

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

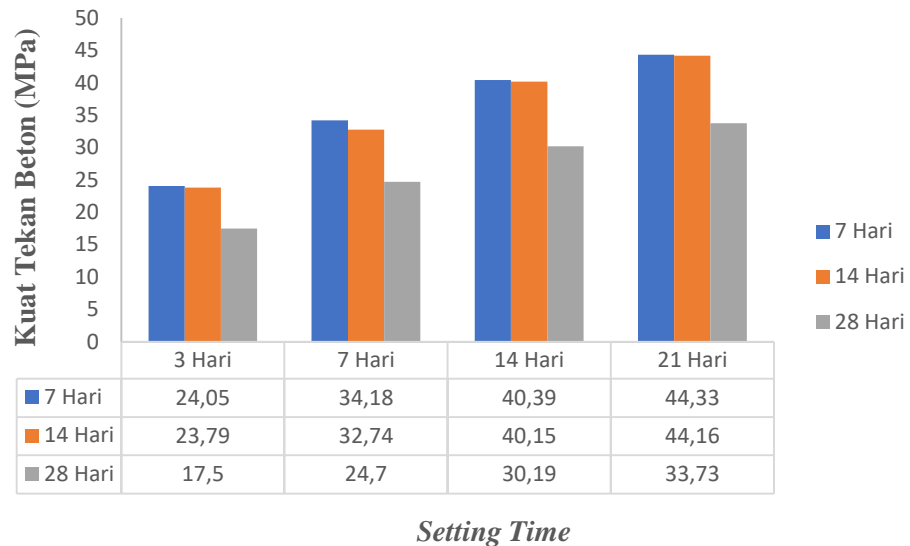
Beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan tentang kuat tekan beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplasticizer*, antara lain sebagai berikut ini.

1. Studi eksperimental *setting time* beton mutu tinggi menggunakan zat *adiktif* fosroc SP 337 & Fosroc conplast R (Arman dkk., 2017).
2. Analisa pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dalam presentase beton mutu tinggi (Prahara dkk., 2015).
3. Perilaku mekanis beton mutu tinggi dengan variasi penggunaan *superplasticizer* (Sudhiarta dkk., 2015).
4. Beton mutu tinggi tanpa proses pemadatan manual (Pratikno dan Susilowati, 2012)
5. Beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplasticizer* dan *fly ash* (Pujianto, 2010).
6. Analisa beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan semen holcim (Husnah, 2016).
7. Kuat tekan mutu tinggi dengan penambahan consplast SP 337 (Asri dan Nisumanti, 2014).
8. Optimasi penambahan *admixture* LSC309 dan RHEOMAC SF100-MB-SF pada beton mutu tinggi (Lidyasari, 2009).
9. Perencanaan beton mutu tinggi dengan menggunakan HR-*Water Reducer* Ligno P 100 dan *Portland Composite Cement* (PCC) (Darwis dkk., 2014).
10. Pengaruh penggunaan silica fume dan sikament nn pada campuran beton mutu tinggi dengan metode *American Concrete Institute* (ACI) (Amran, 2014).

2.1.1. Pembahasan Penelitian Terdahulu

Menurut Arman dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan beton mutu tinggi bahan tambah zak *adiktif* fosroc SP 337 dan fosroc conplast R sebanyak 1 % melalui *setting time*. Pada penelitian ini

dilakukan variasi *setting time* yaitu 15 menit, 30 menit dan 60 menit dengan masing masing pengujian 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil uji kuat tekan beton mutu tinggi dapat dilihat pada Gambar 2.1.

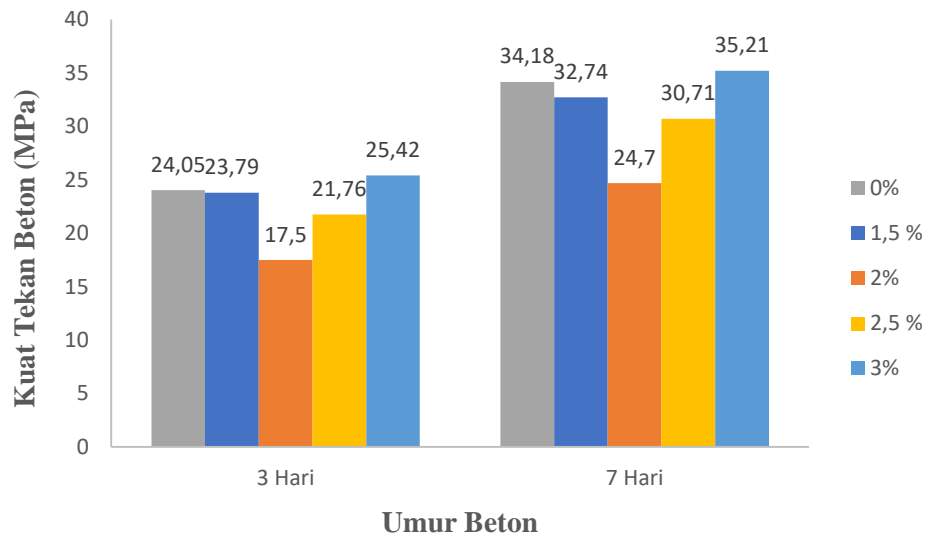


Gambar 2.1. Hubungan kuat tekan beton (MPa) dengan *setting time*
(Arman dkk., 2017)

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton, beton dengan adukan normal ke beton adukan 15 menit dengan zat *adiktif* conplast SP 337 dan conplast R 1 % mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 21 %. Ke beton adukan 30 menit dengan zat adiktif conplast SP 337 dan conplast R 1 % mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 28 %. Dari beton normal ke beton adukan 60 menit ditambahkan zat adiktif conplast SP 337 dan conplast R 1 % mengalami penurunan kuat tekan sebesar 14 %. Dari hasil uji keseluruhan kuat tekan beton didapatkan kesimpulan beton dengan adukan 30 menit dengan tambahan zak adiktif conplast SP 337 dan conplast R 1 % didapatkan beton naik cukup tinggi dan merupakan waktu yang paling baik tanpa mengurangi kadar semen.

Menurut Prahara dkk. (2015) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan material serat serabut kelapa dengan presentase penambahan 1,5 %, 2 %, 2,5 % dan 3 % sebagai bahan tambah terhadap kekuatan beton mutu tinggi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merancang komposisi beton kemudian membuat sampel

benda uji silinder dan balok. Semua komposisi penyusun beton mengacu pada ACI 211.11. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Hubungan antara kuat tekan (MPa) beton dengan umur beton (Prahara dkk., 2015)

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dengan *admixture* Viscocrete 10 penambahan serat serabut kelapa dengan presentase 1,5 % dapat meningkatkan kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal yang tidak menggunakan campuran serat serabut kelapa. Namun penambahan serat serabut kelapa pada presentase yang lebih besar justru akan menurunkan kuat tekan beton, hal ini diakibatkan oleh serat serabut kelapa yang cukup besar sehingga tidak bisa mengisi rongga dengan baik. Sifat serat serabut kelapa yang kering dan cenderung menyerap air juga mengakibatkan pencampuran beton menjadi lebih sulit dan kandungan air pada campuran terserap oleh serat serabut kelapa. Selain itu kekuatan serat kelapa yang lebih kecil dibandingkan dengan kerikil mengakibatkan kuat tekan beton cenderung menurun pada presentase yang lebih besar.

Menurut Sudhiarta dkk. (2015) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui sifat mekanis (nilai *slump*, *workability*, kuat tarik beton dan kuat tekan beton) dari beton mutu tinggi dengan variasi penggunaan *superplasticizer*. Dibuat dua macam beton dengan dua buah *superplasticizer* yang berbeda yaitu NFS dan ASOMPC, tetapi dengan perbandingan material penyusun beton yang sama, satuan berat antara semen : agregat halus : agregat

kasar sebesar 1,00 : 1,67 : 2,15 dengan faktor air semen 0,317. Pengujian dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 28 hari, dan 90 hari, menggunakan 6 buah sampel pada setiap variasi. Hasil dari pengujian didapat nilai *slump* seperti pada Gambar Tabel 2.1.

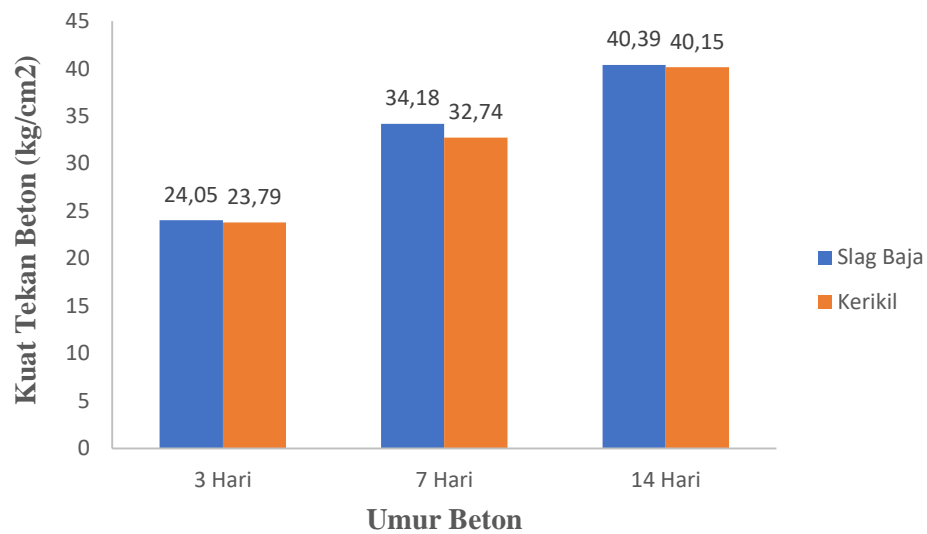
Tabel 2.1. Hubungan jenis *superplasticizer* dengan kelecakan beton segar (Sudhiarta dkk., 2015)

No	Jenis <i>Superplasticizer</i>	<i>Slump</i> (mm)
1	NFS	72
2	ASOMPC	88

Tabel 2.1. menjelaskan bahwa *superplasticizer* jenis NFS memiliki nilai *slump* yang lebih rendah dibandingkan dengan *superplasticizer* jenis ASOMPC, dimana hal ini menunjukkan bahwa beton yang menggunakan *superplasticizer* jenis NFS memiliki *workability* rendah/lebih susah dikerjakan dibandingkan beton yang menggunakan *superplasticizer* jenis ASOMPC.

Berdasarkan hasil uji tekan beton dapat dijelaskan bahwa pada umur awal benda uji dengan *superplasticizer* jenis NFS memiliki kecenderungan perkembangan kekuatan lebih lambat dibandingkan dengan benda uji dengan *superplasticizer* jenis ASOMPC. Umur 28 hari dan 90 hari terlihat bahwa benda uji dengan *superplasticizer* jenis NFS memiliki kecenderungan perkembangan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan benda uji dengan *superplasticizer* jenis ASOMPC.

Menurut Pratikno dan Susilowati (2012) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kinerja beton variasi agregat kasar kerikil dan *slag* baja, bahan tambah *silica fume* dan *superplasticizer* yang ditinjau dari nilai *slump*, kuat tekan beton dan kuat Tarik beton. Hasil pengujian kuat tekan didapat hasil seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Hubungan antara kuat tekan beton (kg/cm^2) dengan umur beton (Pratikno dan Susilowati, 2012)

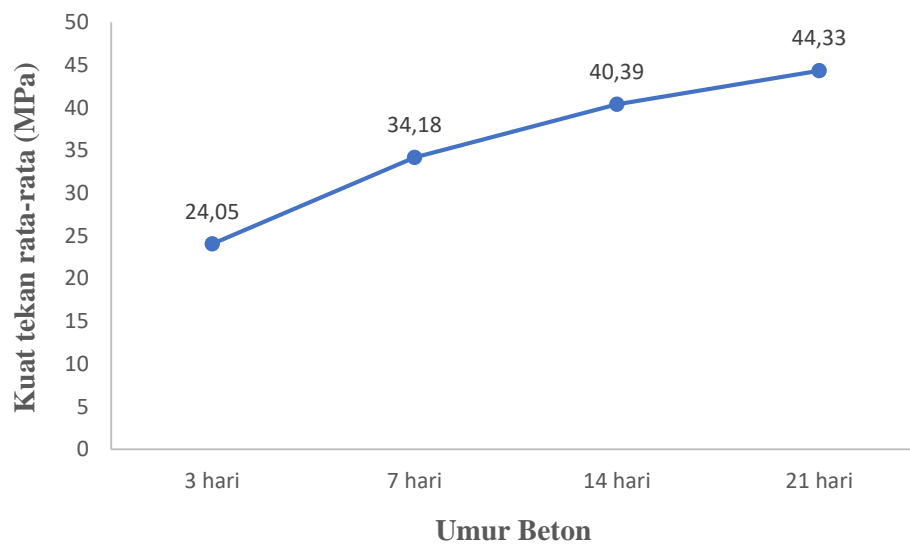
Berdasarkan hasil uji kuat tekan, untuk agregat kasar batu kali didapat kuat tekan rata-rata pada beton dengan *silica fume* 7 % umur 28 hari adalah sebesar $453,20 \text{ kg/cm}^2$ dibawah kuat tekan yang disyaratkan tetapi masih lebih dari 40 MPa. Untuk hasil uji tekan agregat kasar slag baja, pada umur 28 hari didapat kuat tekan rata rata sebesar $559,24 \text{ kg/cm}^2$. Lebih besar dari kuat tekan yang ditargetkan yaitu 482 kg/cm^2 .

Menurut Pujianto (2010) melakukan penelitian dengan tujuan untuk merancang campuran beton mutu tinggi dengan bahan tambah *superplasticizer* dan *fly ash* sehingga tercapai kuat tekan $> 50 \text{ MPa}$. Perancangan bahan susun beton mengacu pada SNI 03-2834-1992 dengan 4 benda uji pada setiap sampel.

Berdasarkan hasil uji kuat tekan tanpa menggunakan *fly ash* semakin besar kadar *superplasticizer* maka semakin besar kuat tekannya, namun sampai kadar diatas 2 % kuat tekan beton semakin mengecil. Berdasar hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton optimum dengan *superplasticizer* adalah pada kadar 2 % dan didapat kuat tekan sebesar 51,35 MPa. Berdasarkan hasil uji kuat tekan dengan kadar *superplasticizer* 2 % dan kadar *fly ash* yang bervariasi terlihat bahwa semakin besar kadar *fly ash* maka semakin besar pula kuat tekannya, namun sampai kadar 15 % kuat tekan

beton semakin mengecil. Berdasar hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton optimum didapat pada kadar 12 % dengan nilai kuat tekan sebesar 57,11 MPa.

Menurut Husnah (2016) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kualitas dan kuat tekan beton yang menggunakan semen Holcim PCC (*Portland Cement Composite*) tipe II pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Benda uji menggunakan kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan uji kuat tekan mengacu pada ASTM C 33, hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4. Hubungan kuat tekan beton (MPa) dengan umur beton (Husnah, 2016)

Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton kuat tekan beton mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya umur beton namun keseluruhan beton tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan dikarenakan kadar lumpur dalam air terlalu tinggi yaitu 1,8 % dan semen yang digunakan adalah semen PCC tipe II.

Menurut Asri dan Nisumanti (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dan spesifikasi lainnya yang dicapai beton dengan ditambahkan Conplast SP 337. Dalam penelitian ini dilakukan variasi campuran yaitu beton normal (B1), 1:2:3 + SP 337 (B2), 1:2,5:3 + SP 337 (B3), 1:2:3,5 + SP 337 (B4) dan 1,2:2:3 + SP 337 (B5)

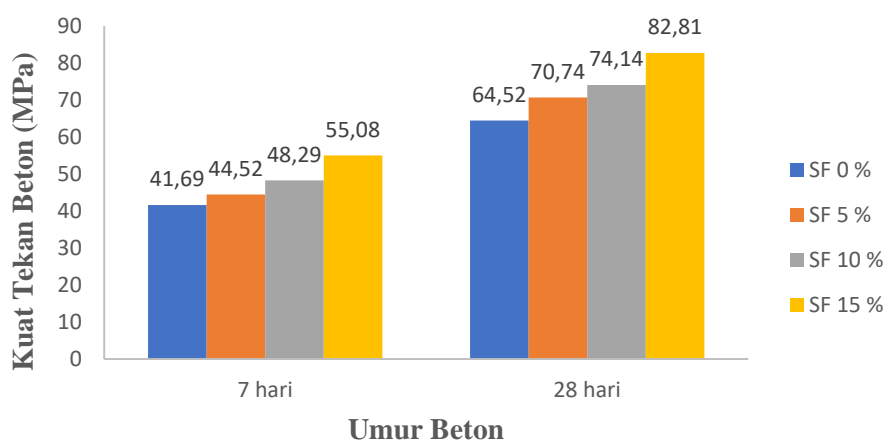
dengan masing-masing umur pengujian 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil uji tekan dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Hasil uji kuat tekan beton benda uji B1, B2, B3, B4 dan B5 (Asri dan Nisumanti, 2014)

Berdasarkan hasil pengujian variasi B5 merupakan variasi yang paling baik untuk digunakan karena memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi, sedangkan variasi B3 merupakan variasi yang tidak direkomendasikan untuk digunakan karena memiliki kuat tekan yang paling rendah.

Menurut Lidyasari (2009) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui peningkatan kekuatan dan workabilitas beton dengan penambahan admixture LSC309 dan RHEOMAC SF100-MB-SF. Pada pengujian ini digunakan LSC309 2 % dari berat semen dan variasi RHEOMAC SF100-MB-SF 5 %, 10 % dan 15 % dari berat semen, proporsi penyusun beton mengacu pada standar astm. Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.6.

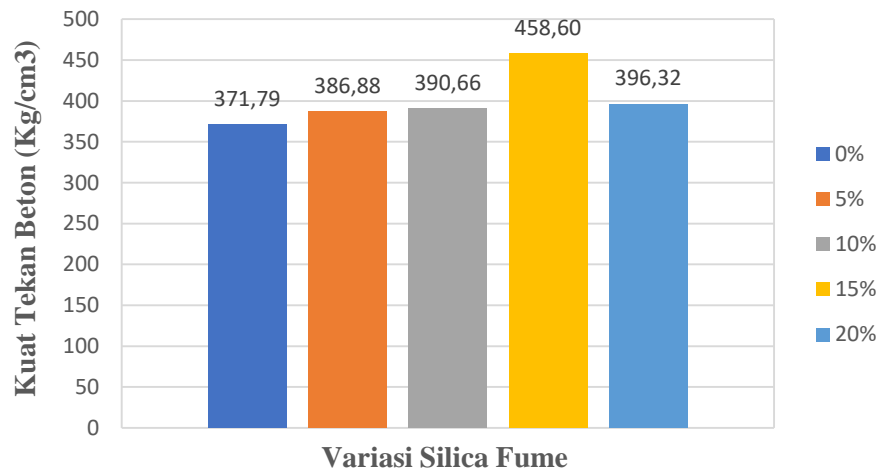


Gambar 2.6. Hubungan kuat tekan beton (MPa) dengan umur beton (Lydiasari, 2009)

Berdasarkan hasil uji tekan penambahan LSC 309 dan RHEOMAC SF100-BM-SF membuat peningkatan kuat tekan beton dengan bahan tambahan dibandingkan dengan beton normal pada umur 7 hari dan 28 hari sebesar 6,79 %, 15,84 %, 32,13 % dan 6,22 %, 16,28, 29,88 %. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar RHEOMAC SF100-MB-SF akan meningkatkan kekuatan beton.

Menurut Darwis dkk. (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh zat adiktif terhadap kuat tekan beton. Perencanaan beton mutu tinggi dengan menggunakan zat *adiktif* dengan variasi kadar 0,8 %, 1,2 %, 1,6 %, dan 2 % dengan uji pada umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari. Penggunaan zak *adiktif* ini menyebabkan workabilitas yang tinggi sehingga memudahkan proses pemadatan. Berdasarkan hasil uji tekan menunjukkan kuat tekan beton keseluruhan baik dari segi umur beton maupun segi presentase kadar yang digunakan. Kadar 2 % memiliki kuat tekan lebih baik daripada kadar *silica fume* lainnya yaitu sebesar 40,02 MPa.

Menurut Amran (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah *silica fume* dan *Sikament-nn* dengan menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI). Penelitian ini menggunakan variasi *silica fume* 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % dan *Sikament-nn* 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %. Hasil uji tekan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Hubungan kuat tekan beton (kg/cm³) dengan variasi *silica fume* (%) (Amran, 2014)

2.1.2. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Tabel 2.2. Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Tahun	Jenis Penelitian	Perbedaan komposisi material yang digunakan pada penelitian	
				Terdahulu	Sekarang
1	Studi eksperimental setting time beton mutu tinggi menggunakan zat adiktif Fosroc SP 337 dan Fosroc Conplast R (Arman dkk., 2017)	2017	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan adalah Fosroc SP 337 dan Conplast R.	Bahan tambah yang digunakan adalah viscocrete 10 R.
2	Analisa pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dalam presentase beton mutu tinggi (Prahara dkk., 2015)	2015	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan serat serabut kelapa dan admixture viscocrete 10	<i>Admixture</i> yang digunakan adalah viscocrete 1003 tanpa bahan tambah lainnya
3	Perilaku mekanis beton mutu tinggi dengan variasi <i>superplasticizer</i> (Sudhiarta dkk., 2015)	2015	Metode Eksperimen	Penelitian ini menggunakan <i>superplasticizer</i> jenis NFS dan ASOMPC serta penelitian ditinjau dari 3 kriteria yaitu	Penelitian menggunakan <i>superplasticizer</i> jenis viscocrete 10 serta penelitian ditinjau dari 2

				uji slump, uji tekan beton dan uji Tarik beton	kriteria yaitu uji slump dan uji tekan beton.
4	Beton mutu tinggi tanpa proses pemadatan manual (Pratikno dan Susilowati, 2012)	2012	Metode Eksperimen	<i>Slag</i> baja digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar, serta bahan tambah <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i>	Kerikil sebagai bahan agregat kasar, dengan bahan tambah <i>viscocrete</i> 10
5	Beton mutu tinggi dengan bahan tambah <i>superplasticizer</i> dan <i>fly ash</i> (Pujianto, 2011)	2011	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer merk sikament</i> 163 dan <i>fly ash</i>	Bahan tambah yang digunakan <i>superplasticizer merk viscocrete</i> 10
6	Analisa beton mutu tinggi (High Strenght Concrete) dengan semen holcim (Husnah, 2016)	2016	Metode Eksperimen	Benda uji kubus 15cm x 15cm x 15cm dan semen PCC (Portland Cement Composite) merk Holcim	Benda uji dipakai silinder 15cm x 30 cm dan semen PPC (Portland Pozzolan Cement) merk Semen Gresik
7	Kuat tekan mutu tinggi dengan penambahan conplast SP 337 (Asri dan Nisumanti, 2014)	2014	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan conplast SP 337 dengan benda uji kubus 15cm x 15cm serta 5 variasi campuran penyusun agregat dengan 1 kadar bahan tambah	Bahan tambah yang digunakan Viscocrete 10 dengan benda uji silinder 15cm x 30cm, variasi terdapat pada bahan tambah bukan pada proporsi penyusun beton
8	Optimasi penambahan admixture LSC309 dan RHEOMAC SF100-MB-SF pada beton mutu tinggi (Lydiasari, 2009)	2009	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan LSC309 dan RHEOMAC SF100-MB-SF dengan variasi 4 dosis	Bahan tambah yang digunakan Viscocrete 10 dengan 3 variasi dosis

9	Perencanaan beton mutu tinggi dengan menggunakan HR-Water reducer Ligno P 100 dan <i>Portland Cement Composite</i> (PCC) (Darwis dkk., 2014)	2014	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan <i>HR-Water reducer</i> Ligno P 100 dan semen PCC	Bahan tambah yang digunakan <i>Viscocrete</i> 10 dan semen PPC
10	Pengaruh penggunaan <i>silica fume</i> dan <i>Sikament-nn</i> pada campuran beton mutu tinggi mengacu pada metode <i>American Concrete Institute</i> (ACI) (Amran, 2014)	2014	Metode Eksperimen	Bahan tambah yang digunakan <i>silica fume</i> dan <i>Sikament-nn</i>	Bahan tambah yang digunakan <i>Viscocrete</i> 1003

2.1.3. Keaslian penelitian

Berdasarkan perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang, menurut pengetahuan penulis, penelitian tentang analisa kuat tekan beton mutu tinggi dengan variasi bahan tambah *superplasticizer* belum pernah dilakukan, maka penelitian ini dijamin keasliannya.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Beton

Beton adalah campuran semen *Portland* (PC) atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (Husnah, 2016). Menurut SNI 2847-2013 (BSN, 2013), beton adalah campuran semen *Portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*). Bahan-bahan dasar beton adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Semen
4. Air

yang setelah dicampur merata (warnanya seragam) menghasilkan suatu campuran yang plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat di tuang

kedalam cetakan, untuk membentuknya menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi keras/padat (Tjokrodimuljo, 2007).

2.2.2. Beton Mutu Tinggi

Menurut *American Concrete Institute (ACI) Committee 363*, beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan diatas 6000 Psi (40 MPa). Menurut SNI 03-6468-2000 (BSN, 2000), beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan lebih besar sama dengan 41,4 MPa.

2.2.3. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Digunakannya beton sebagai salah satu penyusun struktur bangunan tidak terlepas dari berbagai pertimbangan, disamping itu beton juga mempunyai kelebihan serta kekurangan. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan menurut (Tjokrodimuljo, 2007)

Kelebihan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Bahan penyusun yang mudah didapat di pasaran menyebabkan harga beton yang relatif murah.
2. Biaya perawatan yang murah karena termasuk bahan yang awet, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton mempunyai kuat tekan cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi maka jika dikombinasikan menjadi satu kesatuan struktur akan menjadi struktur yang kuat terhadap tarik dan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat dipakai untuk kolom, pondasi, balok, perkerasan jalan, penampung air, pelabuhan dan sebagainya.
4. Pengerjaan atau *workability* yang mudah dikarenakan beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan, serta cetakan beton dapat dipakai lebih dari satu kali sehingga menjadi lebih murah secara ekonomi.

Meskipun memiliki beberapa kelebihan namun beton juga memiliki kekurangan, kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Beton memiliki kuat tarik yang lemah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan

memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya supaya mampu menopang kebutuhan kuat tariknya.

2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatan sehingga perencanaan dan pelaksanaan harus disesuaikan dengan bangunan yang akan dibuat.
3. Bahan dasar penyusun beton berasal dari berbagai daerah dengan berbagai macam jenis sesuai dengan lokasi pegambilannya, sehingga cara perencanaan dan pembuatannya bermacam-macam.

2.2.4. Jenis Beton

Beton juga memiliki beberapa jenis yang dapat digunakan sebagai struktur konstruksi. Menurut (Mulyono, 2003), terdapat beberapa jenis beton yang dipakai dalam struktur konstruksi yaitu sebagai berikut ini.

1. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tanpa pratekan dan direncanakan secara asumsi bahwa kedua material bekerja menahan gaya secara bersamaan.
3. Beton pracetak adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak di tempat berbeda dengan pelaksanaan konstruksi.
4. Beton pratekan adalah beton dimana telah diberikan tegangan dalam bentuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton yang diakibatkan oleh pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai bahan penyusunnya dengan ketentuan tidak boleh melebihi berat isi maksimum 1850 kg/m^3 kering udara dan harus memenuhi kuat tekan dan kuat Tarik beton ringan untuk tujuan struktural.

2.2.5. Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari semen, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan air.

1. Semen

Semen didefinisikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Semen dibedakan menjadi dua jenis, yaitu semen hidrolik dan non-hidrolik.

Semen hidrolik adalah semen yang mempunyai kemampuan mengikat dan mengeras didalam air. Semen hidrolik contohnya kapur hidrolik, semen *pozzolan*, semen terak, semen alam dan semen *Portland*.

Semen non-hidrolik adalah semen yang tidak mempunyai kemampuan mengikat dan mengeras di dalam air. Contohnya kapur. Jenis semen yang digunakan di Indonesia yaitu OPC (*Ordinary Portland Cement*), PPC (*Portland Pozzolan Cement*) dan PCC (*Portland Cement Composite*).

Berdasarkan SNI-15-2049-2004 (BSN, 2004), semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) adalah semen yang hidrolik yang berasal dari menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling secara bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih kalsium sulfat yang berbentuk kristal dan diperbolehkan ditambah bahan lainnya. Semen OPC dibagi dalam 5 jenis berdasar jenis dan penggunaannya, berikut ini.

- a. Jenis I adalah semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan syarat-syarat khusus seperti pada jenis lainnya
- b. Jenis II adalah semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III adalah semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah proses pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV adalah semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
- e. Jenis V adalah semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Berdasarkan SNI-15-0302-2004 (BSN, 2004), semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) adalah semen hidrolik yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *Portland* dan *pozzolan* halus, yang diproduksi dengan cara menggiling *klinker* semen *Portland* dengan *pozzolan* halus secara

bersama-sama, atau dengan cara mencampur bubuk semen *Portland* dengan bubuk *pozzolan*, atau dengan cara gabungan yaitu antara menggiling dan mencampur, dimana kadar *pozzolan* 6 % sampai dengan 40 % massa *sement Portland pozzolan*. Semen PPC dibagi menjadi 4 jenis berdasar jenis dan kegunaannya

- a. Jenis IP-U adalah semen *Portland pozzolan* yang dapat digunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
- b. Jenis IP-K adalah semen *Portland pozzolan* yang bisa digunakan untuk semua tujuan adukan beton, tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis P-U adalah semen *Portland pozzolan* yang bisa digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan untuk kekuatan awal tinggi.
- d. Jenis P-K adalah semen *Portland pozzolan* yang bisa digunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal tinggi, tahan terhadap sulfat sedang dan tahan terhadap panas hidrasi tinggi.

Berdasarkan SNI-15-7064-2004 (BSN, 2004), semen PCC (*Portland Cemen Composite*) adalah semen hidrolis hasil dari penggilingan bersama-sama antara terak semen *Portland* dan *gips* dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran dari bubuk semen *Portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik yang dimaksud adalah terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozzolan*, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 % - 35 % dari massa semen *Portland* komposit. Semen *Portland* komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti : pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

2. Agregat

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton disamping pasta semen. Kadar agregat dalam campuran berkisar 60 % - 80 % dari volume total beton. Oleh karena itu kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton (Husnah, 2016). Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dengan menempati kira-kira

sebanyak 70 % volume beton, walaupun sebagai bahan pengisi tetapi agregat memiliki pengaruh penting terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton (Tjokrodimuljo, 2007). Penggunaan ukuran butir maksimum agregat sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton sebagaimana jika dipakai ukuran agregat maksimum lebih besar maka luas permukaan butir agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton rendah (Tjokrodimuljo, 2007). Menurut ukuran butirnya, agregat dibagi menjadi 2 yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat Halus

Agregat halus merupakan butir-butir mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, yang ukuran butirannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5 % (Husnah, 2016). Menurut SNI-03-2384-1993 (BSN, 1993) agregat halus adalah pasir alami hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Syarat-syarat agregat halus yang baik untuk campuran beton, adalah sebagai berikut ini.

- 1) Agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5 %.
- 2) Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan pengujian warna dengan larutan 3 % NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding.
- 3) Modulus halus butir antar 1,50 – 3,00.
- 4) Tidak boleh reaktif terhadap alkali.
- 5) Bila diuji dengan natrium sulfat maka kekekalan pada bagian yang hancur maksimum 10 % dan jika pakai magnesium sulfat kekekalan bagian yang hancur maksimum 10 %.

Tabel 2.3. Batas-batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-1993)

Ukuran Saringan	Persentase berat yang lolos saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	1-10	0-10	0-15

Tabel 2.4. Jenis agregat berdasarkan berat jenis (SNI 03-2834-1993)

Jenis Agregat	Berat Jenis
Agregat Ringan	< 2,0
Agregat Normal	2,5 – 2,7
Agregat Berat	2,8

Berdasarkan Tabel 2.4. diketahui bahwa agregat halus dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu agregat ringan dengan berat jenis kurang dari 2,0, agregat normal yaitu dengan berat jenis antara 2,5 – 2,7 dan agregat berat yaitu yang berat jenisnya lebih dari 2,8 (Tjokrodinuljo,2007).

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang berbutir lebih besar dari 4,80 mm. agregat kasar adalah hasil dari desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm-40 mm (Erviyanto dkk., 2016). Menurut SNI 03-2847-2002 (BSN, 2002), bahwa agregat kasar yang dapat dipakai dalam campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut ini.

- 1) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali.
- 2) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan).
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan yang reaktif dan perlu diuji dengan NaOH terlebih dahulu.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur > 1 %.
- 5) Ukuran maksimum agregat kasar tidak boleh melebihi 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang cetakan, 1/3 tebal plat beton dan 3/4 jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

3. Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting dan paling murah diantara bahan penyusun beton yang lainnya (Erviyanto dkk., 2016). Air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan beton karena dapat menentukan mutu beton. Tujuan digunakannya air dalam campuran beton adalah agar terjadinya hidrasi, yaitu reaksi kimia antara air dan semen yang menyebabkan campuran menjadi keras (Tjokrodinuljo, 2007).

Sebagai salah satu bahan penyusun campuran beton, air yang akan digunakan tentunya memiliki persyaratan yang harus terpenuhi, menurut SNI S-04-1989-F (BSN, 1989), air sebagai bahan campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak mengandung minyak, lumpur, dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter
- 3) Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram per liter
- 4) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (zat organik, asam dan sebagainya) lebih dari 15 gram per liter.

5) Tidak mengandung *khlorida* (CL) lebih dari 0,5 gram per liter, khusus untuk beton pratekan kandungan *khlorida* (CL) tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter.

4. Bahan Tambah Kimia (*Superplasticizer*)

Menurut surat edaran menteri pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor : 22/SE/M/2015 tentang pedoman penggunaan bahan tambah kimia (*Chemical Admixture*) dalam beton, *superplasticizer* adalah pengurang air jenis baru yang dalam senyawa kimia berbeda dengan pengurang air biasa (*NWR/plasticizer*), *superplasticizer* dapat mengurangi kadar air sampai 30 %. Pada saat pemberian aksi menyebar dari *superplasticizer* akan meningkatkan kinerja beton, juga akan menyebabkan kenaikan nilai slump dari 7,5 cm menjadi 20 cm. Prinsip utama dari aksi *superplasticizer* adalah kemampuan untuk menghancurkan partikel-partikel semen dengan sangat efisien. Penggunaan *superplasticizer* juga memiliki beberapa kegunaan lain, yaitu sebagai berikut ini.

- a. Faktor air semen air/semen dapat dikurangi secara signifikan tetapi tetap menjaga kadar semen dan kelecakan yang sama, hal ini yang menyebabkan peningkatan kekuatan.
- b. Permeabilitas dapat dikurangi.
- c. Kinerja tinggi pada faktor air semen sangat rendah seperti pengecoran beton dengan tulangan yang rapat.

Pada dasarnya *superplasticizer* tidak berpengaruh secara langsung pada peningkatan kinerja dan kekuatan beton, tetapi dengan penambahan *superplasticizer* memungkinkan untuk suatu campuran beton dengan faktor air semen yang relatif kecil memiliki workabilitas yang baik. Seperti yang sudah diketahui bahwa semakin kecil kandungan air semen dalam suatu campuran beton maka akan makin padat dan makin tinggi kuat tekan suatu beton.

5. Faktor Air Semen dan *Slump*

Menurut (Tjokrodinuljo, 2007), setiap pekerjaan beton ada hal-hal penting harus menjadi perhatian, salah satunya adalah kelecakan beton segar. Kelecakan biasanya didapatkan dengan cara uji *slump* yang kemudian nilai

yang didapat akan menjadi tolak ukur kemudahan pengerjaan suatu beton. Menurut (Tjokrodinuljo, 2007) ada beberapa faktor yang mempengaruhi kelecakan beton adalah sebagai berikut ini.

- a. Jumlah air yang dipakai dalam campuran beton.
- b. Gradasi agregat penyusun beton.
- c. Jumlah pasta semen dalam campuran beton.
- d. Besar butir maksimum agregat.

Slump pada beton sangat berhubungan dengan faktor air semen (FAS) dimana semakin tinggi nilai FAS maka semakin tinggi nilai *slump* yang berarti nilai kuat tekan beton akan semakin kecil. Dapat dilihat pada Lampiran III yang menjelaskan bahwa semakin besar nilai faktor air semen maka semakin kecil kuat tekan beton ataupun sebaliknya semakin kecil nilai faktor air semen maka semakin besar nilai kuat tekan beton. Sehingga nilai slump dan kandungan faktor air semen pada beton sangat mempengaruhi nilai kuat tekan pada beton tersebut.

6. Kuat Tekan Beton

Untuk mengetahui mutu beton yang akan digunakan suatu konstruksi maka akan dilakukan uji kuat tekan beton dimana nilai yang didapat nanti nya akan menjadi parameter utama terhadap mutu beton. Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2003). Faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut ini.

- a. Umur beton, semakin lama umur beton maka semakin menurun peningkatan kuat tekannya, beton masih mengalami peningkatan kuat tekan pada saat seperti beton saat berumur 28 hari namun jika beton sudah berumur 360 hari atau lebih maka penurunan baru akan terlihat.
- b. *Workability*, pada beton normal yang memiliki *workability* yang tinggi cenderung akan mengalami *bleeding* dan segregasi yang menyebabkan penurunan nilai kuat tekan beton.
- c. Gradasi, jika agregat kasar penyusun beton memiliki gradasi yang seragam maka tidak dapat mengisi rongga atau celah-celah pada saat pembuatan

beton, rongga-rongga ini yang nantinya akan menyebabkan beton menjadi keropos dan dapat menurunkan kuat tekan beton.

- d. Kadar semen, semakin tinggi kadar semennya maka semakin tinggi pula kuat tekan beton.
- e. *Admixture*, penambahan bahan tambah seperti *superplastizer* dapat meningkatkan workabilitas dan proses hidrasi semen sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton.
- f. Porositas, beton yang memiliki porositas yang rendah akan memiliki kuat tekan yang tinggi, sebaiknya bila memiliki porositas yang tinggi maka beton akan memiliki kuat tekan yang rendah.
- g. Perawatan (*Curing*), proses ini bertujuan untuk menjaga suhu pada saat proses hidrasi.

Menurut SNI 03-1974-1990 (BSN, 1990) nilai kuat tekan beton bisa didapatkan pada persamaan 3.1. nilai kuat dilambangkan dengan f'_c dengan satuan kg/cm^2 atau MPa (mega pascal).

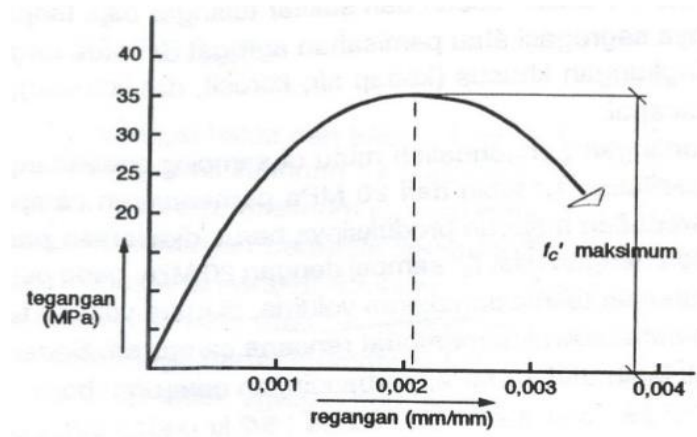
$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

- f'_c = kuat tekan silinder beton (MPa),
- P = beban tekan maksimum (kg), dan
- A = luas bidang tekan (cm^2).

7. Hubungan tegangan dan regangan beton

Menurut (Mulyono, 2003) bahwa beton yang berkekuatan lebih rendah mempunyai kemampuan defrmasi yang lebih rendah (daktalitas) yang lebih tinggi dari beton berkekuatan tinggi. Tegangan maksimum dicapai pada regangan tekan antara 0,002-0,005. Regangan ultimit pada saat hancurnya beton berkisar antara 0,003-0,004. Hubungan antara tegangan dan regangan beton dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Grafik hubungan antara tegangan dan regangan beton
(Mulyono, 2003)