

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebelum peneliti melakukan penelitian, terlebih dahulu menelaah terhadap penelitian terdahulu sebagai bahan sebelum melakukan penelitian. Dengan mencari Beberapa yang memiliki keterkaitan dengan yang peneliti lakukan. Sebagai bahan referensi saat penelitian dilakukan.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang dilakukan terhadap pengaruh pengguna pH air terhadap kuat tekan Beton seperti penelitian yang berjudul *“The Effect of water on the Concrete Mixtures and Curing Condition on the compressive Strength of Concrete”* didalam penelitian ini mengkaji pengaruh air asam sebagai bahan campuran dan sebagai perawatan pada kuat tekan beton (Wicaksono dan Nurwidayati, 2022) menyatakan air yang digunakan dalam penelitian air pH 3 dan 7, dengan pH air 3 diperoleh menggunakan larutan HCL dengan mengencerkan menggunakan air keran menunjukkan bahwa hasil didapat rendah. Curing basah kering menurunkan kuat tekan beton dan memutus proses hidari antara beton dan asam menurunkan kekuatan beton pada umur 28, 56, dan 90 hari menurun 16,30, 12,32, dan 7,86% dan pada 120 hari meningkat sebesar 1,43%. perbedaan dalam penelitian ini menggunakan air mineral kangen water pH 8,0 dan pembanding air pH 7,0 normal dan umur pengujian dari 3, 7, 14, 21 dan 28 hari umur perawatan

Sedangkan penelitian yang berjudul *“Effect of pH Solutions on Using Waste Marble powder to Enhance Mortar Compressive Strength”* penelitian ini bertujuan meningkatkan kuat tekan mortar dengan menambahkan bubuk marmer secara bertahap dengan larutan pH berbeda menunjukkan penurunan dengan meningkatnya keasaman (pH1-6) dan meningkatnya kuat tekan dengan meningkatnya alkalinitas (pH 8 hingga 14) (Al Jaaf dan Al Jadiri, 20019) perbedaan dari penelitian Al Jaaf dan Al Jadri adalah penggunaan pH yaitu pH air 8,0 dan pembanding pH 7,0 tidak memakai larutan kimia untuk pH, dan pengujian mulai dari matrix, mortar dan beton sedangkan penelitian Al Jaf hanya pada pengujian kuat tekan mortar.

Penelitian yang berjudul *“The Effects of pH and Temperature on Compressive Strength of Synthetic Fiber-Reinforced Concrete Cylinders Exposed to Sulfuric Acid”* menggunakan serat sintetis sebagai peningkatan perilaku tarik beton, tahan terhadap sebagai bahan kimia ACid adalah skenario paling mengancam untuk pipa pembuangan, gorong-gorong serat polipropilen direndam selama empat bulan dalam larutan sulfat dari dua pH berbeda bahwa pH 2,5 dengan suhu tinggi merusak spesimen lebih dua kali pH 4,5 pada suhu rendah tidak mempercepat kerusakan (Mahdavi dan Ghahremannejad, 2018) dengan demikian bahwa penggunaan bahan tambah serat polipropilen dengan perendaman pH asam dapat merusak beton dengan suhu tinggi maupun rendah. perbedaan di penggunaan pH air peneliti menggunakan pH 8,0 kangen water.

Hasil dari penelitian yang berjudul *“The Influence Of pH On The Compressive Strength Of Concrete”* menyatakan penggunaan air yang tidak murni untuk beton dapat merusak proses pengerasan dan memiliki efek melemahkan dengan menentukan pH air yang berbeda digunakan untuk spesimen beton dan pengaruh sumber air pada kuat tekan dengan pH tertinggi dicatat oleh air laut (8,12 unit pH) sedangkan sumur Amissano mencatat pH paling rendah sebesar (4,96) kuat benda uji dihasilkan dari Aquarium dan Sumur Amissano lebih rendah (Akomah dan Jackson, 2018). Perbedaan penelitian dari Benjamin dan Emanuel yang dilakukan peneliti yaitu pengujian menggunakan 4 tahap pengujian yaitu konsistensi waktu ikat awal dan akhir, matrix, mortar dan beton sedangkan penelitian Benjamin hanya pada pengujian kuat tekan beton dan perbandingan menggunakan pH asam dari empat sumber air sumur dan Basa dari air aquarium sedangkan peneliti menggunakan air kangen water pH 8,0 dan pH 7,0 normal.

Menurut penelitian yang berjudul *“Mechanical properties and durability of concrete specimens containing nano silica in sulfuric acid rain condition”* bahwa selama hujan asam beton mulai kehilangan kekuatan mekaniknya yang dapat mengakibatkan keretakan, penurunan berat dan kehancuran struktur maka solusi untuk menghilangkan atau mengendalikan efek hujan asam dengan menggunakan nanopartikel sebagai bahan aditif dengan tujuan meningkatkan kekuatan dan daya tahan beton. Hasil penelitian menyatakan bahwa nano silica berpengaruh positif terhadap sifat mekanik dan durabilitas benda uji beton. Dengan meningkatkan nilai

pH asam hujan, sifat mekanik dan durabilitas beton meningkat (Mahdikhani dan Shirvani, 2018). Sedangkan peneliti menggunakan pH 8,0 kangen water sedangkan penelitian Mahdikhani menggunakan pH air hujan.

Penelitian yang berjudul “Analisa Kandungan Air Sungai Mahakam Kota Samarinda Sebagai Air Pencampuran Beton” (Burhanudin dan Isnaini, 2021) diperoleh pH air yang dapat digunakan sebagai campuran beton dengan pH air antara 6,5-8,5 dengan rencana kuat tekan 20 MPa. Didapatkan kandungan air Mahakam dengan pH air 6,4 dan mengandung CaCO_3 dengan kuat tekan beton 28 hari sebesar 17,116 MPa dan menggunakan air bersih PDAM sebesar 20,1 MPa maka air sungai Mahakam belum layak sebagai campuran beton dengan mutu 20 MPa. Perbedaan dari penelitian yang sebelumnya yaitu menggunakan air Mahakam sedangkan penelitian saat ini menggunakan air kangen water.

Menurut Meidiani dan Hartawan (2017) penelitian yang berjudul “Penggunaan Variasi Ph Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton Normal $f'c$ 25 MPa” bahwa pengaruh dari penggunaan pH air 4,5,6 (asam) dengan pembanding pH air 7 (normal) mendapatkan hasil penurunan dari variasi pH air terhadap nilai kuat tekan umur beton 28 hari setelah perawatan dengan kuat tekan normal pH air 7 didapatkan hasil sebesar 25,96 MPa sedangkan kuat tekan dari pH air 4 yaitu 20,32 MPa turun sebesar 21.71%, pH air 5 sebesar 20,87 turun 19.58% dan pH air 6 didapat kuat tekan 22,01 MPa dengan penurunan kuat tekan 15.21%. persamaan dari penelitian ini yaitu sama-sama menggunakan air pH dan perbedaannya yaitu penulis meneliti dengan menggunakan air pH 8 merk kangen water.

Sedangkan menurut penelitian Hunggurami dan Wadu (2014) yang berjudul “Pengaruh Masa Perawatan (*Curing*) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton” bahwa dalam proses penelitian tersebut untuk mengetahui pengaruh *curing* air laut terhadap kuat tekan beton dan absorpsi laut pada beton dengan durasi curing 7, 14, dan 28 hari dengan variasi beton normal yakni 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa untuk air laut secara berturut-turut lebih tinggi 3,18%, 2,65%, dan 1,74%. sedangkan perbedaan pada penelitian yang dilaksanakan kami menggunakan air mineral alkali merk kangen water dengan durasi *curing* 3, 7, 14, 21, dan 28 hari.

Penelitian menurut Huddiankuwera dan Maulani (2020) yang berjudul “Pengaruh *Power Of Hydrogen* (pH) Air Terhadap Kuat Tekan Beton” yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pH air terhadap kekuatan beton dari hasil uji dimana nilai rata-rata pH asam 5 nilai kuat tekan sebesar 25,63 MPa, pH air 6 rata-rata sebesar 26,41 MPa, pH air 7 sebesar 32,32 MPa, pH air 8 rata-rata sebesar 26,57 MPa dan variasi pH air 9 sebesar 23,67 MPa. Dengan air yang digunakan air asam, normal dan air di sekitar lokasi proyek sedangkan air yang peneliti gunakan merupakan air alkali dengan pH 8 dengan merk kangen water.

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Air Soda Terhadap Kuat Tekan Beton” bertujuan mengamati apa pengaruh dari penggunaan air soda (*soda water*) sebesar 0, 6, 7, 8, 9 dan 10% air soda dengan masing-masing 6 benda uji di dapat hasil pada umur 28 hari secara keseluruhan dengan penambahan dari 6-10% air soda dapat meningkatkan kuat tekan beton dan maksimal 8% diatas itu terjadi penurunan kuat tekan beton normal (Hadi, 2021). Perbedaan dari penelitian tersebut bahwa peneliti menggunakan air kangen pH 8 sebagai bahan campuran kuat tekan beton.

Penelitian Harahap dan Pakpahan (2021) yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Variasi pH Air Terhadap Kuat Tekan Beton Normal” menggunakan air ber pH 7 normal namun di lapangan air yang digunakan tidak mempertimbangkan pH asam maupun basa. Hasil penelitian menunjukkan air yang digunakan air pH 4, 5, 9 dan pH 10 dengan pembanding pH 7 normal, pada umur tes benda uji 7, 14 d 28 hari menghasilkan penurunan mutu beton pada pemakaian air yang tidak ber pH 7 sedangkan penelitian menggunakan air kangen water berpH 8.

Menurut penelitian yang telah dilakukan dengan judul “Pengaruh Kandungan Kimia air Terhadap Kuat tekan Beton” (Suhaimi, 2020) menggunakan sumber air tanah sebagai campuran dengan nilai fas 0,52 dan pengujian dilakukan di umur 7, 14, 28, dan 56 hari hasil diketahui bahwa klorida dan sodium merupakan unsur kimia yang paling terkandung dalam air tanah pada umur 7 dan 14 hari kuat tekan beton meningkat namun mengalami penurunan secara signifikan pada umur 28 dan 56 hari sedangkan dalam penelitian perbedaannya menggunakan air kangen water sebagai campuran.

Penelitian berjudul “Investigasi Pengaruh Air laut Sebagai Air Pencampuran Dan Perawatan Terhadap Sifat Beton” (Ahmad, 2018) dengan benda uji 15 cm x 30 cm di uji pada umur 28 hari dengan mengacu pada standar ASTM menunjukkan kuat tekan beton yang dicampur dengan air laut (BLT dan BLL) mengalami peningkatan terhadap kuat tekan beton sedangkan yang di campur air tawar (BTT dan BTL) mengalami penurunan porositas beton. Perbedaan pada penelitian ini peneliti menggunakan air kangen water sebagai bahan campur air dan sebagai pembanding menggunakan air tawar PDAM.

Menurut penelitian yang berjudul “Pengaruh Penggunaan dan Perawatan Berbagai Macam Air Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Beton Perkerasan Kaku” dalam penelitian ini menggunakan 3 jenis air tawar, laut dan gambut pada umur 7, 14, 28b dan 56 hari dengan mutu beton f_c 30 MPa, dengan penurunan kekuatan, air laut sebesar 6%, 6%, 19% dan 21%, air gambut sebesar 24%, 26%, 24% dan 25% terhadap air tawar (Istanto, 2020) sedangkan perbedaan peneliti yaitu menggunakan air kangen water sebagai campuran beton.

Penelitian berjudul “Analisis Pengaruh Penggunaan Air dengan $\text{PH} < 7$ Pada Campuran Beton Normal Terhadap Kuat Tekan” dengan perawatan umur 3, 7, 14 dan 28 hari, kuat tekan tertinggi didapat pada umur 28 hari sebesar 240.196 kg/cm^2 atau 19,237 MPa menggunakan air asam dalam campuran beton dan semen merk Conch, diikuti oleh semen Gresik sebesar 18.167 MPa, semen Tiga Roda 16.837 MPa dan semen Holcim pada 16.837 MPa. Dari penelitian tersebut perbedaan yang peneliti lakukan yaitu perubahan pada penggunaan air yakni air merk kangen water pH 8 dan pembanding pH 7 normal (Suryanto, 2022).

Menurut penelitian Suhana dan Mualifah (2017) hasil penelitian yang berjudul “Pengaruh Rendaman Air Asam Sulfat Pasca Curing Terhadap Kuat Tekan Beton” dengan rencana kuat tekan f'_c 25 MPa menggunakan air rendaman pasca curing air asam pH 4, 5, 6 dan normal pH 8, 11 (PDAM) pertama perawatan benda uji dengan air netral PDAM selama 28 hari, kedua perendaman benda uji air asam Sulfat (H_2SO_4) dan air normal pH8, 11 lama waktu perendaman 28+5, 28+10, dan 28+15 hari, hasil dari pengujian rendaman air normal PDAM 28 hari sebesar 25,24 MPa, pada rendaman air asam pH 6 terjadi penurunan 0,28% dan seiring bertambah umur beton mengalami peningkatan 0,14% dan 0,17%, perendaman pH 5 terjadi

penurunan 0,64% dan kenaikan sebesar 0,36% pada perendaman 28+15 Hari sedangkan pasca curing air asam pH 4 nilai persentase turun 1,4% dan penurunan 28+10 hari , 28+15 hari 0,4%. Sedangkan perbedaan peneliti menggunakan air pH 8 merk kangen water sebagai pembanding pH 7 normal.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Beton

Beton merupakan bahan material komposit yang terdiri dari bahan dasar semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan dengan atau tanpa bahan tambah (Do Rego, 2022). Kebutuhan beton mengalami peningkatan di era perkembangan teknologi, beton merupakan salah satu komponen utama dalam pembangunan sebuah konstruksi (Utama dan Ridwan, 2020). Penggunaan teknologi beton dimulai dari tahun 6500 SM dimana ada catatan bahwa bangsa kuno Assyiria dan babilonia telah menggunakan tanah liat sebagai semen. Sedangkan tahun 5000 SM bangsa Yunani kuno menggunakan komposisi dasar kapur untuk menutupi dinding dan pada tahun 3000 SM bangsa Mesir kuno telah menggunakan tanah dengan jerami untuk mengikat batu bata dan membangun piramida. Ilustrasi pengecoran beton yang paling dini pada mural di Thebes dari tahun 1950 SM (Mulyono, 2004: hal 3-4). Insinyur Inggris Jhon Smeaton pada tahun 1756 berhasil membuat beton modern yakni (semen hidrolik) dengan menambahkan campuran zat kimia agregat dan serbuk batu bata ke dalam semen, dan pada tahun 1824 seorang penemu berasal dari Inggris Joseph Aspdin menemukan semen Portland dengan cara proses pembakaran batu cadas dengan tanah liat (Suharjanto, 2011).

Beton masuk di Indonesia pada abad ke 20 pada masa kolonial, professor Rooseno seorang insinyur merupakan teman Presiden Ir. Soekarno sepanjang periode kemerdekaan kebanyakan bangunan konstruksi di bangun oleh bapak Rooseno salah satunya Tugu Selamat Datang dan Monumen Nasional. sebagai ahli beton beliau dikenal sebagai Bapak Beton Indonesia. Beton dan beton bertulang adalah lambang dari kekuatan Hindia-Belanda modern dan Indonesia modern (Mrazek, 2006: hal-301). Di Indonesia berkembang beton baru terlihat setelah tahun 1960 dengan menggunakan standar beton tahun 1955 yang dibuat berdasarkan standar Belanda, pada tahun 1955 peraturan beton di ganti dengan yang

baru dikenal sebagai PBI 1971 dan telah diganti dengan SNI 1991 atau disebut PBI 1991.

Menurut (SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847-2013) beton adalah campuran semen portland atau hidrolis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*Admixture*). Sedangkan menurut (SNI 2847:2019) yang berisikan tentang persyaratan-persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan syarat-syarat yang dimaksud adalah mencakup evaluasi beban, analisi struktur, desain elemen hingga evaluasi kekuatan.

2.2.2 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton terdiri dari air, semen portland, agregat kasar dan halus, apabila bahan tersebut dicampur dan di tuangkan ke dalam cetakan kemudian didiamkan akan menjadi keras dan padat seperti batu. Proses terjadinya pengerasan dikarenakan adanya reaksi kimia antara air dengan semen yang terus meningkat dari waktu ke waktu, hal tersebut akan menyebabkan kekerasan beton semakin terus bertambah seiring berjalanya waktu.

2.2.2.1 Semen

Semen portland merupakan bahan yang bertindak sebagai pengikat agregat jika dicampur air akan menjadi pasta. Semen portland atau "*Portland Cement*" diperkenalkan pertamakali oleh tukang batu Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris awal abad ke-19 dengan membakar batu dan tanah liat bubuk menggunakan kompor di dapur rumahnya. Semen Portland adalah kombinasi kimia antara kalsium (Ca), aluminium (Al), Silica (Si) dan besi (Fe) yang dikendalikan secara ketat. Bahan umum dalam proses pembuatan semen adalah batu kapur, kerang, marl dikombinasikan dengan serpih, tanah liat, tanur tinggi (slag), pasir silika dan biji besi (*Iron Ore*). Dalam pembuatannya ada dua proses yakni "kering dan basah" dimana batu kapur sebagai bahan baku utama semen portland (Irwan, Bina Marga, 2013-hal 11-12). Tipe semen Portland yang ada di Indonesia menurut standar BSN adalah sebagai berikut.

- | | |
|----------------------------------|----------------|
| 1. Semen Portland | SNI 1520492004 |
| 2. Semen Masonry | SNI 1537582004 |
| 3. Semen Portland Putih | SNI 1501292994 |
| 4. Semen Portland Pozzolan (PCC) | SNI 1503022004 |

- | | |
|----------------------------------|----------------|
| 5. Semen Portland Komposit (PCC) | SNI 1570642004 |
| 6. Semen Portland Campur | SNI 1535002004 |

Sedangkan menurut SNI 15-2049-2004 semen portland dibagi menjadi beberapa tipe yaitu:

1. Semen Tipe I yaitu semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Semen Tipe II yaitu semen dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalori hidrasi sedang.
3. Semen tipe III yaitu semen memiliki kekuatan tinggi pada tahap awal permulaan.
4. Semen Tipe IV yaitu semen dengan kalori hidrasi rendah
5. Semen Tipe V yaitu semen dengan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen Portland banyak beredar di pasaran adalah semen Portland komposit (PCC) dan semen Portland pozzolan (PCC). Susunan unsur semen Portland dapat dilihat pada tabel 2.1.

Sifat-sifat semen portland:

- a. Kehalusan butir semen, dapat mempengaruhi proses hidrasi, semakin halus butiran semen semakin cepat proses hidrasinya, sehingga kuat awal tinggi dan akhir akan berkurang.
- b. Waktu pengikat adalah waktu dimana semen untuk mengeras, terhitung mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga cukup mengeras, waktu ikat dibedakan menjadi dua yaitu:
 - waktu ikat awal (*initial setting time*) adalah waktu dimana pencampuran semen dengan air menjadi pasta sampai hilangnya sifat kepastian.
 - waktu ikat akhir (*final setting time*) adalah waktu dimana proses terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras.
- c. Panas Hidrasi

panas hidrasi merupakan panas yang terjadi saat semen bereaksi dengan air dinyatakan dalam kalori/gram atau jumlah panas yang dibentuk bergantung pada jenis semen dan kehalusan butiran semen, perkembangan panas dapat mengakibatkan timbulnya retakan pada saat pendinginan. Maka dari itu perlunya pendinginan melalui perawatan (*curing*).

1. Perubahan volume

Kekekalan pada semen merupakan perubahan volum pada pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan bahwa kemampuan pengembangan bahan-bahan campuran dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi.

Ketidakekalan pada pasta semen disebabkan oleh terlalu banyaknya zat kapur bebas yang mengakibatkan pembakaran semen tidak sempurna, kapur bebas mengikat air dan menimbulkan gaya-gaya ekspansi.

2. Konsistensi

Konsistensi semen banyak berpengaruh pada saat pencampuran awal yaitu pada saat terjadinya pengikatan sampai beton mengeras, konsistensi bergantung pada rasio antara semen dan air serta aspek bahan semen.

3. Kekuatan tekan

kekuatan semen ditentukan dengan menekan benda uji semen sampai hancur, pasir dengan perbandingan tertentu kemudian dibentuk menjadi kubus atau silinder. setelah dalam jangka waktu perawatan tertentu selanjutnya benda uji di tekan sampai hancur untuk mendapatkan gambar dari hasil kekuatan semen *Portland*.

Tabel 2. 1 Susunan Unsur Semen Portland

No	Oksida	Persen (%)
1	Kapur (CaO)	60-65%
2	Silika SiO ₂	17-25%
3	Aluminum Al ₂ O ₃	3-8%
4	Besi Fe ₂ O ₃	0,5-6%
5	Magnesia SO ₃	0,5-4%
6	Sulfur SO ₃	1-2%
7	Soda/Potash Na ₂ O+K ₂ O	0,5-1%

Sumber: (Tjokrodinuljo, K. 2012)

2.2.2.2 Agregat

Menurut SNI 2847:2013 agregat merupakan bahan berbutir seperti pasir, kerikil, batu pecah dan slag (*blast-furnace slag*), yang digunakan sebagai bahan campur untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Agregat merupakan

bahan dasar pembuatan beton agregat sendiri di bedakan menjadi 2 macam yaitu agregat halus dan kasar yaitu.

1. Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*)

Kasar Menurut SNI-03-2847 2002 merupakan butiran kasar lebih besar dari pasir dan berfungsi sebagai bahan campur beton yaitu kerikil hasil dari disintegrasi alamiah dari batuan alam atau batu pecah (*split*) antara 5 mm – 4 mm.

2. Agregat Halus

Agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 adalah butiran halus yaitu pasir alam sebagai hasil dari desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm dan lolos pada saringan (no 4).

Menurut (Antoni dan Nugraha,2007) ada beberapa pengaruh sifat agregat pada sifat beton dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Pengaruh Sifat Agregat pada Sifat Beton

No	Sifat Agregat	Pengaruh	Sifat Beton
1	Sifat Fisik, Sifat kimia, mineral	Beton Keras	Kekuatan, kekerasan dan ketahanan
2	Bentuk, Tekstur dan Gradasi	Beton Cair	Kelecekan, pengikatan dan pengerasan

Sumber: Antoni dan Nugraha, 2007

Agregat halus menurut SNI 03-2834-2000 adalah butiran halus yaitu pasir alam sebagai hasil dari desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm dan lolos pada saringan (no 4).

Pengaruh kadar air terhadap beton, ada 4 kondisi kadar air agregat diantaranya adalah:

- a. Kadar air Kering Tungku adalah agregat yang benar-benar kering tanpa air.
- b. Kadar air Kering Udara adalah dimana kondisi agregat yang permukaan kering tetapi mengandung sedikit air dalam porinya sehingga masih dapat menyerap air.

- c. Kondisi SSD adalah agregat yang permukaannya tidak terdapat air tetapi di dalamnya butirannya sudah jenuh air.
- d. Kondisi basah adalah dimana di dalam butiran maupun permukaan agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan jumlah air adukan beton.

Kadar air agregat, dimana banyaknya air yang terkandung dalam agregat atau perbandingan antara berat air dalam agregat dengan berat dalam kondisi kering tungku.

Pengaruh kadar air terhadap beton apabila agregat tidak dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD) dimana proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan dalam air agregat minimum satu kali sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100}$$

Dimana:

B = jumlah air (kg/m³)

C = jumlah agregat halus (kg/m³)

Ca = penyerapan air pada agregat halus (%)

Da = penyerapan pada air agregat kasar (%)

Ck = kadar air agregat halus (%)

Dk = kadar air agregat kasar (%)

2.2.2.3 Air

Air dalam pembuatan beton sangat diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen. Air yang digunakan dalam pencampuran beton harus bersih, tidak mengandung minyak, asam alkali, zat organis maupun bahan lainnya yang dapat merusak beton. Menurut (Jurnal,2018) air berpengaruh terhadap kuat desak beton, dikarenakan kelebihan air akan mengakibatkan penurunan pada kuat beton itu sendiri, mengakibatkan beton menjadi *bleeding* yaitu air akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang, hal ini dapat menyebabkan berkurangnya lekatan antara lapisan beton. Penggunaan air pada campuran beton dapat berpengaruh terhadap sifat *workability* pengerjaan beton dalam mencampur, kelangsungan reaksi terhadap semen Portland sehingga menghasilkan kekuatan selang beberapa waktu, besaran kecil nilai susut pada beton dan terhadap

perawatan adukan beton agar menjamin pengerasan yang baik. Air yang baik untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yakni tawar, tidak berbau dan keruh. Menurut SNI-7974-2013 persyaratan air yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

1. Air yang masuk dalam kategori bahan tambah, apabila dapat meningkatkan rasio air semen hingga lebih dari 0,01.
2. Air minum dapat digunakan sebagai air pencampuran beton tanpa diuji sesuai persyaratan standar ini.
3. Air pencampur yang seluruhnya atau sebagian terdiri dari sumber air yang tidak dapat di minum atau air dari produksi beton boleh digunakan dalam setiap proposi dengan batasan kualitas yang memenuhi persyaratan pada Tabel 2.3. Jika merupakan pilihan pembeli atau sesuai untuk konstruksi maka batasan yang tercantum dapat dilihat pada Tabel 2.4 harus disyaratkan pada waktu pemesanan beton sesuai dengan informasi pemesanan ASTM C 94.
4. Sumber air yang tidak dapat diminum harus memenuhi syarat penggunaan sebagai air campuran total atau air campuran kombinasi hal ini harus diterapkan untuk air campuran kombinasi total. Air dari sumber yang tidak bisa diminum dicampur dengan air yang bisa diminum, kualifikasi air campuran ditentukan oleh persentase tertinggi air yang tidak bisa di minum.
5. Air kombinasi yang dicampur dari dua atau lebih sumber air. Air kombinasi harus memenuhi syarat kandungan bahan padat tertinggi yang diantisipasi dalam air campuran total selama produksi, air campuran yang mengandung bahan padat sama atau kurang dari tingkat disyaratkan oleh pengujian harus diizinkan.

Tabel 2. 3 Persyaratan kinerja beton untuk air pencampur

	Batasan	Metode Uji
Presentase (%) kekuatan tekan, minimum terhadap control pada umur 7 hari ^{A, B}	90	ASTM C31/C31M, ASTM C39/C39M
Deviasi waktu pengikatan terhadap kontrol jam: menit ^A	Lebih awal 1:00 Lebih lambat 1:30	ASTM C403/C403M

Sumber: SNI 7974:2013

^Apembandingan harus didasarkan pada proporsi tetap untuk suatu rancangan campuran beton yang mewakili sumber air yang diragukan dan campuran control menggunakan 100% air yang dapat diminum atau air destilasi

^BHasil kuat tekan harus didasarkan pada paling dua spesimen uji standar dari sampel komposit.

Tabel 2. 4 Batasan kimiawi dan air pencampuran kombinasi

	Batasan	Metode Uji
Konsentrasi Maksimum dalam air kombinasi, ppm ^B		
A. Chlorida sebagai Cl, ppm		
1. pada beton prategang, lantai jembatan, atau dan lain sebagainya	500 ^C	C114
2. Beton bertulang lain dalam lingkungan yang basah atau mengandung aluminium atau logam-logaman lain atau bekisting logam yang digalvanis	1000 ^C	C114
B. Sulfat sebagai SO ₄ , ppm	3000	C114
C. Alkali sebagai (Na ₂ O+0,658 K ₂ O), ppm	600	C114
D. Masa bahan padat total, ppm	50 000	C1603

Sumber: SNI 7974:2013

^ABatasan spesifikasi dalam Tabel 2.4 tidak mengikat untuk masing-masing item atau secara keseluruhan mengacu pada air pencampuran dari ASTM C94

^Bppm adalah singkatan dari *parts per million*.

^CPersyaratan untuk beton sesuai dengan ACI 318 harus diikuti apabila produsen dapat membuktikan bahwa batasan-batasan air pencampuran ini boleh dilampaui, untuk kondisi-kondisi yang memperoleh penggunaan calcium chloride (CaCl₂) sebagai bahan tambah mempercepat pengerasan, batasan chloride boleh diabaikan oleh pembeli.

A. Air Kangen Water

Air kangen water merupakan air alkali yang diciptakan oleh seorang berasal dari Jepang bernama Hironari Oshiro dengan mesinnya yang bernama Enagic dengan pH air di atas 7. Air kangen water dapat dipercaya sebagai air kesehatan karena kandungan alkali bersifat basa yang dapat membantu mengurangi asam dan keseimbangan dalam tubuh. Air alkali merupakan air

bersifat basa berkisar antara pH 7-9,5. Air alkali terionisasi (ATT) merupakan air dengan nilai potensial redoks yang tinggi (yakni merupakan antioksidan dikarenakan nilai ORP (*Oxidation reduction potential*) yang sangat negatif) dan memiliki molekul air yang lebih kecil dibanding air biasa (*micro-clustered*) (Ignacio et al., 2012). Air asam tidak cocok sebagai konsumsi, namun baik bagi perawatan kebersihan tubuh. Air basa memungkinkan untuk di minum dan direkomendasikan untuk mengatasi masalah gastrointestinal, hipertensi diabetes, kanker (Henry dan Chambron, 2013).

Menurut penelitian Emilia dan Mutiara (2019) yang berjudul “Parameter Fisika, Kimia dan Bakteriologi Air Minum Alkali Terionisasi yang Diproduksi Mesin Kangen Water level luk sd 501” hasil dari pemeriksaan uji laboratorium yang telah dilaksanakan yaitu meliputi parameter fisik, kimia dan mikrobiologi yang telah ada dalam Permenkes 492 tahun 2010, sebagai berikut:

- a. Parameter fisika yaitu melewati pemeriksaan bau, rasa, warna, kekeruhan dan jumlah zat padat terlarut (TDS).
- b. Pemeriksaan parameter kimia yaitu pemeriksaan pH, besi, fluoride, nitrat, seng, sulfat, tembaga, aluminium, dan klorida.
- c. Pengujian bakteriologi yaitu uji coliform dan colitinja.

Air alkali yang dapat di minum disarankan antara pH 7,0 – 9,5, konsumsi air alkali antara pH 9,5 – pH 11,5 terbukti efektif untuk menurunkan GDA (gula darah acak) pada penderita diabetes mellitus 2 (Siswantoro dan Sutomo, 2018). Hasil dari pemeriksaan diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 oleh mesin kangen water tipe Level Luk SD 501.

Tabel 2. 5 Hasil Pemeriksaan Parameter Fisika, Kimia, dan Bakteriologi

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Pemeriksaan	Ket
FISIKA					
1.	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	MS
2.	Kekeruhan	Skala NTU	5	0,68	MS
3.	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa	MS
4.	Warna	Skala CTU	15	0,8	MS
5.	Jumlah Zat Padat	Mg/L	500	7,45	MS

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Pemeriksaan	Ket
Terlarut (TDS)					
KIMIA					
1.	Besi	Mg/L	0,3	0,03	MS
2.	Fluorida	Mg/L	1,5	0,01	MS
3.	Kesadahan (CaCO ₃)	Mg/L	500	7	MS
4.	Klorida	Mg/L	250	0,3	MS
5.	Kromium valensi 6	Mg/L	0,05	0,02	MS
6.	Mangan	Mg/L	0,4	0,018	MS
7.	N. sebagai Nitrat	Mg/L	50	0,9	MS
8.	N. sebagai Nitrit	Mg/L	3	0,004	MS
9.	pH	-	6,5 – 8,5	7,3	MS
10.	Seng	Mg/L	3	0,05	MS
11.	Sianida	Mg/L	0,07	0,001	MS
12.	Sulfat	Mg/L	250	5	MS
13.	Tembaga	Mg/L	2	0,05	MS
14.	Aluminium	Mg/L	0,2	0,082	MS
BAKTERIOLOGI					
1.	Coliform	MPN/100ml	0	0	MS
2.	Colitinja	MPN/100ml	0	0	MS

Sumber: (Emilia dan Mutiara, 2019)

Keterangan:

MS Memenuhi syarat berdasarkan baku mutu air minum sesuai Permenkes No 492/Menkes/Per/IV/2010.

Alat yang digunakan untuk mendapatkan air pH menggunakan tipe alat yang bernama Level Luk SD 501. Proses penyaringan melalui alat Level Luk Sd 501 dengan mengubah air biasa menjadi pH air bersifat asam, normal atau pun basa dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 1 Mesin Kangen Water (Sumber gambar: Google Maps Johansyah)



Gambar 2. 2 Proses pengolahan air pH (Sumber gambar: Google Maps Johansyah)

2.2.3 Pengujian di Laboratorium

2.2.3.1 Pengujian Konsistensi Normal dan waktu ikat awal semen

a) Pengujian Konsistensi Normal Semen menurut SNI 15-2049-2004

Pengujian konsistensi normal semen adalah kadar air pasta semen yang apabila jarum vicat diletakan di permukaan dalam interval waktu 30 detik akan terjadi penetrasi sedalam 10 mm. Pasta semen adalah campuran semen portland dan air dengan komposisi tertentu. Benda uji adalah sejumlah semen Portland

dengan isi tertentu yang dibuat dan isi tertentu yang diambil secara acak dari tempat penyimpanan, yang dianggap mewakili sejumlah semen Portland yang akan digunakan untuk pekerjaan tertentu.

Persyaratan pengujian sebagai berikut:

- 1) Jumlah yang di perlukan untuk pengujian konsistensi normal ditetapkan berdasarkan ketentuan yang berlaku.
 - 2) Jika pekerjaan menggunakan lebih dari satu tipe semen maka harus dilakukan pengujian konsistensi normal.
 - 3) Pengambilan contoh setiap tipe semen dilakukan secara acak berdasarkan ketentuan yang berlaku.
 - 4) Berat atau volume setiap benda uji di tetapkan berdasarkan jumlah dan berat benda uji.
- b) Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland menurut SNI 15-2049-2004

Pengujian ini adalah untuk mendapatkan waktu ikat awal semen setelah kontak dengan air dan waktu ikat jarum vikat tidak mampu lagi menembus permukaan pasta. Waktu ikat adalah waktu yang di perlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Waktu ikat akhir adalah waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak terlihat secara visual. Suhu udara adalah ruangan padat saat dilakuakan pengujian. Contoh semen Portland adalah sejumlah semen Portland dengan berat dan isi tertentu yang diambil dari tempat penyimpanan yang akan digunakan untuk suatu pekerjaan.

Persyaratan pengujian sebagi berikut:

- 1) Jumlah yang diperlukan untuk pengujian waktu ikat awal semen ditetapkan ketentusn ysng berlaku
- 2) Pengambilan contoh untuk setiap tipe semen dilakukan secara acak berdasarakan ketentuan yang berlaku.
- 3) Jika pekerjaan akan menggunakan lebih dari satu tipe harus dilakuakn pengujian waktu ikat semen.
- 4) Berat atau volume setiap contoh benda uji berdasarkan jumlah dan berat benda uji.

2.2.3.2 Pengujian Slump

- a) Pengujian *slump*

Menurut SNI 1973:2016 *slump* beton merupakan pengujian kekentalan beton yang akan di gunakan dalam konstruksi pembangunan.

Fungsi dalam pengujian slump yaitu untuk menjaga mutu beton. Cara uji masukan campuran beton segar kedalam cetakan berbentuk kerucut terpancung dan dipadatkan dengan mengunkan batang besi penusuk. Cetakan diangkat dan dibiarkan sampai terjadi penurunan bagian atas permukaan beton setelah itu di ukur dengan jarak antara posisi semula permukaan beton dan setelah penurunan pada permukaan beton sebagai nilai slump beton.

Nilai slump di uji dalam satuan millimeter dengan ketelitian hingga 5 mm terdekat.

Perhitungan Nilai Slump = Tinggi Alat Slump – Tinggi Beton setelah terjadi penurunan

2.2.3.3 Perawatan (Curing) Beton

Menurut SNI 4810:2013 Perawatan beton dibuat dan dirawat sesuai standar dilakukan saat beton sudah mulai mengeras dengan tujuan menjaga kelembaban/suhu dan agar beton tidak cepat kehilangan air sehingga dapat mencapai mutu beton dengan perendaman 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Penyimpanan spesimen harus rata atau tidak lebih dari 20 mm per m³ (1/4 in per ft).

2.2.3.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder menurut SNI 1974:2011 kuat tekan beton adalah beban dibagi satuan luas penampang beton, yang akan menyebabkan benda uji beton hancur ketika di bebani dengan gaya tekan yang dihasilkan oleh alat mesin tekan.

a) Istilah dan Definisi

- Beban Aksial, yakni beban yang tegak lurus terhadap penampang /sejajar sumbu aksial yang ditinjau.
- Beton Inti, merupakan benda berbentuk silinder yang diambil dengan cara pengeboran dari struktur beton yang sudah jadi.
- Dial gauge, yakni arloji ukur dengan ketelitian yang digunakan untuk mengukur pergerakan (deformasi) horizontal maupun vertikal.
- *Including loads*, yaitu nilai-nilai beban yang termasuk dalam rentang beban yang diinginkan

- Intrapolasi, merupakan nilai diantara nilai-nilai yang diketahui.
- Kekerasan rockwell (*HRC= Hardnes Rockwell C-scale*), yakni kekerasan material logam yang diukur dengan alat peguji kekerasan Rockwell
- Pelapasan permukaan (*capping*), merupakan pelapisan permukaan bidang tekan benda uji silinder biasa menggunakan blerang.
- Rasio L/D, yaitu perbandingan antara panjang benda uji silinder (L) dengan diameter penampang (D)

Mesin penguji harus berupa tipe yang memiliki kapasitas yang cukup dan mampu memberikan kecepatan beban.

1. Kalibrasi mesin tekan paling sedikit setiap 12 bulan sekali, pada pemasangan awal atau relokasi mesin.
2. Setelah melakukan perbaikan atau penyuaian yang dapat mempengaruhi pengoprasian sistem atau nilai, kecuali untuk penyuaian nol sebagai pengganti berat peralatan atau benda uji.

Menghitung kuat tekan benda uji dengan cara membagi beban maksimum yang di terima benda uji selama pengujian, dengan luas penampang melintang rata yang yang ditentukan dan nyatakan hasilnya dengan dibulatkan ke 1 desimal dengan 0,1 MPa.

Nilai kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Dengan:

f'_c : kuat tekan beton salah satu benda uji (MPa)

P_{maks} : beban tekan maksimum (N)

A : luas permukaan benda uji (mm²)

Jika perbandingan panjang (L) terhadap diameter (D) benda uji kurang dari 1,8 koreksi hasil yang diperoleh dengan mengalikan dengan faktor koreksi yang sesuai seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 2. 6 Faktor koreksi rasio

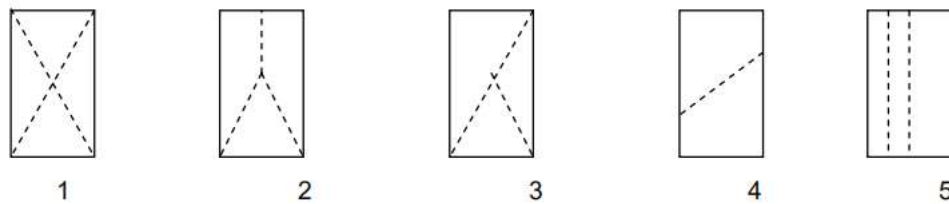
L/D	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Faktor	1,00	0,96	0,96	0,93	0,87

Sumber: SNI 1974:2011

Koreksi Faktor diatas berlaku untuk beton ringan dengan bobot isi 1600 kg/m³ sampai 1920 kg/m³ dan untuk beton normal, koreksi faktor berlaku untuk kondisi kering atau basah saat pembebanan dan nilai yang tidak terdapat pada tabel harus ditetapkan dengan interpolasi. Faktor koreksi berlaku untuk kuat tekan 15MPa sampai 45 MPa sedangkan untuk diangka diatas 45 Mpa perlu dilakukanya uji perbandingan di laboratorium.

2.2.3.5 Tipe Pola Keruntuhan Pada Benda Uji

Setelah pengujian benda uji selesai maka terdapat pola kehancuran pada benda uji beton menurut SNI 1974:2011 terdapat 5 pola kehancuran dapat dilihat pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Seketsa bentuk Kehancuran pada benda uji

Sumber: SNI 1974:2011

Gambar 2.3 keterangan:

- a. Bentuk khancuran kerucut
- b. Bentuk Kehancuran Kerucut dan belah
- c. Bentuk Kehancuran Kerucut dan geser
- d. Bentuk Kehancuran Geser
- e. Bentuk Kehancuran Sejajar Sumbu Tegak (kolumnar)