

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu.

Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimulyo,2007).

Bahan pembentuk beton pada umumnya terdiri dari semen yang berfungsi sebagai pengikat, agregat halus yang dapat berupa pasir atau abu batu dan/atau material

alami maupun buatan yang memiliki butiran berdiameter kurang dari 5 mm, serta agregat kasar yang berupa batu pecah ataupun alami yang memiliki diameter lebih dari 5 mm, serta air yang berguna agar semen (*berhidrasi*) bereaksi secara kimiawi sehingga membentuk pasta semen yang nantinya akan mengikat agregat halus dan kasar. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, agar campuran beton dapat memiliki sifat dan karakteristik yang diinginkan.

Bahan tambahan merupakan bahan selain unsur pokok beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton. Tujuan dari pemberian bahan tambahan adalah untuk mengubah sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras seperti mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah kuat

daktilitas beton dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru memperburuk sifat beton (Kardiyono, 1996).

2.2. Sifat Beton

Beton adalah material yang dibuat dari campuran agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis yang lain yang sejenis, dengan menggunakan atau tidak menggunakan bahan tambah lain. (SK.SNI T-15-1990-03:1). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, beton merupakan material yang bersifat getas. Nawy (1985) dalam buku Mulyono (2003) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Untuk mencapai kuat tekan beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu dan akibat pengaruh cuaca). Untuk itu diperlukan susunan gradasi butiran yang baik. Nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agregat ini (Dipohusodo, 1994).

Beton adalah material komposit. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. Agregat mempunyai peran sebagai penguat,

semen (matriks) mempunyai kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah berperan sebagai pengikat dan air (*mixer*) sebagai media pencampur untuk menghomogenkan komposisi penyusun dan kontak luas permukaan.

Dalam bidang bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus dan kasar dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih.

Susunan beton secara umum, yaitu: 7-15 % semen, 16-21 % air, 25-30% pasir, dan 31-50% kerikil. Kekuatan beton terletak pada perbandingan jumlah semen dan air, rasio perbandingan air terhadap semen (*W/C ratio*) yang semakin kecil akan menambah kekuatan (*compressive strength*) beton. Kekuatan beton ditentukan oleh perbandingan air semen, selama campuran cukup plastis, dapat dikerjakan dan beton itu dipadatkan sempurna dengan agregat yang baik (Nugraha, P., 2007).

Beton memiliki beberapa faktor keunggulan sehingga pemakaiannya begitu luas. Sifat keunggulan beton antara lain (Nugraha, P., 2007) :

a. Ketersediaan (*availability*) material dasar.

Agregat, air dan semen pada umumnya bisa didapat dengan mudah dari lokal setempat dan harga yang relatif murah.

b. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*).

Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, landasan udara, fondasi.

c. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal.

Secara umum ketahanan beton cukup tinggi, lebih tahan karat sehingga tidak perlu dicat, lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

d. Kekuatan tekan tinggi.

Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi.

Di samping segala keunggulan di atas, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan, yaitu (Nugraha, P., 2007) :

1. Kuat tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
2. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
3. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
4. Berat (bobotnya besar).
5. Daya pantul suara yang besar.
6. Beton cenderung retak, karena semennya hidraulis.
7. Beton tidak mampu menahan gaya tegangan (*tension*) yang tinggi, karena elastisitasnya yang rendah dari beton.
8. Konduktivitas termal beton relatif rendah.

Pada proses pengecoran bagian permukaan beton uji silinder biasanya permukaan ujung yang cembung menghasilkan pengurangan kekuatan di bandingkan permukaan yang cekung (Neville, 1994).

Beton yang berasal dari pengadukan bahan-bahan penyusun agregat kasar dan agregat halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat dicapai mutu beton yang baik. Pada umumnya pengadukan bahan beton dilakukan dengan menggunakan mesin kecuali jika hanya untuk mendapatkan beton mutu rendah pengadukan dapat dilakukan tanpa menggunakan mesin pengaduk. Kekentalan adukan beton harus diawasi dan dikendalikan dengan cara memeriksa slump pada setiap adukan beton baru.

Nilai slump digunakan sebagai petunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air semen yang ingin dicapai. Waktu pengadukan lamanya tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan penyusun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,50 menit dimulai semenjak pengadukan, dan hasil umumnya menunjukkan susunan dan warna merata. Sesuai dengan tingkat mutu beton yang dihasilkan memberikan:

1. Keenceran dan kekentalan adukan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah kedalam adukan tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat.
2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosif, dan lain-lain).

3. Memenuhi uji kuat yang hendak dipakai (Fintel, Mark., 1987).

Dalam SK SNI M - 14 -1989 - E dijelaskan pengertian kuat tekan beton yakni besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Selanjutnya Mulyono (2006) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur di mana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Kekuatan tekan karakteristik σ'_{bk} dihitung $\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64$ dengan taraf signifikan 5%. Adapun faktor lain yang dapat mempengaruhi mutu kekuatan beton seperti yang dikemukakan oleh Mulyono (2006) yaitu: (1) proporsi bahan penyusun, (2) metode pencampuran, (3) perawatan, dan (4) keadaan pada saat pengecoran.

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

1. Kualitas semen,
2. Proporsi terhadap campuran,
3. Kekuatan dan kebersihan agregat,
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
7. Perawatan beton, dan
8. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985) .

Sebagian besar bahan pembuat beton adalah bahan lokal (kecuali semen portland atau bahan tambah kimia), sehingga sangat menguntungkan secara ekonomi. Namun pembuatan beton akan menjadi mahal jika perencana tidak memahami karakteristik bahan-bahan penyusun beton yang harus disesuaikan dengan perilaku struktur yang akan dibuat.

Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton (Jackson, 1977) dalam Mulyono (2003), serta Murdock dan Brook (1991) yang mengatakan : “kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga kerja yang cakap adalah untuk pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan”.

Dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I. - 2 (1971) dijelaskan kelas dan mutu beton Beton Kelas I adalah beton untuk pekerjaan-nonstruktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton Kelas I dinyatakan dengan Bo.

Beton Kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktural secara umum.

Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Beton Kelas II di bagi dalam mutu standar: B1, K125, K175, dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan

pemeriksaan. Pada mutu K125, K175, dan K225, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan dengan mengharuskan pemeriksaan kuat tekan beton secara kontinyu.

Beton Kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural di mana di pakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm².

Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu. Mutu beton kelas III dinyatakan dengan huruf K dengan angka di belakangnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan.

2.2.1. Kuat tekan beton (*Strength*)

Pada setiap rancangan campuran beton, kekuatan tekan dari beton harus memenuhi kekuatan karakteristik disyaratkan, dimana kekuatan karakteristik adalah nilai dari kekuatan beton dimana dari sejumlah besar benda uji. Kekuatan dari nilai tersebut hanya terbatas sampai 5% saja (*PBI, 1971*). Pengetesan kuat tekan beton dilaksanakan pada usia 28 hari, dimana kekuatan tekan beton mencapai mutu yang direncanakan. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu : faktor air semen, jenis agregat dan gradasi nya, jenis semen yang digunakan, perbandingan penggunaan agregat, penggunaan bahan tambah, kandungan udara, usia beton, serta perawatan beton.

2.2.2. Kemudahan pengerjaan (*Workability*)

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan, dimana beton memiliki kemudahan dalam hal transportasi, pembentukan dan pemadatan. Kemudahan pengerjaan (*workability*) dapat dilihat dari hasil *slump test*, dimana kelecakan tergantung pada faktor air semen, proporsi agregat, sifat agregat, waktu dan suhu serta penggunaan bahan tambah (*admixture*).

2.2.2.1. Faktor air semen

Peningkatan jumlah air akan mempermudah pengerjaan dan pemadatan tetapi akan mengurangi kekuatan tekan serta mengakibatkan pemisahan (*segregasi*) yang mengakibatkan komponen dari beton segar mengalami pemisahan sehingga menghasilkan beton yang tidak menyatu atau tidak monolit dan dapat mengakibatkan terpisahnya air dari campuran beton (*bleeding*).

Pada umumnya setiap partikel yang digunakan dalam beton membutuhkan air agar beton *plastis* sehingga mudah dikerjakan, namun penambahan air haruslah cukup terserap pada permukaan partikel dan dapat mengisi rongga antar partikel sehingga beton tidak mengalami *segregasi* dan *bleeding*.

2.2.2.2. Proporsi Agregat

Proporsi agregat merupakan salah satu pokok penting, dimana proporsi agregat akan mempengaruhi adukan beton terutama dalam hal kelecakan beton (*workability*). Ada dua faktor yang dapat mempengaruhi beton yaitu jumlah agregat, dan perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar yang digunakan dalam adukan.

Perbandingan agregat halus dan kasar haruslah proporsional, agar beton memiliki kelecakan (*workability*) yang baik dan tidak mengalami *segregasi*. Kekurangan agregat halus juga dapat menyebabkan beton menjadi kasar dan sulit dikerjakan, dan peningkatan perbandingan agregat dengan faktor air semen yang konstan juga dapat menurunkan kelecakan (*workability*) pada beton.

2.2.2.3. Sifat Agregat

Agregat yang digunakan sebagai campuran beton merupakan agregat alam maupun buatan, agregat halus dan kasar yang digunakan juga memiliki sifat dan kelakuan yang berbeda. Oleh sebab itu, tidak hanya melihat proporsi atau perbandingan agregat tetapi juga perlu memperhatikan sifat, bentuk dan karakteristik dari agregat tersebut.

Sifat agregat juga mempengaruhi kelecakan (*workability*) beton, agregat yang memiliki penyerapan air yang sedikit maka kelecakannya rendah dan agregat dengan penyerapan air yang terlalu banyak juga dapat menurunkan kelecakan beton apabila kebutuhan air agregat tidak terpenuhi atau jumlah air yang digunakan tidak sesuai dengan penyerapan yang dibutuhkan agregat.

Oleh karena itu, jumlah air dan semen yang digunakan dalam adukan beton haruslah tepat agar kualitas beton dan kelecakan beton terjaga dengan baik sehingga komponen beton dapat mengikat dengan sempurna pada saat mengeras. Untuk itu sifat dari agregat yang digunakan sebagai campuran juga harus diperhatikan.

2.2.2.4. Waktu dan Suhu

Dalam pencampuran beton, waktu dan suhu juga dapat mempengaruhi adukan beton. Peningkatan suhu yang tinggi dapat berakibat terhadap kelecakan beton, dimana dengan suhu yang tinggi dapat mempercepat penguapan dan *hidrasi* sehingga diperlukan jumlah air yang lebih banyak untuk kelecakan yang sama.

Waktu juga akan berpengaruh terhadap adukan, dimana untuk waktu yang singkat kelecakan tidak dipengaruhi oleh suhu, akan tetapi waktu yang lama akan berpengaruh terhadap waktu ikat beton (*setting time*) dimana beton mulai mengeras sehingga kelecakannya semakin menurun dan fase plastis beton akan mulai menghilang dan beton akan mulai mengeras.

2.2.2.5. Penggunaan Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk campuran beton selain unsur pokok penyusun beton, bahan tambah ini berguna untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu dalam keadaan segar maupun saat mengeras dan juga dengan adanya penggunaan bahan tambah ini bertujuan agar beton lebih ekonomis. Bahan tambah beton biasanya digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit, karena jika berlebihan dalam penggunaan justru akan memperburuk beton.

Dalam PUBLI 1982 (Kardiyono, 1996) bahan kimia tambahan dapat dibedakan menjadi 4 jenis yaitu :

1. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai (*water reducing admixture*). Dengan pemakaian bahan ini diperoleh

adukan beton dengan faktor air semen (FAS) lebih rendah pada nilai kentalan pada adukan yang sama, atau diperoleh adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.

2. Bahan kimia untuk memperlambat proses pengikatan dan pengerasan beton (*retarding admixture*), bahan ini digunakan pada suatu kasus untuk menghindari jarak antara tempat mengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari satu jam.
3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses pengikatan dan pengerasan beton (*accelerating admixture*), bahan ini digunakan pada saat penguangan adukan beton dilakukan dibawah permukaan air, pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera.
4. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses pengikatan dan pengerasan beton (*Water reducing dan retarding admixture*).

2.2.3. Daya tahan (*Durability*)

Menurut Marsiano (2010), Daya tahan beton merupakan sifat dimana beton harus tahan terhadap pengaruh luar selama pelayanan. Sifat dari daya tahan beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, diantaranya :

1. Tahan terhadap pengaruh cuaca.

Pengaruh cuaca panas dan dingin atau basah dan kering serta polusi udara, akan menimbulkan perubahan warna, dan kerusakan-kerusakan lainnya pada permukaan beton.

2. Tahan terhadap pengaruh kimia.

Agresi zat kimia baik dari dalam maupun dari luar beton dapat mengakibatkan kerusakan pada beton sebagian atau secara keseluruhan seperti agresi sulfat, air laut, dan lain-lain. Kerusakan ini disebabkan karena terjadinya reaksi kimia antara alkali semen dengan zat-zat kimia tersebut.

3. Tahan terhadap erosi.

Erosi ini disebabkan oleh gerakan air yang mengalir dengan cepat, seperti arus sungai, hempasan gelombang atau hempasan angin yang kuat.

2.2.4. Segregasi dan *Bleeding*

Pengertian segregasi adalah peristiwa pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran tidak seragam (Mindess et al., 1996). Peristiwa pemisahan ini dapat terjadi 2 macam yaitu:

1. Pengendapan agregat yang lebih berat didasar campuran beton segar.
2. Pemisahan agregat kasar dari kesatuan campuran beton, akibat pemadatan yang berlebihan.

Sedangkan pengertian bleeding adalah suatu jenis segregasi khusus dimana terjadinya peristiwa naiknya air keatas permukaan pada saat adukan beton telah mengalami konsolidasi, namun belum mengalami pengikatan (Mindess et al., 1996). Hal ini terjadi dikarenakan air menjadi material yang memiliki berat jenis terkecil dibanding komponen yang lain (Agregat dan semen).

2.3. Material penyusun beton

2.3.1. Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen terdiri dari unsur bahan mentah yang dicampur sehingga menghasilkan suatu bahan perkat yang berbentuk serbuk halus yang bila ditambah air akan menimbulkan reaksi hidrasi, sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Semen non-hidrolik

Semen non-hidrolik adalah semen (perekat) yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air.

2. Semen hidrolik.

Semen hidrolik adalah semen yang akan mengeras bisa bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras.

2.3.2. Agregat

Penggunaan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi, porsi penggunaan agregat dalam campuran beton berkisar antara 60-75% dari volume total atau berat beton. Walaupun fungsi dari agregat ini adalah sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya cukup besar, maka agregat pun menjadi penting dan perlu dipelajari dan diketahui karakteristik dari agregat tersebut, agar dapat menghasilkan beton dengan kualitas dan karakteristik yang baik.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*) atau 4.75 mm (*ASTM Standard*).

1. Agregat Halus

Agregat Halus dapat berupa pasir alam, pasir dari hasil olahan atau gabungan dari keduanya. Agregat pun dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (*gradasi*), dan tekstur permukaannya.

Persyaratan mutu berdasarkan ASTM C33-86 dan berdasarkan SII 0052-80 yang keduanya dicantumkan dalam PBI 89 adalah sebagai berikut :

- a. Kadar Lumpur atau bagian butir yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200) dalam persen. Berat maksimum dimana untuk beton yang mengalami abrasi disyaratkan maksimum 3.0% dan jenis beton lain disyaratkan 5.0%.
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah direpihkan maksimum 3.0%.
- c. Kandungan arang dan lignit bila tampak permukaan beton dipandang penting kandungan maksimum 0.5% dan beton jenis lain 1.0%.
- d. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang merugikan beton. Bila diuji dengan larutan NaOH dan dibandingkan dengan warna standar atau pembanding tidak lebih tua dari warna standar atau warna

pembandingan. Jika warna tersebut lebih tua maka agregat tersebut harus ditolak, kecuali apabila :

- Warna lebih tua timbul oleh adanya sedikit arang, lignit atau sejenisnya.
 - Diuji dengan cara melakukan percobaan perbandingan kuat tekan yang memakai agregat tersebut dengan kuat tekan yang menggunakan pasir standar silika, menunjukkan nilai kuat tekan mortar tidak kurang dari 95% kuat tekan mortar memakai pasir standar. Uji kuat tekan mortar harus dilakukan sesuai dengan ASTM C-87.
- e. Agregat halus yang akan dibuat beton dan mengalami basah dan lembab terus menerus atau akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan didalam mortar atau beton. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh dipakai untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung sebagai setara dengan Natrium Oksida ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$) tidak lebih dari 0.6% atau dengan penambahan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaihan yang membahayakan karena reaksi dari alkali dengan kandungan agregat tersebut.
- f. Sifat kekal diuji dengan larutan garam sulfat.
- Jika dipakai natrium sulfat bagian yang hancur 10%
 - Jika dipakai magnesium sulfat bagian yang hancur 15%.

- g. Agregat halus harus mempunyai susunan butiran berdasarkan ASTM C33-57 :

Tabel 2.1 Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
9.5	100
4.75	95-100
2.36	80-100
1.18	50-85
0.6	25-60
0.3	10-30
0.15	10-20

Tabel 2.2 Prosentase Lolos Ayakan Pasir.

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Pasir Kasar (Daerah 1)	Pasir Agak Kasar (Daerah 2)	Pasir Agak Halus (Daerah 3)	Pasir Halus (Daerah 4)
9.5	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	95-100	95-100
2.36	60-95	75-100	85-100	95-100
1.18	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-10	8-30	Dec-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

2. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa batu kerikil (koral) yang sesuai dengan yang disyaratkan ataupun berupa batu pecah (*split*).

Syarat-syarat agregat kasar berdasarkan Peraturan Beton Indonesia (PBI 71) adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil pembentukan alami dari batuan atau berupa batu pecah (*split*) yang

diperoleh dari pemecah batu. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 5mm.

- b. Agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak melebihi dari 20% dari berat total agregat. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tak pecah atau hancur oleh pengaruh terik matahari ataupun hujan.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering dan tidak boleh mengandung zat-zat yang merusak beton. Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian-bagian yang melewati ayakan 0.063 mm (no.200). Apabila kadar lumpur lebih dari 1% maka agregat tersebut harus dicuci.
- d. Kekerasan dari butiran-butiran agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari *Rudeloff* dengan beban penguji 20 ton, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
- Tak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% berat. Kekerasan dapat diketahui dengan mesin *Los Angles* dimana tidak terjadi kehilangan berat hingga 50%.
- e. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari 1/5 jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan.

2.3.3. Air

Air diperlukan pada pembentukan beton, air sangat berperan penting dalam pembuatan beton. Semen tidak dapat menjadi pasta tanpa adanya air, air bertujuan agar terjadi hidrasi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton.

Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidaklah banyak, yaitu sekitar 20% dari berat semen. Tetapi untuk tujuan ekonomis dapat ditambahkan lebih banyak air, sehingga lebih banyak agregat yang dipergunakan, dengan demikian dapat dihasilkan lebih banyak beton. Namun pemakaian air harus dibatasi, sebab penggunaan air yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya mutu beton.

Dalam proses pembuatan beton, air memegang peranan penting karena nilai perbandingan jumlah air dan semen atau *water-cement ratio* (*w/c ratio*) akan berpengaruh pada :

- a. Kekuatan beton (*strength of concrete*)
- b. Kemudahan pengerjaan (*workability*)
- c. Kestabilan Volume (*volume stability*)
- d. Keawetan beton (*durability of concrete*)

Selain itu *water-cement ratio* penggunaan air juga ditentukan oleh jenis agregat, terutama agregat halus (pasir) yang mempunyai luas permukaan lebih besar dari agregat kasar (batu pecah). Jenis agregat halus yang berbeda dapat mempengaruhi pemakaian air, tergantung dari sifat penyerapannya. Jika sifat penyerapannya lebih

besar maka akan membutuhkan banyak air, begitu juga sebaliknya apabila penyerapannya rendah maka tidak memerlukan banyak air.

Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi syarat, dimana air yang digunakan dalam campuran beton harus air yang bersih, tidak mengandung minyak, asam, alkali, dan zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton dan tulangan.

2.4. Bahan Tambah (*Admixtures*)

Bahan tambahan (*admixtures*) pada pencampuran beton sangat berpengaruh dan berperan penting, walaupun penggunaan bahan tambah tersebut relatif lebih sedikit akan tetapi pengaruh yang dihasilkan cukup besar terhadap beton. Bahan tambah beton ini berguna untuk mengubah karakteristik beton, dimana dengan penambahan bahan tambah ini beton dapat dikendalikan waktu pengikatannya (mempercepat dan memperlambat pengerasan), mereduksi kebutuhan air dan menambahkan kemudahan pengerjaan beton (meningkatkan *slump*), serta memberikan kuat tekan yang tinggi. Bahan tambah beton terdiri dari bahan tambah kimia (*chemical admixture*) dan bahan tambah mineral (*mineral admixtures*).

2.4.1. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixtures*).

Menurut standar ASTM C.494 (1995: .254) dan Pedoman Beton 1989 SKBI.1.4.53.1989 (Ulasan Pedoman Beton 1989: 29). Jenis bahan tambahan kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut :

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

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

Water-Reducing Admixtures digunakan antara lain untuk dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen (w/c) yang rendah, atau dengan tidak mengubah kadar semen yang digunakan dengan faktor air semen yang tetap maka nilai slump yang dihasilkan dapat lebih tinggi. Hal lain juga dimaksudkan dengan mengubah kadar semen tetapi tidak mengubah faktor air semen dan slump. Pada kasus pertama dengan mengurangi faktor air semen yang rendah akan meningkatkan kekuatan tekan beton. Pada kasus kedua dengan tingginya nilai slump yang didapatkan akan memudahkan penuangan adukan (*placing*) atau dengan hal ini waktu penuangan adukan dapat diperlambat. Pada kasus ketiga dimaksudkan untuk mengurangi biaya karena penggunaan semen yang lebih kecil (Mather, Bryant. 1994:494-495).

Bahan tambah pengurang air dapat berasal dari bahan organik ataupun campuran anorganik untuk beton tanpa udara (*non-air-entrained*) atau dengan udara dalam hal mengurangi kandungan air campuran. Selain itu bahan tambah ini dapat digunakan untuk memodifikasi waktu pengikatan beton atau mortar sebagai dampak perubahan faktor air

semen. Komposisi dari campuran bahan tambah ini diklarifikasikan secara umum menjadi 5 kelas :

- a. Asam lignosulfonic dan kandungan garam-garam
- b. Modifikasi dan turunan asam lignosulfonic dan kandungan garam-garam.
- c. *Hydroxylated carboxylic acids* dan kandungan garamnya.
- d. Modifikasi *hydroxylated carboxylic acids* dan kandungan garamnya.
- e. Material lain seperti :
 - Material inorganik seperti seng, garam-garam, barak, posfat, klorida.
 - Asam amino dan turunannya
 - Karbonhidrat, polisakarida, dan gula asam.
 - Campuran polimer, seperti eter, turunan melamic, naptan, silicon, hidrokarbon-sulfat.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan tambah ini adalah air yang dibutuhkan, kandungan air, konsistensi, *bleeding* dan kehilangan air pada saat beton segar, laju pengerasan, kekuatan tekan dan lentur, ketahanan terhadap perubahan volume, susut pada saat pengeringan. Berdasarkan hal tersebut, menjadi penting untuk melakukan pengujian sebelum pelaksanaan pencampuran terhadap bahan tambah tersebut.

b. Tipe B “*Retarding Admixtures*”

Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca

yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan, untuk menghindari *cold joint* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.

c. Tipe C “*Accelerating Admixtures*”

Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton.

Accelerating Admixtures yang paling terkenal adalah kalsium klorida.

Bahan kimia lain yang berfungsi sebagai pemercepat antara lain adalah senyawa-senyawa garam seperti klorida, bromida, karbonat, silikat dan

terkadang senyawa organik lainnya seperti tri-etanolamin. Perlu ditekankan bahwa kalsium klorida jangan digunakan jika korosi progresif dari tulangan baja dapat terjadi. Dosis maksimum adalah 2%

dari berat semen yang digunakan.

Penggunaan bahan tambah pemercepat laju pengerasan harus didasarkan atas pertimbangan ekonomi dengan membandingkan pada penggunaan bahan tambah lain seperti, bandingkan dengan penggunaan semen tipe III, penggunaan semen yang lebih banyak, penggunaan metode perawatan dan proteksi yang berbeda, penggunaan bahan air dan agregat yang panas. Secara umum, kelompok bahan tambah ini dibagi menjadi tiga : (1). Larutan garam organik, (2). Larutan campuran

organik, (3). Material *miscellaneous*.

d. Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*”

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

Water Reducing and Retarding Admixtures yaitu pengurang air dan pengontrol pengeringan (*Water Reducing and Retarding Admixtures*).

Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air. Bahan ini hampir semuanya berwujud cair.

Air yang terkandung dalam bahan ini akan menjadi bagian dari campuran beton. Jadi, dalam perencanaan air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam campuran beton. Perlu ditekankan bahwa perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah.

Perubahan kandungan air, atau udara, atau semen, harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah.

e. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures*”

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

Bahan ini juga digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan

pengurangan kandungan air artinya FAS yang digunakan tetap dengan mengurangi kadar air. Bahan ini hampir semuanya berwujud cair. Air yang terkandung dalam bahan ini akan menjadi bagian dari air campuran beton. Jadi, dalam campuran perencanaan air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam campuran beton. Perlu ditekankan bahwa perbandingan antara mortar dengan agregat kasar tidak boleh berubah. Perubahan kandungan air, atau udara, atau semen, harus diatasi dengan perubahan kandungan agregat halus sehingga volume tidak berubah. Pemercepat waktu pengikatan didalam bahan tambah kimia ini untuk mempercepat sehingga untuk beton yang menggunakan bahan tambah ini akan menghasilkan waktu pengikatan cepat dan kadar air yang rendah dalam FAS. Kondisi yang dikehendaki adalah kuat tekan beton yang tinggi tetapi kecepatan pengikatan yang diinginkan dapat lebih tinggi.

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

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

Fungsinya untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang

sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan juga lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer*. Bahan jenis inipun termasuk kedalam bahan kimia tambahan yang baru, dan disebut sebagai “bahan tambahan kimia pengurang air”. Tiga jenis plasticizer yang dikenal adalah (1). Kondensi sulfonat melamin formadehid dengan kandungan klorida sebesar 0.005%, (2). Sulfonat nafthalin formaldehid dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan dan (3). Modifikasi lignosulfonat tanpa kandungan klorida. Ketiga jenis bahan tambahan tersebut dibuat dari sulfonat organik dan disebut *superplasticizer*, karena dapat mengurangi pemakaian air pada campuran beton dan meningkatkan *slump* beton sampai dengan 8 inch (208 mm) atau lebih. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton.

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

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan dari *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya

sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2.4.2. Bahan Tambah Mineral (*Mineral Admixtures/Additive*).

Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan tambah mineral ini cenderung bersifat pnyemenan. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzollan, *flyash*, *slag*, dan *silica fume*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral ini antara lain (Cain, 1994:500-508):

- Memperbaiki kinerja *workability*.
- Mengurangi panas hidrasi.
- Mengurangi biaya pekerjaan beton.
- Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat.
- Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
- Mempertinggi usia beton.
- Mempertinggi kekuatan tekan beton.
- Mempertinggi keawetan beton.
- Mengurangi penyusutan.
- Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

a. *Pozzolan*

Pozzolan adalah bahan tambahan yang mengandung senyawa silika dan silika alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air

senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan *kalsium hidroksida* pada suhu normal membentuk senyawa *kalsium silika hidrat* dan *kalsium hidrat* yang bersifat hidrolis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah.

Menurut ASTM C.618-86 mengenai mutu *pozzolan* dibedakan menjadi tiga kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. *Pozzolan* mempunyai mutu yang baik, apabila jumlah kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga jenis *pozzolan* ini adalah :

- Kelas N : *Pozzolan* alam atau hasil pembakaran, *pozzolan* alam yang dapat digolongkan dalam jenis ini seperti tanah diatomic, *opaline cherts* dan *shales*, *tuff* dan abu *vulkanik* atau *pumicite*, dimana bisa diproses melalui pembakaran ataupun tidak. Selain itu juga, berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.
- Kelas C : *Fly ash* yang mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan pembakaran *lignite* atau *sub-bitumen* batu bara.
- Kelas F : *Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran.

Menurut proses pembentukannya *pozzolan* dibagi menjadi dua, yaitu :

1. *Pozzolan* alam, adalah bahan alami yang merupakan sedimentasi dari abu atau lava gunung berapi yang mengandung silika aktif yang

bila dicampur dengan kapur padam akan mengadakan proses sedimentasi.

2. *Pozzolan* buatan sebenarnya banyak macamnya, baik berupa sisa-sisa pembakaran dari tungku, maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika reaktif dengan melalui proses pembakaran, seperti abu terbang, abu sekam, dan silika fume.

b. Abu terbang (*fly ash*)

Fly ash adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran melalui ketel berupa semburan asap. Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa *fly ash* mempunyai butiran-butiran yang cukup halus yaitu lolos ayakan No. 325 (45mm) 5-27% dengan SG antara 2,15-2,28 dan berwarna abu-abu kehitam-hitaman.

c. Slag

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag dalam ASTM. C989, “*Standard specification for ground granulated Blast-Furnace Slag for use in concrete and mortar*”, (ASTM, 1995: 494) adalah produk non-metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya dalam air.

Keuntungan penggunaan slag dalam campuran beton adalah sebagai berikut (Lewis, 1982). :

- Mempertinggi kekuatan tekan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan beton.
- Menaikkan rasio antara kelenturan dan kuat tekan beton.
- Mengurangi variasi kekuatan tekan beton.
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut.
- Mengurangi serangan alkali-silika.
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.
- Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton.
- Mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume.
- Mengurangi porositas dan serangan klorida.

Faktor-faktor untuk menentukan sifat penyemenan (*cementious*) dalam *slag* adalah komposisi kimia, konsentrasi alkali dan reaksi terhadap sistem, kandungan kaca dalam slag, kehalusan, dan temperatur yang ditimbulkan selama proses hidrasi berlangsung (Cain, 1994: 505).

d. Mikrosilika (*Silica Fume*)

Mikrosilika merupakan serbuk halus yang terdiri dari *amorphous microsphere* dengan diameter berkisar antara 0.1-1.0 mm. Berperan penting terhadap pengaruh kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat mekanik, secara geometrical mikrosilika mengisi rongga-rongga diantara semen dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Ditinjau dari pengaruh kimianya reaksi

bersifat *pozzolan* yang mana mikrosilika akan dapat bereaksi dengan *lime* yang dilepas langsung oleh semen.

Pada saat sekarang ini mikrosilika dianggap bahan khusus yang lebih baik dari *fly ash* untuk membuat beton mutu tinggi.

2.5. Penelitian Terdahulu.

Menurut **Novi Angjaya** dengan dosen E.J. Kumaat, S.E. Wallah, H. Tanudjaja dengan jurusan teknik sipil, Universitas Samratulangi, Mando. Dalam penelitian dengan topik **perbandingan kuat tekan antara beton dengan perawatan pada elevated temperature & Perawatan dengan cara perendaman serta tanpa perawatan** dengan metode laboratorium, dilakukan banyak dilakukan pembuatan beton dan tidak beri bahan tambah (*admixture*). Penelitian menggunakan temperature 60°C yang tujuam kuat tekan beton dengan cara perendaman serta tanpa perawatan. Mutu beton dengan perendaman selama waktu 3 hari adalah 16,59 MPa, oven 1 hari tanpa perendaman selama waktu 3 hari adalah 20,05 MPa, oven 1 hari dengan perendaman selama waktu 3 hari adalah 15,79 MPa, tanpa oven tanpa perawatan selama waktu 3 hari adalah 10,70. Maka kuat tekan beton tersebut metode tanpa oven maupun tanpa perawatan selama 3 hari adalah lebih rendah dengan metode perendaman tanpa oven. Sedangkan selama waktu 7, 14, 21, 28 hari adalah metode tanpa oven maupun tanpa perawatan lebih rendah mutu beton dengan mtode perendaman tanpa oven.

Menurut **Sumardi** (2000) kebakaran pada hakekatnya merupakan reaksi kimia dari *combustible material* dengan oksigen yang dikenal dengan reaksi pembakaran yang menghasilkan panas. Panas hasil pembakaran ini diteruskan ke

massa beton/mortar dengan dua macam mekanisme yakni pertama secara radiasi yaitu pancaran panas diterima oleh permukaan beton sehingga permukaan beton menjadi panas. Pancaran panas akan sangat potensial, jika suhu sumber panas relatif tinggi. Kedua secara konveksi yaitu udara panas yang bertiup/bersinggungan dengan permukaan beton/mortar sehingga beton menjadi panas. Bila tiupan angin semakin kencang, maka panas yang dipindahkan dengan cara konveksi semakin banyak.

Tjokrodimuljo (2000) mengatakan bahwa beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Akibat panas, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya. Selain hal tersebut di atas, panas juga menyebabkan beton berubah warna. Bila beton dipanasi sampai suhu sedikit di atas 300°C, beton akan berubah warna menjadi merah muda. Jika di atas 600°C, akan menjadi abu-abu agak hijau dan jika sampai di atas 900°C menjadi abu-abu. Namun jika sampai di atas 1200°C akan berubah menjadi kuning. Dengan demikian, secara kasar dapat diperkirakan berapa suhu tertinggi selama kebakaran berlangsung berdasarkan warna permukaan beton pada pemeriksaan pertama.

Selanjutnya, **Ahmad** (2001) membahas **kelayakan balok beton bertulang pascabakar secara analisis dan eksperimen**. Penelitian dilakukan terhadap lima benda uji berbentuk balok beton bertulang. Empat balok dibakar di dalam tungku pada temperatur 200°C dan 400°C selama ± 3 jam dan satu balok lain yang tidak dibakar sebagai pembanding. Hubungan tegangan regangan

memperlihatkan perubahan kemiringan kurva atau dengan kata lain terjadi penurunan kekakuan sejalan dengan kenaikan temperatur dan diikuti dengan penambahan regangan maksimum.

Adapun hasil penelitian Ahmad dan Taufieq (2006) menyatakan bahwa terjadi penurunan kekuatan pada bangunan beton yang telah dioven. Pada penelitian ini didapatkan kuat tekan pada beton yang tidak dioven sebesar 240,0624 kg/cm². Kekuatan sisa beton yang dioven pada temperatur 200°C dan 400°C adalah 88,89 % dan 70,15 % dari kekuatan beton normal yang tidak dioven.

Rahmah (2000) menggunakan silinder hasil *core case* berdiameter 5 cm dari suatu model balok beton bertulang yang dibakar pada temperatur 200°C, 400°C, 600°C, dan 800°C. Hasil dari penelitian ini adalah terjadi perubahan kuat tekan tiap sentimeter kedalaman *core case* beton sebesar 0,4%; sedangkan perubahan modulus elastisitas tiap sentimeternya berkisar 1,2% - 2,2%.

Menurut **Zacoeb dan Anggraini** (2005), perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan membawa dampak pada struktur beton. Karena pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, yang akan menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks. Hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut. Pada beton normal mutu tinggi dengan suhu 1200°C terjadi penurunan kekuatan tekan sampai tinggal 40% dari kekuatan awal. Sedangkan pada beton mutu tinggi dengan Silikafume dan Superplasticizer

akan mengalami perubahan yang cukup berarti pada suhu tinggi dimana kekuatannya tinggal 35%.

Penelitian yang dilakukan oleh **Sirait** (2009), menggunakan balok beton bertulang penampang empat persegi ukuran 15x25x320, terletak pada tumpuan sederhana, bertulangan lemah. Waktu pembakaran mulai dari 30, 60, 90 dan 120 menit dengan balok yang berbeda pada suhu 500°C sejak awal hingga akhir pembakaran dan tanpa pembebanan. Pembebanan pada uji lentur menunjukkan penurunan daya pikul sebesar 26%, demikian juga pada uji kuat tekan beton menunjukkan penurunan kuat tekan beton sebesar 65% dari kekuatan awal.

Menurut **Irma Aswani, Nur Anny Suryaningsih, Abdul Hamid Aras** yang merupakan mahasiswa/i jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Kampus UNM Parangtambung. JL.Daeng Tata Makassar dalam penelitian dengan topik **Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton yang** dilakukan dengan metode laboratorium, berkesimpulan bahwa Kuat tekan beton menurun dengan adanya kenaikan temperatur. Beton yang telah dipanasi pada temperatur 200°C, kuat tekan rata-ratanya sisa 85,83% dari beton normal. Jika dibakar sampai temperatur 400°C, kuat tekan rata-ratanya sisa 58,40%. Kekuatan ini akan terus menurun hingga sisa 35,08% pada temperatur 600°C.

Benda uji yang digunakan adalah kubus beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Jumlah total kubus adalah 100 buah, masing-masing 10 buah untuk kubus normal (tidak dibakar) dan untuk yang dibakar dalam oven pada temperatur

200° C - 600°C dengan interval kenaikan 50°C. Campuran adukan beton yang digunakan adalah campuran dengan perbandingan 1 semen portland : 2 pasir : 3 batu pecah dengan nilai *slump* 8 cm - 10 cm. Pasir dan kerikil dicuci terlebih dahulu.

Seluruh benda uji diuji tekan sehingga diperoleh pasangan data yaitu temperatur dan kuat tekan beton.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen tipe I, agregat halus Sungguminasa Gowa, agregat kasar yang berasal dari batu pecah Bili-Bili dan air. Adapun alat yang digunakan adalah *mould* untuk mal pembuatan benda uji; *mixer concrete*, untuk mencampur adukan beton; *slump test*, digunakan untuk mengukur kelecakan dari beton segar; dan mesin uji tekan, digunakan untuk uji tekan benda uji. Bahan yang digunakan untuk penelitian harus disiapkan terlebih dahulu, ditentukan kualitas masing-masing bahan susunnya, serta dibuatkan cetakan untuk tempat benda uji yang telah direncanakan. Alat yang digunakan pada penelitian ini sebelumnya telah diperiksa kondisi dan kemampuannya serta telah dikalibrasi terlebih dahulu. Benda uji kubus dibuat dengan cara memasukkan beton segar dari molen ke dalam cetakan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang telah diolesi minyak pelumas. Pengisian ini dilakukan secara bertahap, yaitu tiap sepertiga bagian dilakukan penumbukan dengan tongkat baja sebanyak ± 25 kali.

Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan dengan direndam di dalam bak air selama 28 hari. Selanjutnya benda uji disimpan pada suhu ruang selama ± 90 hari baru dimasukkan ke dalam oven. Benda uji kemudian dibakar selama tiga jam pada temperatur 200°C - 600°C dengan interval kenaikan

50°C, masing-masing sebanyak 10 buah. Sisa benda uji sebanyak 10 buah tidak dibakar, tetapi digunakan sebagai benda uji pengontrol.

Data diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan menggunakan mesin uji tekan untuk semua benda uji. Hasilnya berupa gaya (P) yang terjadi pada saat benda uji hancur. Berdasarkan data gaya tekan dan luas penampang kubus, maka kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$f = P / A$$

dimana :

f = Kuat tekan (kg/cm²)

P = Gaya tekan (kg)

A = Luas penampang kubus (cm²)

Analisis data dilakukan adalah analisis statistik deskriptif, digunakan untuk mengetahui rata-rata kuat tekan beton sebelum dan setelah dioven. Selanjutnya dilakukan analisis regresi untuk mendapatkan model hubungan temperatur dan kuat tekan beton.

Air yang dapat digunakan adalah air tawar yang memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Syarat-syarat air sebagai bahan bangunan sebagai berikut : (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam), SK-SNI-S-04-1989-F).

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda – benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam – garam yang dapat larut dan dapat merusak beton, lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter, khusus untuk beton prategang tidak boleh lebih 0,05 gram/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO₃) lebih dari 1 gram/liter.

Menurut **Marsiano** Dosen Jurusan Sipil FTSP-ISTN, 2010. Dalam penelitian dengan topik **Penggunaan Admixtures Superplasticizer Pada Beton untuk Menaikkan Mutu Beton** yang telah dilakukan dengan metode laboratorium, banyak dilakukan pembuatan beton dan juga pemberian admixtures dalam rangka menaikkan mutu beton. Penelitian menggunakan bahan tambah superplasticizer yang tujuannya untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Studi yang dilakukan meliputi 4 tipe campuran, kemudian untuk setiap tipe dilakukan pengecekan dan pengujian *workability*, *slump loss*, *setting time*. Mix design memakai mutu beton K-350 ($f'c = 29$ Mpa) dan ditambahkan superplasticizer ke dalam campuran beton tersebut dengan komposisi superpalsticizer 1 liter/m³ beton, 2 liter/m³ beton dan 3 liter/m³ beton, kemudian dibuatkan benda uji silinder serta dilakukan test tekan pada umur 3 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Hasil pengujian memperlihatkan pada saat komposisi SP 3 liter/m³ dengan kenaikan kuat tekan sebesar 21,334%. Karena sifat “mengalir” yang diberikan oleh superplasticizer kepada beton, maka bahan ini berguna untuk pencetakan beton ditempat-tempat yang sulit seperti tempat yang terdapat penulangan padat, hal ini dapat dilihat dari hasil *slump* dengan penambahan SP 1 dan SP 3 sebesar 16 cm sampai dengan 17,5 cm. Bila dibandingkan dengan beton normal dengan *slump* 14 cm.

Sedangkan, menurut **Hendro Suseno, Edhi Wahyuni S, dan Budi Hariono (2008)** yang merupakan mahasiswa/i **Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang** Jl. Mayjen Haryono 147 Malang, dalam penelitiannya yang berjudul **Pengaruh Variasi Proporsi Campuran dan Penambahan Superplasticizer terhadap slump, Berat isi dan Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Beragregat Batuan Andesit Piroksen** dikatakan bahwasannya penggunaan beton ringan structural untuk elemen-elemen struktur bangunan semakin berkembang pesat. Hal ini disebabkan oleh kuat tekan beton ringan yang cukup tinggi namun mempunyai berat isi yang rendah. Unsur pokok dari beton ringan adalah agregat yang berupa agregat ringan. Batuan *Andesit Piroksen* adalah batuan yang memiliki rongga yang cukup banyak sehingga bisa diklarifikasikan sebagai agregat ringan. Penambahan *superplasticizer* akan mengakibatkan kebutuhan air untuk reaksi hidrasi beton dengan agregat yang bersifat porous akan tetap namun kemudahan pengerjaan beton akan tetap baik. Pada proporsi tertentu, *superplasticizer* akan mendispersi semen menjadi lebih merata sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi proporsi campuran dan variasi penambahan *superplasticizer* terhadap nilai slump, berta isi dan kuat tekan beton ringan beragregat batuan Andesit Piroksen. Dengan *admixture superplasticizer* yang berfungsi sebagai *water reducer* diharapkan kuat beton ringan dapat ditingkatkan dengan mengurangi rasio air semen.

Dari hasil analisis varian dua arah menggunakan SPSS didapatkan bahwa interaksi antara variasi proporsi campuran dan variasi penambahan *superpalsticizer* hanya berpengaruh terhadap kuat tekan beton ringan. Kuat tekan beton ringan maksimum diperoleh pada campuran dengan kadar semen yang tinggi. Penambahan *superplasticizer* dengan dosis yang tepat juga akan memberikan hasil kuat tekan yang tinggi pula, namun jika dosis yang diberikan melebihi dosis yang telah ditentukan kuat tekan beton akan mengalami penurunan. Nilai *slump* pada penelitian ini hanya dipengaruhi oleh variasi *superplasticizer*. Semakin besar penambahan *superpalsticizer* akan memberikan nilai *slump* yang tinggi. Untuk berat isi beton ringan hanya dipengaruhi oleh variasi proporsi campuran. Pada campuran dengan perbandingan agregat halus dan agregat kasar sama nilai berat isi beton ringan akan tinggi bila kadar semen pada campuran tersebut tinggi.

Kemudian menurut **Lilis Zulaica (2013)** Jurusan Teknik Sipil, STTNAS Yogyakarta Jalan Barbasari, Caturtunggal, Depok, Sleman. Dalam penelitiannya yang berjudul **Pengaruh Pemakaian Bahan Anti-Washout *Superplasticizer* (*Sikacrete W, Sikament NN*) Terhadap Kekuatan Tekan Beton Yang Dicor Dalam Air**. Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk bangunan pondasi, kolom, plat lantai. Dalam teknik sipil

hidro, beton digunakan untuk bangunan air seperti bendungan, saluran, drainase perkotaan dan pengecoran dalam air seperti pembuatan dermaga, yang dibatasi oleh kemampuan daya tekan beton (*in state of compression*) seperti yang tercantum dalam perencanaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan bahan tambahan *Sikacrete W* dan *Sikament NN* dalam adukan beton yang dicor dalam air terhadap kuat tekan beton.

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah bahan penyusun beton pada umumnya dengan bahan tambah *Sikacrete W* dan *Sikament NN*. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. benda uji berjumlah 36 buah dengan masing-masing variasi terdiri dari 3 buah benda uji. Tiap variasi dibedakan oleh konsentrasi *Sikacrete W* yaitu 0%, 5%, dan 10%, dan pemakaian *Sikament NN* dengan prosentase 1,5%. Pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Pengecoran yang dilakukan dibawah air tawar dengan menggunakan pendekatan metode *tremier*.

Bedasarkan hasil pengujian diperoleh kuat tekan rata-rata (umur 7 hari) 0% = 7,080 Mpa, 5% = 12,847 Mpa, 10% = 7,941 Mpa, (umur 14 hari) 0% = 7.450 Mpa, 10% = 8,256 Mpa, (umur 21 hari) 0% = 8,621 Mpa, 5% = 14,051 Mpa, 10% = 9,231 Mpa, (umur 28 hari) 0% = 9,966 Mpa, 5% = 15,347 Mpa, 10% = 10,034 Mpa.

Menurut **Yusuf Amran** Dosen pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro pada penelitiannya yang berjudul **Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* dan *Sikament NN* Pada Campuran Beton Mutu Tinggi Mengacu**

Pada Metode American Concrete Institute (ACI). Dalam penelitiannya disebutkan bahwa penelitian eksperimental dan analisis dari penggunaan bahan tambahan dalam bentuk *Silica Fume* dan *Sikament NN* dilakukan untuk mengetahui nilai variasi kekuatan *compressive* beton dari penambahan *silica fume* dari 0% sampai 20% dan *Sikament NN* untuk pencampuran dari 0% hingga 2% dari berat semen. Sehingga dapat ditentukan seberapa besar pengaruhnya yang terlihat dari hasil penelitian ini telah ditunjukkan bahwa adanya peningkatan kekuatan.

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dan setiap umur terdiri dari 3 benda uji. Sehingga dibutuhkan 3 benda uji untuk setiap penambahan variasi kandungan *silika fume* dan *Sikament NN*. Dengan penambahan *silica fume* sebanyak 4 variasi yaitu 5%, 10%, 15%, dan 20% serta *Sikament NN* 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% memiliki total tes benda uji sebanyak 27 unit benda uji.

Hasil menunjukkan bahwa pengaruh dari *Silica Fume* pada beton segar dapat meningkatkan kelecakan beton, ini dipengaruhi oleh bentuk partikel-partikel dari *Silica Fume* yang halus. Dengan peningkatan besarnya penggunaan *silica fume* maka nilai *slump* yang diperoleh akan menurun, hal ini disebabkan karena *silica fume* menyerap air, pada penggunaan *silica fume* sebesar 15% pada umur beton 28 hari kekuatan tekan beton yang optimal diperoleh adalah kekuatan tertinggi yaitu : 458,60 kg/cm². Akan tetapi hasil ini belum mencapai kuat tekan yang direncanakan yaitu sebesar 600 kg/cm², penggunaan *silica fume* pada beton sebagai pengganti semen dengan tambahan sebanyak 15% dari berat semen dapat menurunkan kualitas beton, ini dikarenakan pengaruh penyerapan air yang terlalu besar oleh

Silica Fume dan air yang dibutuhkan untuk berhidrasi tidak cukup sehingga menyebabkan kuat tekan beton yang rendah, dari tabel 4.8. dengan penambahan *Sikament NN* sebesar 0,5% dan *silica fume* sebesar 15% dari umur beton 28 hari kekuatan beton telah meningkat lebih tinggi menjadi (551,07 kg/cm²) dari persentase peningkatan lebih dari 1%, 1,5% dan 2% untuk penambahan *Sikament NN* serta 5%, 10%, dan 20% untuk penambahan *silica fume*, dari penelitian dan pernyataan di atas menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *Sikament NN* sebanyak 0,5% dan *Silica fume* sebesar 15% direkomendasikan untuk digunakan pada rencana beton, jika menggunakan bahan-bahan tambahan seperti yang di atas maka dapat disimpulkan dengan menggunakan *Sikament NN* dan *silica fume* kadar yang digunakan hanya sebatas 0,5% dan 15%, lebih dari itu maka tidak efektif lagi.

Menurut **Suryanto** (2015) yang merupakan mahasiswa/i Jurusan Sipil **Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Internasional Batam Jl. Gajah Mada Batam** dalam penelitiannya yang berjudul **Analisis Pengaruh Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton** dengan metode laboratorium, dilakukan variasi beton tanpa bahan tambah (admixture) dengan variasi suhu untuk perbandingan. Penelitian ini menggunakan mutu beton rencana yaitu K-175, K-225, dan K-300 dengan suhu normal, 150°C, 200°C, dan 250°C. Pada suhu 150°C akan mengalami penurunan mutu beton sebesar 4,71% dari mutu beton rencana, pada suhu 200°C akan mengalami penurunan mutu beton sebesar 6,66% dari mutu beton rencana, dan suhu 250°C akan mengalami penurunan mutu beton sebesar 8,11% dari mutu beton rencana.

Menurut **Derisyah** (2015) yang merupakan mahasiswa/i Jurusan Sipil **Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Internasional Batam Jl. Gajah Mada Batam** dalam penelitiannya yang berjudul **Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Proporsi Bahan Tambah menggunakan Plastocrete RT06, dan Sikament NN** dengan metode laboratorium, dilakukan mutu beton rencana yaitu : K-500 dengan bahan tambah (admixture) yaitu Plastocrete RT06 dan Sikament NN.

Penelitian ini menggunakan mutu beton rencana yaitu K-500 dengan normal, Admixture 0,25%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 5,0%. Mutu beton normal (tanpa bahan tambahan) akan mengalami batas mutu beton 545,72 MPa selama 28 hari. Mutu beton dengan bahan tambahan (admixture) sebesar 0,25% akan mengalami batas mutu beton 545,08 MPa selama 28 hari, Mutu beton dengan bahan tambahan (admixture) sebesar 0,5% akan mengalami batas mutu beton 530,40 MPa selama 28 hari, Mutu beton dengan bahan tambahan (admixture) sebesar 1,0 % akan mengalami batas mutu beton 500,93 MPa selama 28 hari, Mutu beton dengan bahan tambahan (admixture) sebesar 1,5% akan mengalami batas mutu beton 375,99 MPa selama 28 hari, Mutu beton dengan bahan tambahan (admixture) sebesar 2,0% akan mengalami batas mutu beton 159,12 MPa selama 28 hari, Mutu beton dengan bahan tambahan (admixture) sebesar 5,0% akan mengalami batas mutu beton 62,47 MPa selama 28 hari.