



PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BENTONIT PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Hamsyah¹, Jumardi Safri²

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare

✉Corresponding email: hamsyah.vertical@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare

✉Corresponding email : jumardisafri@yahoo.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article History</i></p> <p><i>Received : 02/01/2020</i></p> <p><i>Accepted : 01/02/2020</i></p> <p><i>Published : 01/03/2020</i></p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk. Menganalisa pengaruh penambahan serbuk bentonit pada campuran beton terhadap kuat tekan beton K 225, mengevaluasi perbandingan serbuk bentonit pada campuran beton terhadap kuat tekan beton K 225. Dengan berkembangnya pembangunan konstruksi beton di negara Indonesia, maka penelitian ini lebih mengarahkan pada peningkatan mutu beton dengan menggunakan bahan tambah bentonit. Dari hasil analisa penelitian dapat ditarik sebuah kesimpulan yaitu penambahan bentonit pada campuran beton akan meningkatkan kuat tekan beton. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada beton dengan kadar bentonit 10%, dengan hasil rata-rata sebesar 22,175MPa. Sedangkan pada kadar bentonit 25 % dan 50 %, beton mulai mengalami penurunan kuat tekan sebesar 16,301 MPa dan 9,979 Mpa. Kuat tekan beton dengan kadar penambahan bentonit sebesar 10 %, 25 %, 50 % dengan rata-rata kuat tekan sebesar 22,175 Mpa, 16,301 Mpa dan 9,979 Mpa tidak mencapai spesifikasi standar mutu beton K 225 (22,5 Mpa).</p> <p>Keywords: <i>Kuat tekan, nilai slump, bentonit.</i></p>
	<p>Abstract</p> <p>This research purposed to analyzing the bentonite powder with the mixture concrete for the strength of concrete K 225 and evaluating the comparison bentonite powder to concrete mixture concerning the compressive strength of concrete K 225. With development the concrete construction in this country Indonesia,so this reseach more leads to quality improvement concrete by using added bentonite materials. From the reseach results can be drawn a conclusion that is the addition of bentonite on concrete mixture will increase the compressive strength of concrete the highest strength value that achieved for the concrete with bentonite degrees 10 %, with average results as amount 22,175 Mpa. And then, bentonite degree 25 % and 50 %. The concrete become decreased compressive strength of concrete as amount 16.301 and 9,979 Mpa. Compressive strength of concrete with added bentonite degree as amount 10 %, 25 % and 50 % with average compressive strength amount 22,175 Mpa, 16,301 Mpa and 9,979 Mpa not reached the standard specification quality of concrete K225.</p> <p>Keyword: <i>Compressive strength, Slump value, Bentonite.</i></p>

PENDAHULUAN

Bentonit merupakan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia. Terdiri dari dua tipe yaitu Na bentonit dan Ca bentonit, sebagai negeri yang kaya akan tambang dan mineral merupakan potensi bagi kita untuk menggalinya. Permasalahannya adalah bahwa potensi ini belum dikelola secara maksimal sehingga kebutuhan bentonit nasional hingga saat ini masih sangat kurang. Bentonit yang digunakan untuk beberapa penelitian masih impor, sehingga perlu diupayakan peningkatan mutu bahan lokal, sehingga dengan pemakaian bahan lokal diharapkan harganya lebih murah dan efisiensinya lebih meningkat. Sehingga dapat diupayakan untuk memanfaatkan potensi bahan baku yang ada dalam negeri. Bentonit adalah istilah untuk lempung yang mengandung monmorillonit dalam dunia pertambangan dan termasuk dalam kelompok dioktoedral. Penamaan jenis lempung berdasarkan dari penemu atau peneliti, misal ahli geologi, mineralogi, mineral industry dan lain-lain. Bentonit mempunyai ciri khas yaitu kalau diraba seperti lilin dan teksturnya seperti sabun. Bagian yang dekat dengan permukaan tanah cenderung berwarna hijau kekuningan atau abu-abu dan menjadi terang pada waktu dikeringkan. Endapan yang ada dibawah permukaan tanah cenderung berwarna abu-abu kebiruan, selain itu ada pula yang berwarna putih, coklat terang dan coklat kemerahan. Berdasarkan tipenya, bentonit dibagi menjadi dua, yaitu (1). Tipe Wyoming (Na bentonit). Na bentonit memiliki daya mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan kedalam air dan tetap terdispersi beberapa waktu didalam air. (2). Mg (Ca bentonit). Tipe bentonit ini kurang mengembang apabila dicelupkan kedalam air dan tetap terdispersi didalam air, tetapi secara alami mempunyai sifat menghisap yang baik. Potensi endapan bentonit ditinjau air tersebar dipulau Jawa, Sumatera, sebagian Kalimantan dan Sulawesi dengan cadangan diperkirakan lebih dari 380 juta ton, serta pada umumnya terdiri dari jenis kalsium (Ca bentonit). Beberapa lokasi yang sudah dan sedang dieksploitasi, yaitu di Tasik Malaya, Leuwiliang, Nanggung dan lain-lain. Indikasi endapan Na bentonit terdapat di Pangkalan Brandan, Sorolangun-Bangka dan Boyolali. Indonesia sebagai negeri yang kaya akan tambang dan mineral merupakan potensi besar untuk digali.

Hamparan bentonit diwilayah Jawa Barat khususnya wilayah Bogor Barat meliputi kecamatan, Leuwisadeng, Nanggung, Cigudeg, Jasinga, Tenjo dan Runpin, kandungan bentonit lebih dari 100 hektar dan diperkirakan tidak akan habis dalam kurun waktu 50 tahun

ke depan. Sehingga dalam tugas akhir ini peneliti mencoba membuat beton normal dengan menggunakan bahan tambahan bentonit. Beton Normal (Normal concrete) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kekuatan $20 < 35$ MPa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah, diantaranya *Silicafume*, *Slag*, *Fly ash*, Namun penekanan peneliti lebih mengarahkan pada peningkatan mutu beton dengan menggunakan bahan tambah (*Additive*) pada campuran beton, bahan tambah *Additive* telah banyak diterapkan dalam peningkatan mutu beton seiring dengan tingkat penggunaan beton sebagai bahan konstruksi yang lebih menekankan kearah kekuatan dan kemampuan beton dalam menerima beban. Dengan berkembangnya pemanfaatan konstruksi beton di negara Indonesia, Maka peneliti mencoba memberikan kontribusi pemikiran secara akademis dengan cara melakukan penelitian tentang "Pengaruh penambahan serbuk bentonit pada campuran beton terhadap kuat tekan beton"

PEMBAHASAN

A. BETON

Beton adalah campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat. Dalam pengertian umum beton berarti campuran bahan bangunan berupa pasir dan kerikil atau koral kemudian diikat semen bercampur air, maupun perbandingan pencampurannya. Untuk mendapatkan beton yang optimum pada penggunaan yang khas, perlu dipilih bahan yang sesuai dan dicampur secara tepat. Kebaikan dan keburukan beton dibandingkan dengan bahan bangunan lain adalah sebagai berikut.

1. Kelebihan beton
 - a. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan lokal
 - b. Mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, serta mempunyai sifat yang tahan terhadap pengkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
 - c. Adukan beton mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan.
 - d. Kuat tekan beton jika dikombinasikan dengan baja akan mampu memikul beban yang berat.
 - e. Adukan beton dapat disempatkan dipermukaan beton lama yang retak maupun diisikan kedalam retakan beton

dalam proses perbaikan. Selain itu dapat pula dipompakan ketempat yang posisinya sulit.

- f. Biaya perawatan yang cukup rendah karena termasuk tahan aus dan tahan kebakaran.
2. Kekurangan beton
 - a. Beton memiliki kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, tulangan kasa (meshes).
 - b. Adukan beton menyusut saat pengeringan sehingga perlu dibuat dilatasi (expansion joint). Untuk struktur yang panjang untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
 - c. Beton keras (beton) mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
 - d. Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
 - e. Beton bersifat gelas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan di detail secara seksama agar setelah dikomposisikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

3. Sifat-sifat beton

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat adukan beton maupun sifat-sifat beton yang telah mengeras perlu diketahui sifat-sifat tersebut antara lain:

a. Kuat tekan

Beton dapat mencapai kuat hancur sampai 80 N/mm^2 , atau lebih tergantung pada perbandingan air-semen serta tingkat pematannya. Kuat tekan dari beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat pematannya. Faktor-faktor pen-ting lainnya yaitu:

- 1) Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan batas kuat beton.
- 2) Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton, dengan kuat tekan maupun tarik yang lebih besar dari penggunaan kerikil halus dari sungai.
- 3) Efisiensi dari perawatan (curing). Kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan

sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.

- 4) Suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan beton akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- 5) Umur, pada keadaan yang normal kekuatan beton akan bertambah dengan umumnya kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen.

b. Durability (keawetan)

Merupakan kemampuan beton untuk bertahan seperti yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam hal ini perlu pembatasan nilai faktor air maksimum maupun pembatasan dosis semen minimum yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan.

c. Kuat tarik

Kuat tarik beton berkisar seper-delapan belas kuat desak pada waktu umurnya masih muda, dan berkisar seper-sepuluh sesudahnya. Biasanya tidak diperhitungkan di dalam perencanaan beton. Kuat tarik merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Pengujian kuat tarik diadakan untuk pembuatan beton konstruksi jalan raya dan lapangan terbang.

d. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya ditentukan pada 25-50 % dari kuat tekan beton.

e. Rangkak

Merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus-menerus menurut waktu dibawah beban dipikul.

f. Susut

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

g. Kelecekan (workability)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau workability adalah besarnya kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh.

B. AGREGAT

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati 70 % volume beton, sehingga sangat berpengaruh

terhadap sifat ataupun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan.

2. Agregat Kasar.

Agregat kasar ialah agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan di ayakan 4,75 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari batu - batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butiran yang keras, permukaan yang kasar, dan kekal. Agregat harus memenuhi syarat kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %, dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton.

Menurut Tjokrodimulyo (1996), beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan agregat untuk pekerjaan campuran beton, antara lain :

1. Bentuk Agregat

Bentuk agregat dipengaruhi oleh dua sifat, yaitu kebulatan dan sferikal. Kebulatan atau ketajaman sudut, ialah sifat yang dimiliki, yang tergantung pada ketajaman relatif dari sudut dan ujung butir. Sedangkan sferikal ialah sifat yang tergantung pada rasio antara luas bidang permukaan butir dan volume butir. Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar dari pada setelah beton mengeras. Berdasarkan bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi : agregat bulat, bulat sebagian, bersudut, panjang dan pipih

2. Tekstur Permukaan Butir

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran, halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Pada dasarnya tekstur permukaan butir dapat dibedakan menjadi : sangat halus (glassy), halus, granuler, kasar, berkristal, berpori, dan berlubang-lubang. Tekstur permukaan butir tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan besar gaya yang bekerja

pada permukaan butiran yang menyebabkan kehalusan permukaan agregat.

3. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung butiran pori-pori yang ada dalam butiran tertutup/tidak saling berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah yaitu, berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori dan berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

4. Berat Satuan Dan Kepadatan

Berat satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume, dinyatakan dalam kg/liter atau ton/m³. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya ialah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbuka.

5. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum butir agregat yang biasanya dipakai adalah 10mm, 20 mm, atau 40 mm.

6. Gradasi Agregat

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampuannya tinggi.

Tabel 1. Batas gradasi dari agregat kasar sesuai SK-SNI-T-15-1990-03(jokrordimulyo 1996 : 22)

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Butir	Lewat Agregat
40	95-100	20 mm
20	30-70	100
10	10-35	95-100
4,8	10-5	25-55
		0-10

7. Kadar Air Agregat

Kandungan air didalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat, yaitu: (1) kering tungku, yaitu benar-benar tidak berair atau dapat secara penuh menyerap air, (2) kering udara, yaitu butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air di dalam porinya, (3) jenuh kering muka, yaitu tidak ada air di permukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butiran tidak menyerap dan tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton, (4) basah, yaitu butir-

butir mengandung banyak air baik di permukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah air. Keadaan jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry*, SSD) lebih dipakai sebagai standar, karena merupakan kebasahan agregat yang hamper sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah dan mengurangi air dari pastinya, dan kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD dari pada kering tungku.

8. Kekuatan dan Keuletan Agregat

Kekerasan agregat tergantung dari kekerasan bahan penyusunnya. Butiran agregat dapat bersifat kurang kuat disebabkan oleh dua hal yaitu, karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tetapi tidak terikat kuat.

C. SEMEN PORTLAND

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat - silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara diantara butiran-butiran agregat. Semen portland dibuat melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu 1400° C-1500° C dan menjadi klinker. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO₄) kira-kira 2-4 % persen sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang ditambahkan pula untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40 kg / 50 kg.

Tabel 2. Susunan oksida semen Portland

No	Oksida	persentase
1	Kapur (CaO ₄)	60 - 65
2	Silika (SiO ₂) _z	17 - 25
3	Alumina (Al ₂ O ₃)	3 - 8
4	Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 - 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 - 4
6	Sulfur (SO ₃)	1 - 2
7	Soda / Portash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 - 1

Menurut SNI 15-2049-04 semen dibagi menjadi 3 jenis yaitu.

1. OPC (*Ordinary Portland Cement*) adalah semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum atau bangunan yang tidak membutuhkan persyaratan khusus.
2. PCC (*Portland Composite Cement*) adalah semen dari hasil penggilingan terak semen portland, gipsum, dan satu atau lebih bahan anorganik, untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, plesteran, selokan, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, dan paving block.
3. PPC (*Portland Pozzoland Cement*) adalah semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak (clinker) semen portland dengan gipsum dan bahan pozzolan, untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang seperti jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, dan bangunan irigasi.

D. AIR

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram per liter
2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram per liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 1 gram per liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram per liter.

E. BENTONIT

Bentonit adalah istilah untuk lempung yang mengandung *monmorillonit* dalam dunia perdagangan dan termasuk kelompok diokto hedral. Bentonite mempunyai ciri khas, yaitu kalau diraba seperti lilin dan teksturnya seperti sabun. Bagian yang dekat dengan permukaan tanah condong berwarna hijau kekuningan atau abu-abu dan menjadi terang pada waktu dikeringkan. Endapan yang ada dibawah permukaan tanah condong berwarna abu-abu kebiruan. Selain itu ada pula yang berwarna

putih, coklat terang dan coklat kemerahan. Bentonit merupakan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia, akan tetapi belum optimal pemanfaatannya. Secara umum, mula jadi endapan bentonit ada empat macam, yaitu hasil pelapukan, hydrothermal, transformasi, dan sedimentasi.

1. Endapan hasil pelapukan

Faktor pembentukan endapan bentonit hasil pelapukan adalah kondisi komposisi mineral batuan, komposisi kimia dari air, dan daya lalu air pada batuan asal. Yang terakhir ini dapat dikemukakan sebagai : iklim, berbagai relief dan tumbuh-tumbuhan yang ada di atas batuan. Pembentukan bentonit hasil pelapukan adalah akibat reaksi antara ion-ion hidrogen dalam air tanah dengan senyawa silikat. Ion Hidrogen tersebut berasal dari asam karbon akibat pembusukan zat-zat organik didalam tanah. Mineral penting saat pembentukan lempung adalah plagioklas, kalium-feldspar, biotik, muskovit, sedikit kandungan senyawa alumina dan ferro-magnesia. Plagioklas sangat reaktif, berjumlah banyak dan sumber utama dari kation dan silika dalam air tanah.

2. Larutan hidrotermal

Larutan hidrotermal merupakan larutan bersifat asam dengan kandungan klorida, belerang, karbon dioksida dan silika. Komposisi larutan berubah karena ada reaksi dengan batuan gamping menjadi larutan alkali yang bersifat basa, lalu terbawa keluar dan akan tetap bertahan selama unsur alkali dan alkali tanah tetap terbentuk akibat penguraian batuan asal. Pada alterasi hidrotermal relative lemah, mineral-mineral asal menentukan hasil alterasi tersebut. Pada alterasi sangat lemah, mineral-mineral yang kaya dengan unsur magnesium cenderung membentuk klorit. Pada alterasi lemah adanya unsur alkali dan alkali tanah akan membentuk monmorillonit kecuali kalium, mika, feromagnesia dan feldspar, monmorillonit terjadi karena adanya unsur magnesium.

3. Endapan transformasi

Endapan bentonit hasil transformasi / devirtifikasi debu gunung api terjadi dengan sempurna apabila debu diendapkan didalam cekungan seperti danau atau laut. Mineral gelas gunung api lambat laun akan mengalami devirtifikasi.

4. Endapan sedimen

Monmorillonit bisa juga terjadi sebagai endapan sedimen dalam kondisi basa (alkalin). Mineral hasil sedimentasi terbentuk dalam cekungan dan bersifat basah dan tidak berasosiasi dengan tufa, seperti atapulgit, sepiolit, monmorillonit, karbonat, silika pipih, fosfat laut dan sebagainya. Lingkungan ini

banyak mengandung larutan silika yang terendapkan dalam bentuk flint, kristobalit, atau senyawa aluminium dan magnesium. Secara umum, Ca bentonit terjadi dari alterasi mineral dalam batuan beku dan metaforik yang biasanya terdapat dekat dengan permukaan. Hal ini disebabkan ion Na dalam lempung bentonit bersifat tidak mantap dan mudah diganti oleh ion Ca, dan juga ion H pada tingkat pelapukan selanjutnya. Sebaliknya, keberadaan Na bentonit di daerah tropis hanya dijumpai pada tempat dalam yang mengalami prose pelapukan yang tidak berkepanjangan.

Bentonit terdiri dari dua tipe yaitu Na bentonit dan Ca bentonit:

a. Tipe Wyoming (Na-bentonit / *Swelling bentonite*).

Na bentonit memiliki daya mengembang hingga delapan kali apabila dicelupkan kedalam air dan tetap terdispersi beberapa waktu didalam air. Dalam keadaan kering berwarna putih atau cream, pada keadaan basah dan terkena sinar matahari akan berwarna mengkilap. Perbandingan soda dan kapur tinggi.

b. Mg(Ca-bentonite/*non swelling bentonite*).

Tipe bentonit ini kurang mengembang apabila dicelupkan kedalam air dan tetap terdispersi didalam air, tetapi secara alami atau setelah diaktifkan mempunyai sifat menghisap yang baik dalam keadaan kering berwarna abu-abu, biru, kuning, merah dan coklat.

Endapan bentonit di Indonesia tersebar dipulau: Jawa, Sumatera, sebagian Kalimantan dengan cadangan persediaan diperkirakan lebih dari 380 juta ton, serta pada umumnya terdiri dari jenis kalsium/Ca-bentonit (Riyanto, 1994). Beberapa lokasi yang sudah dan sedang dieksplorasi, yaitu di Tasikmalaya, Leuwiliang, Nanggung dan lain-lain.

Indikasi endapan Na-bentonit terdapat di Pangkalan Brandan, Sorolangun-Bangko dan Boyolali (Anonymous, 1995). Pemanfaatan bentonit untuk industri dalam negeri antara lain, industri berbasis kimia, industri kosmetika, industri pengeboran minyak dan gas, industri beton. Namun potensi ini belum dikelola secara maksimal sehingga kebutuhan bentonit nasional hingga saat ini masih defisit 20 %, permasalahannya adalah bagaimana agar bentonit lokal ini harus dapat didaya gunakan dimasa mendatang agar bentonit lokal ini mempunyai daya kompetitif dipasaran internasional. Dalam 10 tahun terakhir industri yang membutuhkan bentonit meningkat sangat pesat, pemasaran industri bentonit saat ini sangat luas terutama pasar dalam negeri dan peluang ekspor yang masih terbuka lebar.

Pemanfaatan bentonit dalam bidang Teknik sipil masih terbatas pada pembangunan konstruksi beton, seperti jembatan, bendungan dan bangunan yang berhubungan langsung dengan air tanah dan air laut.

F. KUAT TEKAN

Kuat tekan beton yang diisyaratkan f_c adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam *Mega Paskal* atau Mpa (SK SNI-T-15-1991-03).

Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM (*American Society for Testing Material*), C39-86. Menurut Dipohusodo (1994: 7), kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Menurut Tjokrodimaljo (1996: 59), faktor-faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan beton antara lain faktor air semen, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat

1. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air yang digunakan dengan berat semen. Hubungan antara faktor air semen (f.a.s) dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) dalam Samekto dan Rahmadiyanto (2001: 43), sebagai berikut:

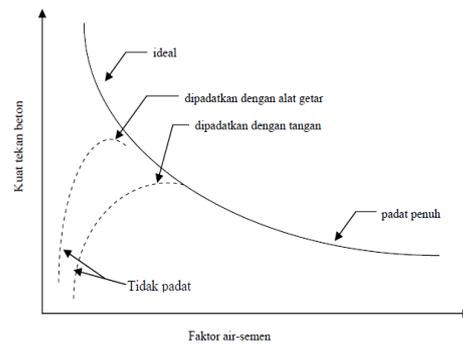
$$f_c = \frac{A}{B} 1.5x \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

- f_c : kuat tekan beton pada umur tertentu
- x : f.a.s (yang semula dalam proporsi volume)
- A,B : konstanta

Dari rumus di atas tampak bahwa semakin rendah nilai f.a.s semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai f.a.s tertentu semakin rendah nilai f.a.s kuat tekan betonnya semakin rendah pula, seperti terlihat pada gambar 1.

Dari gambar di bawah, jika nilai f.a.s terlalu rendah adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai f.a.s tertentu yang optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum (Tjokrodimaljo 1996: 60).

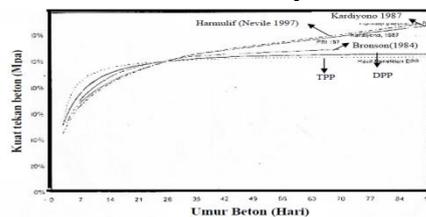


Gambar 1. Hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen (Tjokrodimaljo 1996: 60)

2. Umur Beton

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton itu. Kecepatan bertambahnya kuat tekan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : f.a.s dan suhu perawatan. Semakin tinggi nilai f.a.s semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya (Tjokrodimaljo 1996: 60).

Kekuatan beton semakin lama semakin besar. Kekuatan beton pada umur 28 hari dianggap telah mencapai 100%, sedangkan kenaikan kekuatan beton setelah umur 28 hari akan bertambah secara asymptotis.



Gambar 2. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton (Suroso 2001:97)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa laju kenaikan kuat tekan beton DPP (dengan pasir pantai) sebelum umur 28 hari ternyata lebih tinggi dibandingkan beton TPP (tanpa pasir pantai). Adapun setelah mencapai umur diatas 28 hari laju kenaikan kuat tekan beton DPP lebih rendah dibandingkan beton TPP.

Tabel 3. Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001 : 44)

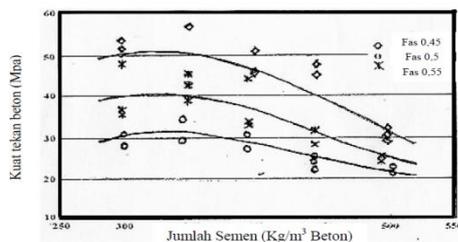
Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,50	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland Dengan kekuatan	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

2. Jumlah Semen

Menurut Tjokrodinuljo (1996: 61) jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jika nilai f.a.s sama (nilai slam berubah), Beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi. Jumlah semen yang terlalu sedikit, berarti jumlah air sedikit akan mengakibatkan sulitnya pemadatan adukan beton, sehingga kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori dan akibatnya kuat tekan beton rendah.

Jika nilai slump sama (nilai f.a.s berubah). Beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi, hal ini karena pada nilai slump sama jumlah air hampir sama, sehingga penambahan semen berarti pengurangan nilai f.a.s yang berakibat penambahan kuat tekan beton.

Menurut Wahyono (dalam Harmulif 2004: 30) pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton mempunyai pola yang sama dengan pengaruh pasta terhadap kuat tekan beton, tetapi memiliki jumlah semen optimum yang relatif sama untuk semua nilai f.a.s, yaitu 352 Kg/m³.



Gambar 4. Hubungan antara jumlah semen dan kuat tekan beton untuk setiap nilai f.a.s. (Wahyono 2000 dalam Harmulif)

3. Sifat Agregat

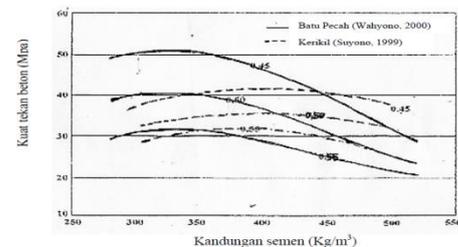
Menurut Samekto dan Rahmadiyanto (2001: 11) agregat adalah butiran mineral sebagai pengisi dalam campuran mortar dan beton. Kuat tekan beton (Mpa) Jumlah Semen (Kg/m³ Beton) Sifat agregat yang paling banyak berpengaruh terhadap kekuatan beton ialah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya (Tjokrodinuljo 1996: 61).

Pemakaian ukuran butir maksimum agregat yang lebih besar, memerlukan jumlah pasta yang sedikit untuk mengisi rongga-rongga antara butirnya, berarti sedikit pula pori-pori pada beton, sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya karena butiran agregatnya besar, maka luas permukaannya lebih sempit, sehingga lekatan antara permukaan agregat kurang kuat, sehingga retakan-retakan kecil pasta disekitar agregat akan mudah terjadi. Dengan alasan ini maka pada beton dengan kuat tekan tinggi

disarankan menggunakan agregat dengan ukuran besar butir maksimum 20 mm.

Bentuk agregat yang bersudut (batu pecah) mempunyai luas permukaan yang lebih besar (kerikil), sehingga mempunyai daya lekat dengan pasta yang lebih kuat. Dengan adanya lekatan antara batuan dan pasta yang baik, dimana retak rambut atau *mikro crack* akibat gaya tekan biasanya dimulai, maka kekuatan beton lebih tinggi (Tjokrodinuljo 1992: 43).

Menurut Wahyono (dalam Harmulif 2004: 31), pengaruh kekerasan permukaan agregat terhadap kuat tekan beton adalah pada f.a.s yang sama. Pemakaian agregat kasar dari batu pecah akan mempunyai kuat tekan lebih tinggi bila dibandingkan dengan pemakaian agregat dari kerikil alami, karena agregat kasar batu pecah mempunyai ikatan antara butir yang baik sehingga membentuk daya lekat yang kuat. Dengan lekatan yang kuat menjadikan kekuatan beton menjadi lebih tinggi.



Gambar 5. Hubungan antara jumlah semen dengan kuat tekan beton pada jenis agregat yang berbeda, yaitu batu pecah ukuran maksimum 40 mm dan kerikil alami ukuran 40 mm (Wahyono, 2000)

G. PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian terdahulu tentang penggunaan bentonit pada bahan campuran adukan beton memberikan hasil sebagai berikut:

1. Rizqurrachman, berdasarkan nilai kuat lentur yang diperoleh dalam penelitian ini, maka beton serat yang tidak menggunakan bentonite dan beton serat yang menggunakan bentonite 3% memenuhi standar yang digunakan sebagai perencanaan perkerasan kaku, sedangkan beton serat yang menggunakan bentonite 6% dan 9% tidak memenuhi standar yang digunakan dalam perencanaan perkerasan kaku.
2. Rudi Djamaluddin, dari hasil penelitian pelat beton serat yang menggunakan bentonit 3% yang retak pada pembebanan 63 KN bila dikonfersi pada pelat dengan tebal 30 cm diperoleh beban maksimal 56,3 ton. Dengan demikian lapisan rigid pavement ini aman

dilalui untuk jenis kendaraan berat yang mempunyai sumbu muatan terberat 10 ton.

3. Bentonit terbagi 2 jenis, yaitu Ca-bentonit dan Na-bentonit. Pada penelitian ini yang digunakan adalah Ca-bentonit yang memiliki kadar kapur yang tinggi dan kadar natrium yang rendah. Perlu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan Na-bentonit yang memiliki kadar natrium yang tinggi dan kadar kapur yang rendah.

METODE PENELITIAN

A. ALIR PENELITIAN



B. JENIS PENELITIAN

Adapun metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian benda uji silinder beton untuk menentukan kuat tekan beton dan kualitas mutu beton.

Metode penelitian berisikan prosedur penyediaan bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu ; agregat halus, agregat kasar, semen, air dan bahan tambahan berupa cangkang kemiri.

Faktor yang paling utama dalam penelitian ini adalah bahan, peralatan dan langkah-langkah yang dilakukan pada saat penelitian adalah sebagai berikut:

1. BAHAN DAN BENDA UJI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Air
Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.
- b. Semen
Semen yang digunakan adalah Semen Tonasa (50 kg) atau Semen Tipe I
- c. Agregat
 - a) Agregat halus : Agregat halus berupa pasir
 - b) Agregat kasar : Agregat kasar berupa batu pecah
- d. Bentonit
Bentonit yang digunakan adalah bentonit lokal tipe Na-bentonit (*swelling bentonit*).

C. LOKASI PENELITIAN

Lokasi Pengambilan agregat (kasar dan halus) yaitu Pt. Lumpue indah Parepare. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare.

D. WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan yaitu pada tanggal 02 Mei- 2017 hingga tanggal 17 Agustus- 2017.

E. PARIABEL PENELITIAN

Variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah bentonit dengan komposisi 10 %, 25 % dan 50 % dari berat semen.

F. ALAT PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Ayakan
Ayakan yang digunakan dalam menentukan gradasi agregat menggunakan lubang ayakan 25 mm, 19,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, dan 0,15 mm.
- b. Timbangan
Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan benda uji
- c. Oven
Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis.
- d. Gelas ukur
Digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton.

- e. Kerucut Abrams
Digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai slump).
- f. Cetakan Beton
Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan yang berbentuk silinder dengan ukuran 15cm x 30 cm.
- g. Penggaris siku-siku
Digunakan untuk mengukur penurunan saat pengujian slump.
- h. Batang Baja
Digunakan untuk memadatkan adukan beton.
- i. Mesin Uji Tekan
- j. Digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji beton.

G. PROSEDUR PENELITIAN

Persiapan dan pemeriksaan bahan susun beton dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. Bahan dan tahapan pemeriksaan meliputi :

1. Pemeriksaan berat jenis pasir Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis pasir adalah sebagai berikut:
 - a. Pasir dikeringkan dalam tungku pemanas (oven) dengan suhu sekitar 105 derajat sampai beratnya tetap.
 - b. Pasir direndam di dalam air selama 24 jam.
 - c. Air bekas rendaman dibuang dengan hati-hati sehingga butiran pasir tidak ikut terbuang, pasir dibiarkan diatas nampan dikeringkan sampai tercapai keadaan jenuh kering muka. Pemeriksa
 - d. an kondisi jenuh kering muka dilakukan dengan memasukkan pasir ke dalam kerucut terpacu dan dipadatkan dengan menumbuk sebanyak 25 kali. Pada saat kerucut diangkat pasir akan runtuh tetapi pasir masih berbentuk kerucut.
 - e. Pasir diatas sebanyak 500 gr (B0) dimasukkan ke dalam piknometer kemudian dimasukan air sampai 90% penuh. Untuk mengeluarkan udara yang terjebak dalam butiran pasir, piknometer diputar dan diguling-gulingkan.
 - f. Air ditambahkan hingga piknometer penuh kemudian piknometer ditimbang (B1).
 - g. Pasir dikeluarkan dari piknometer kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 2 x 24 jam sampai beratnya tetap (B2).g.
 - h. Piknometer dibersihkan lalu diisi air sampai penuh kemudian ditimbang (B3).
2. Pemeriksaan gradasi pasir Langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat halus pasir sebagai berikut :

- a. Pasir yang akan diperiksa dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 derajat sampai beratnya tetap.
 - b. Ayakan disusun sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan pada bagian paling atas, yaitu 4,8 mm diikuti dengan ukuran ayakan yang lebih kecil berturut-turut 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, dan 0.15 mm.
 - c. Pasir dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas dan diayak dengan cara digetarkan selama ±10 menit.
 - d. Pasir yang tertinggal pada masing-masing ayakan dipindahkan ketempat atau wadah yang tersedia kemudian ditimbang.
 - e. Gradasi pasir diperoleh dengan menghitung jumlah kumulatif prosentase butiran yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus butiran jalus dihitung dengan menjumlahkan prosentase kumulatif butiran tertinggal, kemudian dibagi seratus.
3. Pemeriksaan kandungan lumpur pada pasir Langkah-langkah pemeriksaan kandu-ngan lumpur untuk agregat halus pasir sebagai berikut :
 - a. Pasir kering oven ditimbang beratnya (B1).
 - b. Pasir dicuci di atas ayakan no. 200.
 - c. Pasir yang tertinggal di atas ayakan dipindahkan pada piring dan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam.
 - d. Pasir dikeluarkan dari oven dan ditimbang.
 4. Pemeriksaan berat jenis batu pecah (Kerikil) Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis batu pecah sebagai berikut:
 - a. Batu pecah dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran yang ada.
 - b. Batu pecah dimasukkan ke dalam oven selama 2 x 24 jam sehingga menjadi kering dan ditimbang beratnya (B1).
 - c. Batu pecah direndam dalam air selama 24 jam, selanjutnya dikeluarkan dan dikeringkan dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka dan ditimbang beratnya (B2).
 - d. Batu pecah kemudian dimasukan ke dalam keranjang kawat dan kemudian ditimbang beratnya kedalam air (B3).
 5. Pemeriksaan gradasi batu pecah Langkah-langkah pemeriksaan gradasi batu pecah adalah sebagai berikut:
 - a. Batu pecah yang akan diperiksa dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 derajat sampai beratnya tetap.

- b. Ayakan disusun sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan dibagian paling atas, yaitu 40 mm diikuti dengan ukuran ayakan yang lebih kecil berturut-turut adalah 20 mm, 10 mm, dan 5 mm.
 - c. Batu pecah dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas dan diayak dengan cara digetarkan selama ± 10 menit.
 - d. Batu pecah yang tertinggal pada masing-masing ayakan dipindahkan pada tempat yang tersedia dan kemudian ditimbang.
 - e. Gradasi batu pecah diperoleh dengan menghitung jumlah kumulatif prosentase butiran yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus dihitung dengan cara menjumlahkan prosentase kumulatif butiran yang tertinggal kemudian dibagi seratus.
6. Pemeriksaan ketahanan aus agregat.
Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan mesin Los Angeles, dengan langkah-langkah sebagai berikut :
- a. Batu pecah dalam kondisi kering mutlak dimasukan kedalam bejana Los Angeles, bersamaan dengan bola-bola baja sesuai dengan gradasinya.
 - b. Mesin ditutup kemudian diputar dengan kecepatan 30 rpm sampai 33 rpm, sebanyak 1000 putaran.
 - c. Batu pecah dikeluarkan dan diayak dengan ayakan $\phi 1.7$ dan ditimbang.
7. Pemeriksaan kekerasan agregat
Dilakukan dengan menggunakan Bejana Rudeloff, dengan langkah- langkah sebagai berikut :
- a. Contoh batu pecah atau agregat kasar ukuran 10 dan 20 mm sebanyak 1,1 liter dalam kondisi kering mutlak dimasukkan ke dalam Bejana Rudeloff.
 - b. Ratakan permukaan batu pecah dalam bejana, kemudian diberi beban 20 ton dalam waktu 90 detik. Setelah beban mencapai 20 ton, ditahan selama 30 detik.
 - c. Batu pecah diambil, kemudian ditimbang beratnya.
 - d. Batu pecah diayak dengan ayakan berdiameter lubang 2 mm.
 - e. Batu pecah yang tertinggal dalam ayakan ditimbang beratnya.
8. Pemeriksaan semen.
Semen diperiksa dengan mengamati secara visual kemasan kantong atau zak dalam keadaan tertutup rapat, bahan butiran halus tidak menggumpal.
9. Pemeriksaan air.

Air diperiksa warna dan kejernihannya secara visual.

H. TAHAP PENGADUKAN BETON, PEMERIKSAAN SLUMP DAN PEMBUATAN BENDA UJI

Hal-hal yang dilakukan pada tahap ini antara lain :

1. Pemeriksaan bahan susun beton
 - a. Membuat agregat dalam keadaan jenuh kering muka dengan cara menyiram agregat dan menutupnya dengan karung basah dan dibiarkan selama 24 jam.
 - b. Menimbang bahan susun yaitu semen, agregat, dan air sesuai dengan berat yang telah ditetapkan dalam perencanaan campuran adukan beton.
 - c. Mempersiapkan kerucut abrams, cetakan beton, dan peralatan lain yang diperlukan.
2. Pengadukan campuran beton.
 - a. Memasukan air sekitar 80% dari yang dibutuhkan kedalam mesin pengaduk kemudian dimasukan agregat campuran dan semen.
 - b. Mesin pengaduk diputar dan sisa air dimasukan sedikit demi sedikit sampai airnya habis dalam waktu tidak kurang dari 3 menit.
 - c. Pengadukan dilakukan sebanyak satu kali untuk setiap macam campuran dan setiap pengadukan dilakukan pemeriksaan nilai slump.
3. Pemeriksaan slump.
 - a. Masukkan adukan beton segar kedalam kerucut abrams dalam tiga lapis. Masing-masing sepertiga dari tinggi kerucut.
 - b. Setiap lapis adukan ditusuk-tusuk dengan batang baja sebanyak 25 kali.
 - c. Setelah lapis beton terakhir selesai ditusuk, kemudian ditunggu selama 30 detik dan kerucut ditarik ke atas.
 - d. Nilai slump adalah selisih tinggi antara kerucut abrams dengan permukaan atas adukan beton setelah kerucut ditarik.
 - e. Pengujian slump dilakukan sebanyak 2 kali untuk setiap pengadukan kemudian hasilnya dirata-rata.
4. Pembuatan benda uji
 - a. Adukan beton dimasukkan dalam cetakan silinder yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalamnya.
 - b. Cetakan diisi dengan adukan beton sebanyak tiga lapis kemudian dipadatkan dengan cara ditusuk-tusuk dengan tongkat pemadat. Untuk setiap lapis adukan beton dilakukan sebanyak 25 kali tusukan secara merata sampai cetakan penuh.

- c. Permukaan beton diratakan dengan tongkat perata sehingga permukaan atas adukan beton rata dengan bagian atas cetakan.

I. TAHAP PERAWATAN BENDA UJI

Sehari setelah beton dicetak, kemudian cetakan dibuka dan benda uji diberi tanda, kemudian benda uji diselimuti karung goni dan disiram air atau direndam didalam bak air dengan periode tertentu.

J. TAHAP PENGUJIAN KUAT TEKAN

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar kuat tekan beton sesuai umur beton rencana yaitu 7, 14, 21, 28 hari. Pada pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menimbang berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
2. Meletakkan benda uji pada Universal Testing Machine.
3. Menghidupkan universal testing machine dan benda uji akan mengalami penambahan beban sehingga dapat dibaca besarnya kekuatan tekan yang ditunjukkan dengan manometer.
4. Benda uji akan retak pada saat beban mencapai maksimum bahkan dapat pula pecah. Pada saat retak, jarum manometer akan berhenti pada titik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengujian agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat pengganti. Hasil rekapitulasi masing-masing pengujian ditunjukkan dalam tabel 5, 6, dan 7 di bawah ini.

1. AGREGAT KASAR

Tabel 4. Hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar (kerikil)

No	Karakteristik		Hasil		Keterangan
	Agregat	Interval	Pengujian		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,68%		Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	24,50%		Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,66%		Memenuhi
4	Berat volume				
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 Kg/Liter	1,65		Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 Kg/Liter	1,77		Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4%	0,57%		Memenuhi
6	Berat jenis spesifik				
	a. Bj. Nyata	1,6-3,3	2,56		Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6-3,3	2,52		Memenuhi
	c. Bj. Kering permukaan	1,6-3,3	2,54		Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0-8,0	7,43		Memenuhi

Sumber. Olahan data 2017

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil untuk pengujian agregat kasar kerikil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur

Dari pengujian agregat kasar diatas dari 2 sampel didapatkan hasil sebesar 0,52 % dan 0,84 % kemudian dirata-ratakan didapatkan hasil 0,68 % yang lebih kecil dari interval 1 % sehingga agregat dapat dijadikan bahan campuran beton.

b. Keausan agregat

Pemeriksaan ketahanan aus agregat kasar menggunakan mesin Los Angeles. Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI (standar nasional Indonesia), interval untuk Keausan yaitu Maks 50%. Jadi nilai persentase Keausan agregat kasar yang diperoleh dari hasil pemeriksaan 2 sampel yaitu 22,80 % dan 26,20 % dan nilai rata-rata adalah 24,50 % sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

c. Kadar air

Dari pengujian kadar air agregat kasar dari 2 sampel sebesar 1,42 dan 1,90 didapatkan nilai rata-rata sebesar 1,66 % yang lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada pencampuran beton.

d. Berat volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar dari 2 sampel didapatkan hasil 1,64 dan 1,66 dan dirata-ratakan didapatkan nilai sebesar 1,65 pada kondisi lepas. Pada keadaan kondisi padat didapatkan hasil dari 2 sampel yaitu 1,77 dan 1,78 yang apabila dirata-ratakan didapatkan hasil sebesar 1,77 lebih kecil dari interval 1,6 - 1,9 kg/liter sehingga agregat dapat dijadikan sebagai bahan pencampuran beton.

e. Penyerapan air

Dari pengujian agregat yang meliputi pengujian penyerapan air agregat kasar didapatkan hasil dari 2 sampel yaitu 0,58 % dan 0,56 % dan dirata-ratakan didapatkan hasil sebesar 0,75% yang lebih kecil dari interval maksimum 4 % sehingga agregat dapat dijadikan bahan pencampuran beton.

f. Berat jenis

Pemeriksaan yang dilakukan pada 2 sampel benda uji, yaitu dengan hasil 2,55 dan 2,47 kemudian dirata-rata didapatkan hasil sebesar 2,56 untuk berat jenis nyata. Berat jenis dasar kering didapatkan nilai rata-rata sebesar 2,52. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian

sebesar 2,54 lebih kecil dari interval 1,6 – 3,3 sehingga agregat dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Kekerasan agregat

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar (kerikil) SNI (standard nasional Indonesia), interval untuk Modulus Kehalusan yaitu berada antara 6,0 - 8,0. Yang diperoleh dari hasil pemeriksaan 2 sampel yaitu 7,42 dan 7,44 Jadi nilai Modulus Kehalusan yang diperoleh dari hasil rata-rata pemeriksaan yaitu 7,43 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan agregat tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

2. AGREGAT HALUS

Tabel 6. Hasil rekapitulasi pengujian agregat halus (Pasir)

No	Karakteristik	Hasil		Keterangan
		Interval	Pengujian	
1	Agregat			
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2,80%	Memenuhi
2	Kadar organik	Maks < No. 3	No.2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2,99%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 Kg/Liter	1,46	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 Kg/Liter	1,59	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 0,2%- 2%	1,01%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Nyata	1,6-3,3	2,43	Memenuhi
	b. Bj. Dasar kering	1,6-3,3	2,37	Memenuhi
	c. Bj. Kering permukaan	1,6-3,3	2,39	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50-3,80	2,28	Memenuhi

Sumber: Olahan data 2017

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil untuk pengujian agregat kasar kerikil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur

Dari pengujian agregat kasar diatas dari 2 sampel didapatkan hasil sebesar 3,2% dan 2,40% kemudian dirata-ratakan didapatkan hasil 280% yang lebih kecil dari interval 5 % sehingga agregat dapat dijadikan bahan campuran beton.

b. Kadar Organik

Pemeriksaan Kadar Organik untuk mengetahui kandungan lumpur yang ada pada agregat tersebut. Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus SNI (standar nasional Indonesia), interval untuk Keausan yaitu Min. Jadi nilai persentase kadar lumpur agregat halus yang diperoleh dari hasil pemeriksaan 2 sampel No 2 dan sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

c. Kadar air

Dari pengujian kadar air agregat halus dari 2 sampel sebesar 3,73 dan 2,25 didapatkan nilai rata-rata sebesar 2,99% yang lebih kecil dari 2%- 5% sehingga agregat kasar dapat digunakan pada pencampura beton.

d. Berat volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar dari 2 sampel didapatkan hasil 1,46 dan 1,45 dan dirata-ratakan didapatkan nilai sebesar 1,46 pada kondisi lepas. Pada keadaan kondisi padat didapatkan hasil dari 2 sampel yaitu 1,58 dan 1,59 yang apabila dirata-ratakan didapatkan hasil sebesar 1,59 lebih kecil dari interval 1,4 – 1,9 kg/liter sehingga agregat dapat dijadikan sebagai bahan pencampuran beton.

e. Penyerapan air

Dari pengujian agregat yang meliputi pengujian penyerapan air agregat kasar didapatkan hasil dari 2 sampel yaitu 1,01% dan 1,01% dan dirata-ratakan didapatkan hasil sebesar 1,01 % yang lebih kecil dari interval maksimum 0,2% - 2% sehingga agregat dapat dijadikan bahan pencampuran beton.

f. Berat jenis

Pemeriksaan yang dilakukan pada 2 sampel benda uji, yaitu dengan hasil 2,36 dan 2,50 kemudian dirata-rata didapatkan hasil sebesar 2,43 untuk berat jenis nyata. Berat jenis dasar kering didapatkan nilai rata-rata sebesar 2,37. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,39 lebih kecil dari interval 1,6 – 3,3 sehingga agregat dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus (pasir) SNI (standard nasional Indonesia), interval untuk Modulus Kehalusan yaitu berada antara 1,50 – 3,80. Yang diperoleh dari hasil pemeriksaan 2 sampel yaitu 2,25 dan 2,30 Jadi nilai Modulus Kehalusan yang diperoleh dari hasil rata-rata pemeriksaan yaitu 2,28 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi bahan agregat tersebut dapat dipakai untuk bahan campuran beton.

B. JUMLAH KEBUTUHAN BAHAN SUSUSN BETON

Perencanaan adukan beton dihitung dengan cara Laboratorium yaitu dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Perbandingan kebutuhan semen, kerikil, pasir dan air untuk 1 m³ adalah

1. Semen = 585,71 Kg
2. Kerikil = 850,28 Kg
3. Pasir = 600,33 Kg
4. Air = 183,68 Kg
5. Bentonit 10 %, 25 % dan 50 % dan dari berat semen

Analisa kebutuhan semen, kerikil pasir, dan air untuk 12 selinder beton dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm

$$1. \text{ Volume 12 selinder} = 12 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 = 0,063585 \text{ m}^3$$

Sehingga kebutuhan untuk 12 selinder adalah:

$$\text{Semen} = 0,063585 \times 585,71 \text{ Kg}$$

$$= 34,24 \text{ Kg}$$

$$\text{Kerikil} = 0,063585 \times 850,28 \text{ Kg}$$

$$= 54,06 \text{ Kg}$$

$$\text{Pasir} = 0,063585 \times 600,33 \text{ Kg}$$

$$= 38,17 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,063585 \times 183,68 \text{ Kg}$$

$$= 11,689 \text{ Kg}$$

Bentonit = (Variasi campuran / 100 % x Berat semen) x pebandingan semen dengan bentonit

$$\text{- variasi 10 \%} = (10 / 100 \times 36,899 \text{ Kg}) \times 0,641 \text{ Kg} = 2,364 \text{ Kg}$$

$$\text{- variasi 25 \%} = (25 / 100 \times 36,899 \text{ Kg}) \times 0,641 \text{ Kg} = 5,912 \text{ Kg}$$

$$\text{- variasi 50 \%} = (50 / 100 \times 36,899 \text{ Kg}) \times 0,641 \text{ Kg} = 11,825 \text{ Kg}$$

$$\text{variasi 100 \%} = (100 / 1 \times 36,899 \text{ Kg}) \times 0,641 \text{ Kg} = 23,652 \text{ Kg}$$

$$\text{- Untuk beton normal (100 \% semen)} = 585,71 \text{ Kg} \times 0,063 \text{ m}^3 = 36,899 \text{ Kg}$$

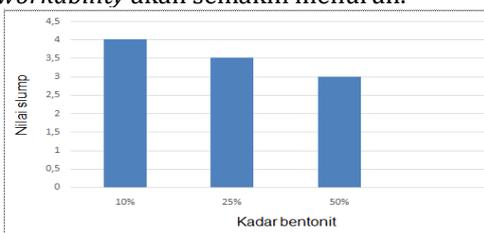
C. KELECEKAN ADUKAN

Pada penelitian ini, pemeriksaan nilai slump yang dilakukan diperoleh hasil seperti pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7 :Hasil pengukuran nilai slump

Pencampuran	Kadar Bentonit	Hasil Pengamatan
1	10 %	4 cm
2	25 %	3,5 cm
3	50 %	3 cm

Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin banyak jumlah bentonit yang dicampurkan dalam adukan beton, maka nilai *workability* akan semakin menurun.



Gambar 6 :Hubungan antara kadar bentonit dengan nilai slump

Dari penelitian diatas, tampak bahwa nilai slump turun dengan bertambahnya kadar bentonit, hal ini terjadi karena dengan jumlah pasta semen (jumlah air dan semen) yang tetap namun terjadi penambahan bahan yang dapat mengurangi keenceran atau menambah kekentalan adukan beton. Menurut Suroso (2001: 89) dengan tebalnya lapisan pasta pada setiap butir agregat mengakibatkan pergeseran antar butir agregat lebih mudah terjadi, sehingga tampak lebih encer dan mempunyai nilai slump yang lebih tinggi. Tabel 8. Jumlah kebutuhan bahan susun beton untuk 12 silinder

D. Kuat tekan beton

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji umur 7, 14, 21 dan 28 hari sebanyak 36 sampel dengan 3 variasi penambahan bentonit yaitu 10 %, 25 % dan 50 %. Hasil pengujian dapat dilahat secara lengkap pada tabel 8, 9, 10 dan 11.

Tabel 8 : Hasil pengujian kuat tekan sampel 10 % bentonit.

No. Sampel	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan f _c (Mpa)
1	7	11,765	310	17,551
2	7	11,855	360	20,382
3	7	11,945	400	22,647
4	14	11,870	350	19,816
5	14	11,925	380	21,515
6	14	12,060	430	23,345
7	21	11,850	350	25,478
8	21	11,635	390	22,081
9	21	11,525	355	20,099
10	28	11,585	390	22,081
11	28	11,825	415	23,496
12	28	11,985	470	26,610
Rata-rata		11,827	392	22,175

Dari data hasil pengujian tekan beton diatas dapat diketahui bahwa untuk pengujian tekan beton umur 7, 14, 21, 28 hari dengan penambahan bentonit sebesar 10 % dengan jumlah benda uji yaitu 12 silinder diperoleh hasil untuk rata-rata kuat tekan sebesar 22,175 (Mpa).

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan sampel 25 % bentonit.

No. Sampel	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan f _c (Mpa)
1	7	11,550	250	14,154
2	7	11,425	240	13,588
3	7	11,275	230	13,022
4	14	11,370	285	16,136
5	14	11,255	310	17,551
6	14	11,260	325	18,401
7	21	11,365	320	18,117
8	21	11,365	335	18,967
9	21	11,360	350	19,816
10	28	11,390	300	16,985
11	28	11,370	270	15,287
12	28	11,355	240	13,588
Rata-rata		11,362	288	16,301

Dari data hasil pengujian tekan beton diatas dapat diketahui bahwa untuk pengujian tekan beton umur 7, 14, 21, 28 hari dengan penambahan bentonit sebesar 25 % dengan

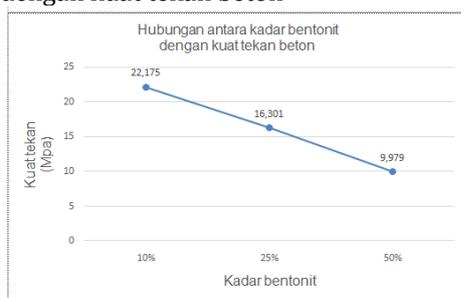
jumlah benda uji yaitu 12 silinder diperoleh hasil untuk rata-rata kuat tekan sebesar 16,301 (Mpa).

Tabel 10 : Hasil pengujian kuat tekan sampel 50 % bentonit

No. Sampel	Umur (Hari)	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Kuat Tekan f _c (Mpa)
1	7	10,520	160	9,059
2	7	10,785	130	7,360
3	7	10,875	105	5,945
4	14	10,710	130	7,360
5	14	10,285	155	8,776
6	14	10,155	190	10,757
7	21	10,465	195	11,040
8	21	10,690	220	12,456
9	21	10,805	250	14,154
10	28	10,500	240	13,588
11	28	10,585	190	10,757
12	28	10,650	150	8,493
Rata-rata		10,585	176,260	9,979

Dari data hasil pengujian tekan beton diatas dapat diketahui bahwa untuk pengujian tekan beton umur 7, 14, 21, 28 hari dengan penambahan bentonit sebesar 50 % dengan jumlah benda uji yaitu 12 silinder diperoleh hasil untuk rata-rata kuat tekan sebesar 9,979 (Mpa).Berikut ini adalah gambar grafik hubungan antara kadar bentonit dengan kuat tekan beton. Untuk mengetahui hubungan yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 7 dibawah. Dari hasil penelitian dibawah dapat diketahui bahwa penambahan bentonit pada campuran betondapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Semakin kecil persentase kadar bentonit maka kuat tekan betonakan mengalami peningkatan.

Gambar 7 :Hubungan antara kadar bentonit dengan kuat tekan beton



Berdasarkan data penelitian diatas untuk kadar bentonit 10 % rata-rata kuat tekan betonsebesar (22,175 Mpa), untuk kadar bentonit 25 % rata-rata kuat tekan beton sebesar (16,301 Mpa). Sedangkan untuk kadar bentonit 50 % rata-rata kuat tekan beton sebesar (9,979 Mpa). Sehingga kuat tekan tertinggi terjadi pada kadar bentonit 10 % dan kuat tekan beton terendah terjadi pada kadar bentonit 50 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, I. (1999), Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI-T-17-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Duff Abrams, (1919), Rumus hubungan antara factor air semen dengan kuat tekan beton.
- Gani, M.S.J. *Cement and Concrete*. Chapman & Hall, Melbourne.
- Ilmu-konstruksi. 2012/11, pengertian beton, jenis beton, kelebihan beton. ([http : //www.ilmu-konstruksi.blogspot.com](http://www.ilmu-konstruksi.blogspot.com))
- Mulyono, T. (2003), Teknologi Beton. Andi, Yogyakarta.
- PU Departemen. (2003). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SNI 03-2834-1993, Badan Penelitian Dan Pengembangan Jakarta.
- Raldi Artono Koestoer, 2010, Sekilas Mengenai Bentonit.
- Riyanto, A, 1994, Bahan Galian Industri Bentonite, PPTM, Bandung.
- Samekto dan Rahmadiyanto, (2001), Teknologi Beton, Kanisius, Yogyakarta.
- Samad, A, Salima, R, Lydia, E. L., & Shankar, K. (2020). Definition and Features of Rural Marketing Strategies for Encourage Development in Rural Areas. *TEST Engineering & Management*, 82, 4983-4988.
- Suroso, H. (2001), Pemanfaatan Pasir Pantai Sebagai Bahan Agregat Halus Pada Beton, Skripsi, Universitas Gadjadara, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, (1996), Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.
- Tjokrodimulyo, K. (1996) Teknologi Beton, Nafiri, Yogyakarta.
- Tosima sipil. 2013/07, Teknologi bahan konstruksi. ([http : //www.tosimasipil.blogspot.com](http://www.tosimasipil.blogspot.com))
- Wospakrik, Hans. (1996), Mekanika Bahan. Erlangga, Surabaya.
- Wahyudi, M. H. (2009). Studi Penelitian Pengaruh Penambahan Bentonit Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. Sekolah Tinggi Teknik, Jakarta.