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut.

PEMBAHASAN

Sifat beton pada umumnya akan lebih baik jika kuat tekannya tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat dari agregat. Pada bab ini akan dibahas mengenai faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, dan jumlah semen yang mempengaruhi mutu beton berdasarkan studi literature.

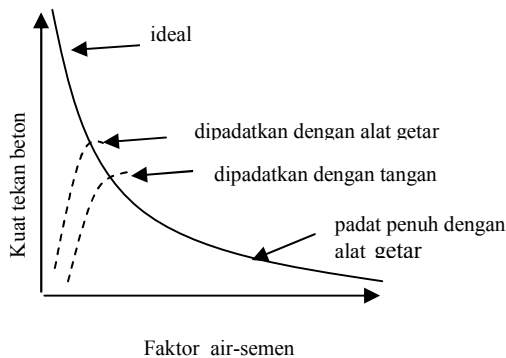
Faktor Air Semen dan Kepadatan

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan oleh Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

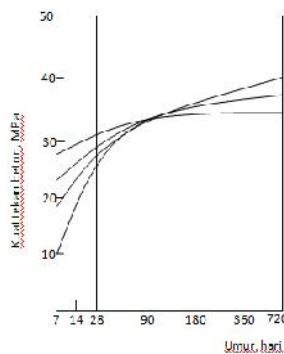
$$f'_c = \frac{A}{B \cdot 1.5x}$$

dimana f'_c = kuat tekan beton, x = faktor air semen, A dan B adalah konstanta

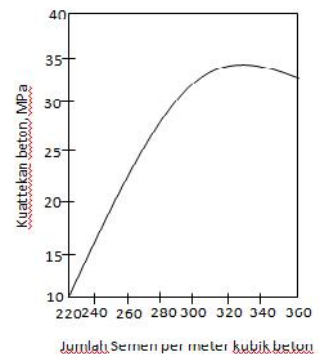
Dari rumus di atas, tampak bahwa semakin rendah nilai faktor air semen, semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah faktor air semen dan kuat tekannya semakin rendah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara air-semen dan kuat tekan silinder beton



Gambar 2. Kuat tekan beton untuk berbagai jenis semen



Gambar 3. Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton (fas)

Bila faktor air semen terlalu rendah, maka adukan beton sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum. Kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat desak beton setelah mengeras. Adanya udara sebanyak 5% dapat mengurangi kuat desak beton sampai 35% dan pori-pori sebanyak 10% dapat mengurangi kuat desak beton sampai 60%.

Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya.

Jenis Semen

Menurut SH 0031-81 semen Portland dibagi menjadi lima jenis sebagai berikut :

- Jenis I : Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus
- Jenis II : Semen untuk sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang
- Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
- Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah
- Jenis V : Semen yang sangat tahan terhadap sulfat

Jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda, seperti pada Gambar 2 di atas

Jumlah Semen

Jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, seperti diuraikan sebagai berikut. Jumlah faktor air semen, dengan nilai slump berubah, maka beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi, seperti Gambar 3 diatas

Pada jumlah semen yang terlalu sedikit, sehingga adukan beton sulit dipadatkan, sehingga kuat tekan beton menjadi rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti banyaknya air juga berlebihan sehingga beton menjadi banyak pori, dan akibatnya kuat tekan beton menjadi rendah. Jika nilai slump sama dengan nilai faktor air semen berubah, maka beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi. Hal ini terjadi karena pada nilai slump yang sama, jumlah air hampir sama, sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai faktor air semen yang akan dapat mengakibatkan penambahan kuat tekan beton.

SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan pada Bab III, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton yang berhubungan dengan pengaruh semen, dipengaruhi oleh faktor air semen dan kepadatan, umur beton, jenis semen, dan jumlah semen.
2. Semakin tinggi faktor air semen, kuat tekan beton semakin rendah, sehingga ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum.
3. Berdasarkan Gambar 3.3, kuat tekan beton pada umur 90 hari, menghasilkan kuat tekan beton yang sama.
4. Faktor air semen dengan nilai slump berubah maka beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi.
5. Nilai slump sama dengan nilai faktor air semen berubah, maka beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Edward G. Nawy, 1990. *Beton Bertulang*, PT. Eresco, Bandung
- Kardiyono Tjokrodinuljo, 1996. *Teknologi Beton*, NAFIRI, Yogyakarta,
- Ngakan Made Anom Wiryasa, Putu Ari Sanjaya, 2003. *Buku Pelajaran Teknologi Beton*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana Denpasar
- Wuryati Samekt, Candra Rahmadiyanto, 2001 *Teknologi Begton*, Kanisius Yogyakarta