BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang sangat penting dan banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur. Konstruksi beton bisa dijumpai dalam pembuatan bendungan, perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), jembatan, pipa saluran, dan gedung-gedung pencakar langit. Kebutuhan beton akan terus meningkat seiring mengikuti perkembangan zaman. Pentingnya peranan konstruksi beton menuntut pada kualitas beton sehingga penggunaan mutu beton dengan kuat tekan yang tinggi menggunakan bahan yang memadai dan tentunya ekonomis.

Beton adalah campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen, dan air serta ditambahkan dengan zat aditif jika diperlukan. Bahan penyusun utama dalam pembuatan beton salah satunya adalah semen. Kini industri semen telah mengeluarkan produk yang ramah lingkungan tanpa mengurangi mutu beton yang dihasilkan yaitu Portland Cement Composite (PCC), semen PCC saat ini banyak digunakan oleh konsumen konstruksi, sementara Ordinary Portland Cement (OPC) sudah jarang digunakan, dikarenakan harga yang mahal dan tidak lebih ramah lingkungan dibandingkan semen PCC.

Berdasarkan SNI-15-2049-2015 tentang spesifikasi semen Portland, *Portland Composite Cement* (PCC) didefinisikan sebagai pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama sama klinker semen Portland dan gypsum dengan satu atau

lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bahan organik lain. Bahan anorganik antara lain pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari massa semen. Dari uraian tersebut maka PCC termasuk kedalam kategori special blended cement yang memilki spesifikasi berbeda dengan semen OPC.

Ordinary Portland Cement (OPC) didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digililing bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Betonmix merupakan cairan bening serbaguna untuk meningkatkan kualitas adukan beton. Berupa cairan siap pakai, betonmix bermanfaat untuk mengurangi penggunaan air, meningkatkan plastisitas adukan, dan mempercepat pengerasan beton (beton berumur 7-14 hari setara dengan beton berumur 28 hari).

Latar belakang yang mendasari dilakukannya penelitian dengan judul "**Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Yang Menggunakan Semen OPC Dan Semen PCC Dengan Campuran Zat Additive Beton Mix**" adalah untuk mencari bahan campuran di dalam proses pembuatan beton dengan mengunakan semen OPC dan semen PCC dengan campuran zat additive BetonMix. Diharapkan dengan tambahan zat additive BetoMix mampu untuk mengurangi kadar air yang digunakan tanpa mengurangi kekuatan betonnya, sehingga dari segi ekonimisnya dapat ditekan biaya seefisien mungkin.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah beton antara semen OPC dan PCC?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan dan tarik belah beton terhadap semen OPC dan semen PCC yang telah ditambahkan zat additive BetonMix?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah beton antara semen OPC dan PCC
2. Untuk mengetahui pengaruh kuat tekan dan tarik belah beton terhadap semen OPC dan semen PCC yang telah ditambahkan zat additive BetonMix

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) diambil di PT. Semen Tonasa, Kec. Minasatene, Kabupten Pangkajene Dan Kepulauan, Sulawesi Selatan.
2. Perencanaan campuran beton sesuai SNI 7656:2012.
3. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 25 Mpa.
4. Ketentuan bahan pada penelitian ini antara lain :
    a. Semen yang digunakan adalah semen OPC dan PCC
    b. Menggunakan zat additive Betonmix
5. Jumlah variasi ada 4 yaitu Beton Normal, Semen OPC, Semen OPC + Betonmix 500ml, Semen PCC + Betonmix 500ml.

6. Pengujian yang dilakukan pada uji selinder adalah kuat tekan.
7. Standar pengujian kuat tekan benda uji menggunakan SNI 1974:2011.
8. Nilai slump yang digunakan 75 – 100 mm dan pengujian *slump* dilakukan sesuai dengan SNI 1972:2008.

E. Maafaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu pandangan dan bukti nyata tentang penggunaan semen OPC dan PCC pada campuran beton yang memiliki nilai ekonomis karena cara mendapatkanya mudah dan harganya relatif murah.
2. Dapat memberikan pengetahuan tentang menggunaan semen OPC dan semen PCC dengan campuran zat additive terhadap kuat tekan.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terutama dalam bidang konstruksi.
4. Dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk acuan penelitian yang berkaitan dengan Analisis perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan semen OPC dan semen PCC dengan campuran zat additive selanjutnya.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebgai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori-teori yang menyangkut tentang penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai metode metode yang akan digunakan dalam penelitian baik dari jenis penelitiannya, tahapan, bagan alir serta lain sebagainya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil yang telah dicapai dari penelitian yang telah dilakukan dari hasil uji laboratorium.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari seluruh penulisan, serta saran-saran yang dikemukakan berupa sumbangan pemikiran penulis tentang permasalahan tersebut diatas.

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan bahan kontruksi yang banyak digunakan yang diperoleh dengan mencampurkan semen portland, agregat kasar, agregat halus, dan air dan kadang ditambahkan additive admixture bila diperlukan (aman subakti, 1995).

Sifat-sifat beton dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Bahan-bahan pilihan itu adalah ikatan keras yang ditimpulkan reaksi kimia antara semen dan air serta di mana semen yang mengeras itu beradhesi dengan baik maupun kurang baik. Agregat boleh berupa kerikil dan batu pecah, sisa-sisa bahan mentah tambang, agregat ringan buatan, dan pasir.

1. Klasifikasi Beton

Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 (dua) kelompok, yaitu:

a. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 (tiga) kelas, yaitu:

1) Beton kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktutral. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.

2) Beton kelas II

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil pemeriksaan benda uji.

3) Beton kelas III

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2. 1 Kelas Dan Mutu Beton (Sumber: Mulyono. T, 2004)

Kelas	Mutu	σ' Bk (Kg/cm^2)	σ' Bm (Kg/cm^2)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatasn agregat tekan	
II	B_0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B_1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 (enam) jenis, yaitu :

1. Beton ringan

Merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440 – 1850 kg/m3, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m3 – 2400 kg/m3 dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m3. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4. Beton Massa (*mass concrete*)

Beton massa dinamakan karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. *Ferro cement*

Ferro cement suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

2. Kelebihan dan kekuragan beton

Beton mempunyai fungsi yang penting dalam suatu bangunan kontruksi yang digunakan baik untuk struktur rumah tinggal, gedung bertingkat, dan berbagai macam infrastruktur yang lain.

a. Beton kelebihannya antara lain:
    1) Dalam suatu pembebanan, beton lebih banyak menahan tekan sedikit sekali menahan tarik. Karakeristik lainnya tahan pada keadaan korosi serta pembusukan dalam situasi lingkungan.
    2) Harga beton relatif lebih hemat kalau diperbandingkan dengan harga baja.
    3) Beton relatif lebih murah dalam hal perawatan, lebih tahan terhadap aus serta lebih tahan terhadap kebakaran.
    4) Bentuk beton bisa bervariatif sesuai dengan tempatnya karena diawali dalam bentuk beton segar yang mudah dibentuk sesuai apa yang direncanakan.

5) Beton juga sangat mudah untuk diperbaiki ketika retak yaitu dengan mengisikan beton segar ke dalam suatu retakan yang terjadi, selain dengan cara diisi, juga bisa disemprotkan.
6) Dalam pengecoran, beton tidak selalu dibawa secara manual, tapi bisa dengan memakai pompa yaitu dengan memompa beton segar, sehingga dengan menggunakan material beton sangat mudah dijangkau ketika pembangunan gedung berlantai tinggi, dan tidak perlu menggunakan tenaga manusia untuk mengangkat beton segar dari lantai dasar ke lantai atas

b. Selain kelebihan, beton juga memiliki kekurangan seperti :
1) Beton sangat sedikit menahan tarik, sehingga ketika berdiri sendiri cenderung mengalami retak ketika di bebani. Karena kelemahan ini, dalam berdiri menjadi sistem struktur beton diberi tulangan sehingga disebut beton bertulang. Selain itu beton bisa di beri tendon dan disebut dengan beton prategang.
2) Beton yang sudah mengeras rentan terjadi susutan dan pengembangan bila terjadi suatu perbedaan suhu, oleh karenanya diperlukan untuk membuat dilatasi sehingga bisa mencegah suatu retak yang diakibatkan dengan adanya perbedaan suhu dalam lingkungan.
3) Beton perlu dikerjakan dengan ketelitian tinggi untuk bisa memperoleh beton kedap air yang sempurna.
4) Pada daerah daerah rentan gempa butuh suatu bangunan yang daktail, sehingga ketik

3. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton

Faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah:

a. Umur beton

Karena semakin lama umur beton maka peningkatan kuat tekannya pun akan semakin menurun, hal ini tidak dapat dilihat pada umur beton muda seperti 28 hari karena biasanya pada umur tersebut beton masih mengalami peningkatan, tetapi jika beton sudah berumur 360 hari ke atas baru akan terlihat penurunan tersebut.

b. Workability pada saat pengerjaan beton

Karena biasanya pada beton normal beton yang memiliki workability yang tinggi akan cenderung mengalami segregasi dan bleeding yang menyebabkan nilai kuat tekannya pun menurun.

c. Gradasi butiran

Pada saat pembuatan sampel beton tentu dibutuhkan gradasi yang tidak seragam dari gradasi yang paling kecil hingga besar untuk mengisi rongga-rongga atau celah pada saat pembuatan cetakan/silinder beton. Hal ini sangat berpengaruh karena jika jumlah gradasi agregat kasar yang seragam terlalu besar maka rongga-rongga pada beton tidak akan tertutup sempurna dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang atau keropos pada bagian beton yang akan berakibat pada kekuatan beton yang menurun.

d. Perawatan beton *(curing)*

Perawatan beton adalah proses yang bertujuan untuk menjaga suhu pada saat proses hidrasi.

e. Kadar semen

Karena semakin tinggi kadar semen dalam beton, Maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.

f. *Admixture*

Penggunaan bahan tambah seperti *pozzolan* dan *Superplasticizer* yang membantu meningkatkan workabilitas dan proses hidrasi semen dapat meningkatkan kuat tekan beton.

g. Porositas

Beton yang memiliki porositas tinggi akan memiliki kuat tekan yang rendah, sebaliknya beton yang lebih padat akan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi

B. Material Penyusun Beton

1. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Agregat dapat mengisi kurang lebih 70% - 75% volume beton atau mortar. Meskipun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton atau mortarnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton/mortar.

Untuk membedakan jenis agregat yang sering dilakukan lalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat dengan ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedang yang berbutir kecil disebut agregat halus. Sebagai batas antara ukuran butiran yang kasar dan yang halus umumnya diambil 4,8 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,8 mm disebut agregat kasar, dan agregat yang lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

Agregat dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang di dapat secara alami atau buatan:

a. Agregat halus (pasir)

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil deintegrasi alami dari batuan atau berupa pasir batuan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Ukuran butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 mm dan 4,8 mm. Pasir yang baik adalah apabila butir-butimya tajam dan kasar, tidak mengandung lumpur lebih 5 %, serta bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik 3.4. matahari dan hujan.

Tabel 2. 2 Batas Gradasi Agregat Halus (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	**Persen Butiran Yang Lewat Ayakan**			
	Zona I (Pasir Kasar)	**Zona II (Pasir Agak Kasar)**	**Zona III (Pasir Agak Halus)**	**Zona IV (Pasir Halus)**
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	5-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

b. Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Ukuran butir kerikil berkisar antara 4,8 mm dan 40 mm. Agregat kasar/ kerikil yang baik adalah apabila butir-butinya keras dan tidak berpori. Tidak boleh mengandung

lumpur lebih dari mass 1%, serta zat-zat yang reaktif alkali. Bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, sepert, terik matahari dan hujan. Butir-but.r yang berbentuk pipih tidak lebih dan 20% dari agregat seluruhnya.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan meningkat. Sebaliknya apabila butirannya bervariasi akan menyebabkan volume pori yang kecil. Hal ini dikarenakan butiran berukuran kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit.

Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Kasar (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	**Persen Butiran Yang Lewat Ayakan**		
	Zona I (38-4,76)	**Zona II (19-4,76)**	**Zona III (9,6-4,76)**
38,1	95-100	100	
19	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

2. Semen Portland Composite (PCC)

*Semen Portland Composite***,** Adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gyps dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain Terak Tanur Tinggi (*blast Furnace Slag*), pozzolan, senyawa silicat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% – 35 % dari massa semen portland komposite.

Tabel 2. 4 Bahan-bahan Utama Penyusun Semen Portland (Sumber: Mulyono 2004)

No.	Oksida	Persentase
1	Kapur (Ca 04)	60 – 65
2	Silika (SiO2)	17 – 25
3	Aluminia (Al2O3)	3 – 8
4	Besi (Fe2O3)	0,5 – 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 – 4
6	Sulfur (SO3)	1 – 2
7	Soda / Portash (Na2O + K2O)	0,5 – 1

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suaru massa yang kompak/padat, serta untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Ditinjau dari tujuan pemakaiannya semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 tipe (PUBI, 1982).

a. Tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
b. Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaanya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
c. Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaanya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
d. Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaanya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
e. Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaanya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

a. Karakteristik Portland Composite Cement (PCC)

1. Lebih mudah dikerjakan,
2. Kedap air
3. Tahan sulfat, dan
4. Tidak mudah retak.
5. Material ini terdiri dari beberapa unsur diantaranya terak, gypsum, dan bahan anoraganik.

b. Sifat - Sifat yang dimiliki Semen (PCC)

1. Mempunyai panas hindrasi rendah sampai sedang
2. Tahan terhadap serangan sulfat
3. Kekuatan tekan awal kurang, namun kekuatan akhir lebih tinggi
4. Ditinjau dari sifat yang dimiliki oleh Semen PCC maka semen tersebut dapat digunakan sebagai alternatif atau pengganti semen portland tip II,IV atau V.

c. Keunggulan dan kekurangan semen PCC (*Portland Cement Composite)*

Adapun keunggulan semen PCC antara lain :

1. Daya rekat lebih baik.
2. Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak.
3. Lebih kedap air.
4. Hasil akhir kuat dan permukaan lebih halus.

Adapun kekurangan semen PCC antara lain :

1. Kuat tekan mencapai optimum pada umur diatas 28 hari bisa 56 hari atau 90 hari tergantung dari jumlah bahan tambahan dalam semen.

2. Konsistensi beton besar dipengaruhi konsistensi bahan tambahan semen pada PCC dan OPC.
3. Untuk mengejar kuat tekan pada umur 28 hari maka biasanya penggunaan semen PCC lebih banyak 20-50kg/m^3 dibanding semen OPC.

3. Semen Ordinary Portland Cement (OPC)

Ordinary Portland Cement (OPC) didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digililing bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen Portland Tipe I (*Ordinary Porland Cement*) memenuhi SNI 15-2049-2004 ASTM C150-07 BS 12-1996 JISR5210-1981, Semen ini digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yaitu: tidak memerlukan ketahanan sulfat tidak memerlukan persyaratan panas hydrasi tidak memerlukan kekuatan awal tinggi.

Memenuhi SNI 15-2049-2004 : Standar ini meliputi ruang lingkup, acuan normatif, istilah dan definisi, jenis dan penggunaan, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, syarat lulus uji, pengemasan, syarat penandaan, penyimpanan dan transportasi dari semen portland. Semen ini digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yaitu : tidak memerlukan ketahanan sulfat, tidak memerlukan persyaratan panas hydrasi dan tidak memerlukan kekuatan awal yang tinggi.

Berikut klasifikasi dibagi menjadi 5 jenis:

a. Jenis 1 merupakan lahan pelabuhan untuk penggunaan umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus.
b. Jenis 2 mampu menahan hidrasi dan asam sulfat.
c. Jenis 3 adalah Portland yang membutuhkan kekuatan tinggi pada tahap awal setelah pengikatan.
d. Jenis 4 adalah semen yang membutuhkan hidrasi yang rendah.
e. Jenis 5 adalah semen Portland dengan kebutuhan asam sulfat yang tinggi

Tabel 2. 5 Komposisi Kimia untuk Tipe Semen OPC (Sumber: Repository)

Kandungan Kimia (%)	I	II	III	IV	V
Kapur (CaO)	63,2	63,1	64,3	62,2	64,1
Silicon Dioksida (SiO_2)	21,3	22,3	20,4	24,3	25,0
AlumuniumOksida(Al_2O_3)	6,0	4,7	5,9	4,3	3,4
Ferrie Oksida (Fe_2O_3)	2,7	4,3	3,1	4,1	2,8
Magnesium Oksida (MgO)	2,9	2,5	2,0	1,8	1,9
Sulfur Trioksida (SO_3)	1,8	1,7	2,3	1,9	1,6

a. Karakteristik

Cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

b. Keunggulan dan kekurangan semen OPC (*Ordinary Portland Cement)*

Adapun keunggulan semen OPC antara lain:

1. OPC paling cocok untuk digunakan dalam konstruksi beton umum bila tidak ada paparan sulfat di dalam tanah atau air tanah.

2. Semen Portland biasa lebih mudah ditangani daripada PCC karena PCC lebih baik daripada OPC.
3. Waktu Curing OPC lebih pendek dari PCC. Oleh karena itu, biaya penyembuhan berkurang, sehingga biaya penyembuhan dianjurkan bila dibatasi.

Adapun kekurangan semen OPC antara lain:

1. Ketahanannya terhadap bahan kimia agresif, alkali, sulfat, dan klorida kurang dari PCC, sehingga bisa dikatakan OPC kurang tahan lama dibanding PCC.
2. Menghasilkan beton yang kurang kohesif dibandingkan dengan PCC, jadi pompa beton akan sedikit lebih keras, jika tidak senyawa harus digunakan untuk meningkatkan efisiensinya.
3. Kelemahan utama OPC adalah emisi CO2 tingkat tinggi. Ini berbahaya bagi lingkungan.
4. Tidak direkomendasikan untuk plesteran karena dikenal dapat menyebabkan retak susut karena kekuatannya yang tinggi dan panas hidrasi yang tinggi.
5. OPC lebih mahal daripada PCC.

4. Air

Dalam suatu adukan beton, air mempakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air digunakan untuk menjadi bahan pelincir antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air diperlukan hanya sekitar 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai

faktor air-semen yang dipakai jarang sekali kurang dari 30 %, selebihnya digunakan sebagai pelincir. Secara umum, air dapat digunakan sebagai bahan pancampur beton adalah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang memakai air suling.

Syarat-syarat air yang dapat digunakan sebagai pencampur beton adalah sebagai berikut:

a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainya) lebih dari 2 gram/ liter.
b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik, dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter.
c. Tidak mengandung khlorida (CI) lebih dri 0,5 gram/liter
d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan menurunkan mutu dan mengakibatkan beton mengalami bleding, yaitu air akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada:

a. Mutu beton.
b. Sifat workability adukan beton.
c. Besar kecilnya nilai susut beton.
d. Kelangsungan reaksi hydrasi semen Portland.

e. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur beton adalah air yang bila digunakan akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk penggunaan air sebagai bahan campuran beton (Tjokrodimuljo, 1992).

Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk beton :

a. Air tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, kadar organis atau bahanbahan yang lain dapat merusak beton atau baja tulangan.
b. Apabila ada keraguan tentang air, dianjurkan membawa contoh air tersebut ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan untuk diperiksa.
c. Apabila pemeriksaan di lembaga tersebut tidak dapat dilakukan, maka air dapat dipakai asal campuran beton yang memakai air tersebut harus mempunyai kekuatan tekan paling sedikit 90 % dari kekuatan beton yang memakai air suling pada umur 7 hari dan 28 hari.

C. Material Alternatif

A. Zat additive Betonmix

Betonmix adalah jenis merk bahan tambah kimia yang sifatnya untuk pengurang kadar air (*waterreducer*) dan pemercepat waktu ikat (*accelerator*). Sesuai dengan namanya (*water reducer*), admixture jenis ini berguna untuk mengurangi air campuran tanpa mengurangi *workability*. *Admixture* ini juga dapat mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton tanpa menurunkan nilai slump.

Betonmix dapat digunakan ½ sampai 1 kg per zak (50 kg) semen. Jenis ini berfungsi untuk mengurangi air campuran tanpa mengurangi *workability* beton. *Admixture* ini juga mampu mempercepat proses pengikatan dan pengerasanbeton, dalam 7-14 hari umur setara dengan kuat tekan beton 28 hari beton tanpa menurunkan nilai *slump*. Bahan yang terkandung dalam bahan tambah betonmix ialah *accelerator* berbahan dasar kalsium klorida atau kalsium format. Tetapi penggunaannya dibatasi hanya pada beton/mortar tanpa tulangan saja, karena berpotensi mempengaruhi korosi pada tulangan.

Adapun keungulan betonmix sebagai berikut:

a. Meningkatkan mutu beton

   Dengan menggunakan Betonmix, penggunaan air dapat dikurangi tanpa mempengaruhi daya alir beton (kemudahan aplikasi atau slump) sekaligus meningkatkan kuat tekan beton. Penambahan Betonmix ke adukan beton dapat mengurangi penggunaan air hingga 30 persen dari kebutuhan air normal dan mempengaruhi peningkatan kuat tekan beton hingga 20 persen ketika beton berumur 28 hari.

b. Mempercepat pengerasan beton

   Beton berusia 7-14 hari yang telah dicampur dengan Betonmix memiliki kuat tekan yang setara dengan beton tanpa Betonmix berusia 28 hari.

c. Mempermudah pengecoran beton

   Untuk memudahkan pengerjaan pengecoran, Betonmix dapat ditambahkan ke dalam adukan. Slump beton akan meningkat tanpa

menurunkan kuat tekan beton yang dihasilkan. Beton yang mengalir dibutuhkan untuk pengerjaan cor beton seperti area yang sangat luas, beton dengan sistem tulangan yang rapat, kolom yang tinggi, luas penampang yang kecil, dan pengecoran dengan menggunakan pompa beton. Cairan Betonmix menjadikan beton bersifat self-compacting atau mampu memadat dengan sendirinya sehingga hasil cor menjadi lebih padat dan tidak keropos.

d. Meningkatkan kekedepan air

Beton yang lebih padat memiliki pori-pori yang jarang dan lebih kecil. Ini membuat air tidak meresap ke dalamnya sehingga beton lebih kedap air serta meminimalikan masalah rembes dan bocor pada kemudian hari.

B. Semen *Portland Cement* (PCC)

Semen adalah suatu bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Dalam pengertian umum, semen adalah suatu binder, suatu zat yang dapat menetapkan dan mengeraskan dengan bebas, dan dapat mengikat material lain. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004).

Jenis semen yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah semen Portland. Semen Portland atau Portland Cement (PC) menurut SNI 15-2049-2004 adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling

bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Semen Portland (sering disebut sebagai OPC, singkatan dari Ordinary Portland Cement) adalah jenis yang paling umum dari semen yang digunakan secara umum di seluruh dunia karena merupakan bahan dasar beton , mortar , plester.

C. Mix Design Beton

Mix Design atau yang biasa dikenal dengan istilah rencana campuran beton adalah pemilihan bahan campuran beton dengan mempertimbangkan kuantitas atau perbandingan dari setiap materialnya agar beton mencapai kualitas yang disyaratkan. Adapun indikator kualitas beton didasarkan pada mutu, kekuatan, kemudahan pekerjaan dan nilai ekonomis yang dihasilkan. Rancangan campuran beton normal berdasarkan SNI 7656:2012.

Salah satu material yang paling sering digunakan dalam industri konstruksi adalah beton. Material ini biasanya dipakai untuk pembangunan pondasi bangunan seperti jembatan, Gedung, dan jalan layang (flyover). Sebelum digunakan, maka beton harus dinilai dulu kualitas atau mutunya, caranya dengan menentukan standard deviasi (S) pada beton tersebut. Secara definisi, Standar Deviasi adalah metode analisa tingkat mutu dengan mengukur nilai deviasi (penyimpangan) pada beton. Jika penyimpangan (deviasi) pada beton nilainya besar maka nilai kuat tekan beton akan semakin kecil. Berikut rumus menghitung standar deviasi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi - Xrt)^2}{(n-1)}} \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan: $\sum$: Sigma (penjumlahan)

Xi : Data kuat tekan masing-masing benda uji

Xrt : Data kuat tekan rata-rata dari semua benda uji

n : Jumlah benda uji

D. Sifat-Sifat Mekanis Beton

Sifat mekanis jangka pendek dan jangka panjang. Sifat mekanis jangka pendek, yaitu kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat geser beton, dan modulus elastisitas beton. Sedangkan untuk sifat mekanis jangka panjang, yaitu rangkak dan susut pada beton.

1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima tekanan yang berupa gaya tekan per satuan luasnya. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan pengujian dengan menggunakan sampel beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat diketahui dalam umur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Selama 28 hari, beton disimpan dan dirawat dengan suhu dan kelembaban yang tetap.

Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$f'c = \sigma = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Dimana:

f'c = σ = Kuat tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan sampel (mm^2)

Menurut SNI 2847:2013, Untuk beton struktur, Kuat tekan f'c tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum f'c tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu.

2. Kuat Tarik Belah

Kekuatan tarik beton lebih rendah dari kekuatan tekan beton karena hanya sekitar 10-15% dari kekuatan tekannya, hal ini disebabkan oleh adanya retak-retak halus pada beton. Hitung kuat tarik belah dari benda uji dengan rumus sebagai berikut :

$$Fct = \frac{2.P}{2.D} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana :

Fct	= kuat tarik belah	(MPa)
P	= Beban uji maksimum	(N)
L	= Panjang benda uji	(mm)
D	= Diameter benda uji	(mm)

3. Susut Beton

Susut pada beton adalah perubahan volume beton yang tidak dipengaruhi oleh pembebanan melainkan akibat beton yang kehilangan air akibat penguapan selama proses pengikatan beton dan juga dapat diartikan akibat perubahan muatan campuran dan perubahan fisika-kimia seiring penambahan waktu setelah proses pengerasan beton.

E. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

1. Mariatul Kiptiah (2023) melakukan penelitian tentang Analisis perbandingan kuat tekan beton semen opc dan semen pcc terhadap pemanfaatan sikament-

nn. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton umur 28 hari dengan menggunakan semen OPC lebih tinggi 4,59% yakni 29,16 MPa, sedangkan dengan menggunakan semen PCC kuat tekan beton sebesar 27,88 MPa. Pemanfaatan semen OPC ditambahkan dengan sikamen-NN 1% mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 46,64% dan pemanfaatan semen PCC ditambahkan dengan sikament-NN 2% mampu meningkatkan kuat tekan 40,96% dari kuat tekan rencana. Kuat tekan beton umur 7 hari dengan menggunakan semen OPC sebesar 21,09 MPa, sedangkan semen PCC memiliki kuat tekan 17,41 MPa. Penggunaan semen PCC, PCC dengan Sikament-NN 1% dan PCC dengan Sikament-NN 2% mampu meningkatkan kuat tekan beton secara berturut-turut 11,52%, 30,78% dan 40,96% dari kuat tekan rencana umur 28 hari.

2. Sondy Putra Nauly1, Chrisna Djaya Mungok (2020) melakukan penelitian tentang Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Admixture Betonmix Dengan Menggunakan Semen Ppc Terhadap Kuat Tekan Beton. Berdasarkan hasil penelitian dari nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas didapat nilai optimum pada beton yang ditambah admixture betonmix. Pada kuat tekan terjadi peningkatan sebesar 14% dibandingkan beton normal (N), sedangkan pada kuat tarik belah terjadi peningkatan sebesar 30,43% dibandingkan beton normal (N), dan pada modulus elastisitas terjadi peningkatan sebesar 32,37% dibandingkan beton normal (N)
3. Eddy Purwanto, Hasti Riakara Husni (2016) melakukan menelitian tentang Pengaruh Semen OPC dan PCC Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada

Beton Mutu Tinggi Faktor Air Semen 0,36 Dan 0,39. Berdasarkan hasil penelitian dari nilai kuat tekan semen OPC dengan penggantian silica fume 10% dengan fas 0,36 dan 0,39 pada umur beton 56 hari masing-masing sebesar 33,7816MPa dan 30,9507MPa. Pada pengujian kuat lentur beton fas 0,36 dan 0,39, beton dari semen OPC tanpa penggntian silica fume kuat lenturnya lebih tinggi dari semen PCC. Nilai kuat lentur semen OPC dengan fas 0,36 dan 0,39 pada umur beton 56 hari masing-masing sebesar 7,3778MPa dan 7,6MPa. Beton dari semen OPC dengan penggantian silica fume 10% pada pengujian kuat lentur beton fas 0,36 dan 0,39, kuat lenturnya lebih tinggi dari semen PCC. Nilai kuat lentur semen OPC dengan penggantian silica fume 10% dengan fas 0,36 dan 0,39 pada umur beton 56 hari masing-masing sebesar 7,8889MPa dan 8,3333MPa.

4. Sadrak Mesakh. S (2022) melakukan menelitian tentang Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Dan Zat Aditif Betonmix Terhadap Kuat Tekan BetonPulih Mandiri (Self Healing Concrete) Berdasarkan hasil penelitian analisa penelitian, kuat tekan beton pada *self healing concrete* dengan penambahan betonmix beton umur 28 hari dengan varian ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% sebagai pengganti semen berturut-turut adalah 47,36 MPa; 37,12 MPa; 32,65 MPa; 40,31 MPa; dan 36,58 MPa. Kuat tekan beton setelah peretakan dengan varian ekstrak limbah sayuran 3%, 5%, 7% dan 9% adalah 38,75 MPa; 41,18 MPa; 41,63 MPa; dan 33,96 MPa. Kuat tekan beton setelah peretakan mengalami kenaikan tertinggi pada varian 5% dengan kenaikan sebesar 26,13% dibandingkan dengan beton

umur 28 hari pada varian yang sama. Hasil pengamatan secara visual menujukkan beton tidak mengalami perubahan yang signifikan. Retakan yang menutup adalah retakan dalam skala kecil atau sebesar helai rambut

5. Inge Sundaryan (2021) melakukan penelitian tentang Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Jenis Semen Ordinary Portland Cement (Opc) Dan Semen Portland Compossite Cement (Pcc). Berdasarkan hasil penelitian dari hasil kuat tekan yang didapatkan tidak jauh berbeda pada kedua varian beton tersebut, pada umur 7 hari peningkatan kuat tekan beton belum terlalu signifikan karena proses pengikatan semen belum maksimal. Sementara untuk kuat tekan rata-rata pada usia 14 hari beton OPC 26,59 N/mm2 dan beton PCC 20.74 N/mm2 , di dapatkan hasil kuat tekan yang berbeda antara 2 varian beton tersebut, untuk beton OPC pada usia 14 hari terjadi peningkatan kuat tekan dari kuat tekan awal usia 7 hari, namun untuk beton PCC usia 14 hari hanya terjadi sedikit peningkatan dari kuat tekan awal. Hasil akhir untuk nilai kuat tekan rata-rata beton pada usia 28 hari dengan semen OPC yaitu 31,49 N/mm2 , hasil tersebut memenuhi rencana kuat tekan beton yang disyaratkan yakni 30 N/mm2 . Sedangkan pada beton dengan semen PCC kuat tekan yang dihasilkan pada umur 28 hari adalah 25.45 N/mm2 , hasil tersebut tidak memenuhi rencana beton yang disyaratkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 (tiga) variasi yaitu: Beton Normal, Semen OPC, Campuran semen OPC + Betonmix, campuran semen PCC +Betonmix. Untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare dan waktu penelitian dilakukan selama 4 bulan mulai pada bulan Juli sampai Agustus 2023

C. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus

2. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen OPC dan semen PCC.

3. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

4. Zat additive yang digunakan di dalam penelitian ini (BetonMix)

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Saringan

Saringan yang dipakai dalam menentukan gradasi agregat yaitu saringan dengan lubang saringan sebesar 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.

2. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air dan berat jenis

3. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan beton

4. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda ujI

5. Cetakan Beton

Cetakan beton yang digunakan adalah cetakan silinder ukuran 150 mm x 300 mm

6. Universal Testing Machine

   Digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji beton

7. Concrete mixer/mesin pencampur

   Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji

D. Prosedur Standar Penelitian

1. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis agregat serta tingkat penyerapan air. Jumlah berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan *(Saturated Surface Dry)*, berat jenis semu *(Apparent)*. Adapun keterangan dari berat jenis yang diperiksa adalah sebagai berikut:

a. Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Grafity*)

   Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Grafity*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

b. Berat jenis permukaan (*SSD*)

   Berat jenis permukaan (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu *(Apparent Specific Grafity)*

   Berat jenis semu (*Apparent Specific Grafity*) yaitu perbandingan antara

berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

d. Penyerapan

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering

Adapun prosedur percobaan adalah sebagai berikut :

a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105° C sampai berat tetap
c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram *(Bk)*
d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar
e. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang *(SSD)*, untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu
f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh *(Bj)*
g. Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekapdan menentukan beratnya dalam air *(Ba)*
h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25° C)

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis agregat:

1. Berat jenis (*Bulk Specify Gravity*) $= \frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ ..... (3)
2. Berat jenis SSD $= \frac{Bk}{(Bj-Ba)}$ ..... (4)

3. Berat jenis semu $= \frac{Bk}{(Bk-Ba)}$ ..... (5)

4. Penyerapan (Arbsorbsi) $= \frac{(Bj-Bk)}{Bk}\ x\ 100\ \%$..... (6)

Dimana:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2. Perkiraan Kadar Agregat

a. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton.

Untuk beton dengan tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 3.1. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil uji *slump*, rasio air-semen atau rasio air-(semen+bahan bersifat semen), dan sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan

Tabel 3. 1 Volume agregat kasar per satuan volume beton (Sumber: SNI 7656:2012)

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven (SSD) per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (kelecakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (pavement), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

Untuk menentukan berat agregat kasar yang digunakan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$W = V\ x\ SSD$ ..... (7)

Dimana:

W = Berat agregat kasar

V = Volume agregat kasar

SSD = Berat jenis permukaan agregat kasar

b. Perkiraan kadar agregat halus

Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat atau metoda berdasarkan volume absolut. Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 3.2 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m^3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Tabel 3. 2 Perkiraan awal berat beton segar (Sumber: SNI 7656:2012)

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m^3	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan

E. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari Beton normal, semen OPC, semen OPC+ Betonmix 400ml, semen PCC+ Betonmix 500ml. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

Tabel 3. 3 Variasi campuran untuk kuat tekan (Sumber: penulis 2023)

Variasi Campuran Beton	**Umur Hari Beton**				**Jumlah**
	Kuat Tekan			**Kuat Tarik Belah**	
	7	**14**	**28**	**28**	
Beton Normal	3	3	3	2	11
Semen OPC	3	3	3	2	11
Semen OPC+ Betonmix 400ml	3	3	3	2	11
Semen PCC+ Betonmix 500ml	3	3	3	2	11
Total					44

2. Data sekunder

Data sekunder sebagai pendukung merupakan gambaran pada daerah studi. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Data diperoleh dari tulisan seperti buku teori, buku laporan,

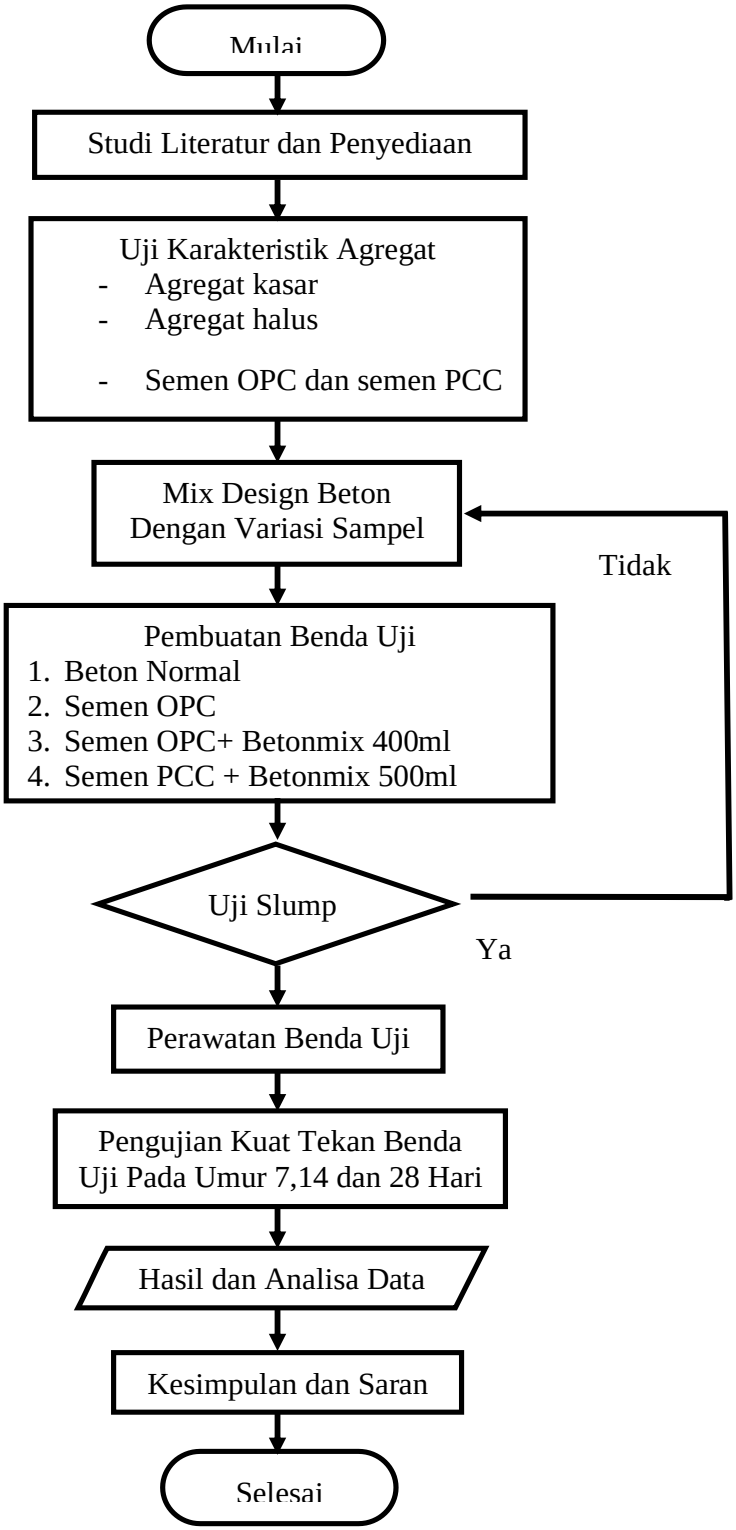
peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literature.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan beton diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan delam bentuk tabel maupun grafik. 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 apabila beban yang diberikan telah mencapai batas maksimum dari beban yang mampu ditahan benda uji. Pada saat retak, jarum manometer akan berhenti pada titik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji.

G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. **Agregat Halus**

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian agregat halus (Sumber: mix design 2023)

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2.8%	5.0%	3.88%	Memenuhi
2	Kadar organic	< No. 3	No. 2	No. 2	No. 2	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.04%	2.88%	2.46%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.77	1.63	1.70	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.88	1.84	1.86	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1.21%	1.69%	1.45%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.61	2.63	2.62	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.53	2.52	2.53	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.56	2.56	2.56	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	2.95	2.94	2.95	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 3,88%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 2,46%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,77 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,88, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,45%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,62, berat jenis kering yaitu 2,53, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,56, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 2,95, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat Kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar (Sumber: Mix design 2023)

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.8%	1.00%	0.90%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	18.7%	16.9%	17.8%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1.14%	1.42%	1.28%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.67	1.85	1.76	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.86	1.69	1.77	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	2.99%	3.09%	3.04%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.91	2.76	2.83	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.68	2.54	2.61	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.76	2.62	2.69	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.72	6.72	6.72	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,90%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin Los Angeless diatas didapatkan hasil 17,8% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,28% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,67 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,86 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 3,04% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,92. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,68. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,76, yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 6,72 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perencanaan campuran beton dihitung menggunakan metode SNI 7656:2012 dengan hasil data sebagai berikut :

Diketahui data material:

Mutu beton	= 25 Mpa
Slump	= 75 – 100 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1.773
Berat jenis semen tanpa tambahan udara	= 3.08
Modulus kehalusan agregat halus	= 2.95
Berat jenis (SSD) agregat halus	= 2.56
Berat jenis (SSD) agregat kasar	= 2.69
Penyerapan air agregat halus	= 1.45%
Penyerapan air agregat kasar	= 3.04%
Kadar Air agregat halus	= 2.46%
Kadar Air agregat kasar	= 1.28%
Berat Jenis semen OPC	= 3.18

Perhitungan

Kuat desar rencana:

Fc’ = 25 Mpa

$= 25x\ 9.81$

$= 245.250\ \text{Kg/cm}^2$

1. Margin

Hitung kuat tekan rata-rata beton, dengan kuat tekan rata-rata yang disyaratkan dan nilai margin tergantung dari tingkat pengawasan mutu.

Nilai margin (m) ditetapkan dengan menggunakan rumus:

Margin = 1,64×Sd

Tabel 4. 3 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Volume pekerjaan		Mutu pelaksanaan		
Klasifikasi	m^3	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	<.1000	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 65	65 < s ≤ 85
Sedang	1000-3000	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 75
Besar	>3000	25 < s ≤ 35	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 65

Standar deviasi (Sd) = 60

Margin = $1{,}64 \times Sd$

= 1,64 x 60

= 98,4 Kg/cm^2

2. Kuat beton rencana (fcr)

$fcr = fc' + m$ =fc^'+m

$= fc' + (1{,}64 \times Sd)$

$= 245.250 + 98{,}4$

$= 343.64$ Kg/cm^2

$fcr = \frac{fcr}{g}$ =fcr/g

$= \frac{343.64}{10}$

$= 35{,}03$ Mpa

3. Volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton

Adapun tabel volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton

Tabel 4. 4 Volume air yang diperlukan tiap m^3 adukan beton untuk berbagai nilai *slump* dan ukuran agregat maksimum (Sumber: SNI 7656:2012).

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm†*	75 mm†‡	150 mm†‡
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut : ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**††	1,0**††
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**††	3,0**††
berat ‡‡ (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**††	4,0**††

Bila ditabel tidak ditemukan data maka dilakukan perhitungan interpolasi berdasarkan ukuran agregat maksimum dan nilai slump dengan ukuran agregat maksimum yaitu 20 yang berada diantara 19-25 mm

Rumus interpolasi:

$$x = x1 + \frac{(y-y1)}{y2-y1}(x2 - x1)$$

Kebutuhan air

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 193 Y1 = 25

X2 = 205 Y2 = 19

Air

25	193	Dari tabel
20	?	
19	205	Dari tabel
x=	203	Kg

Udara

25	1,5%
20	?
19	2%
x =	1,9%

$$x\ (air) = 193 + \frac{(20-25)}{19-25}(205-193)$$

$$= 203 \ \text{Kg}$$

$$x\ (udara) = 1{,}5\% + \frac{(20-25)}{19-25}(2\%-1{,}5\%)$$

$$= 1{,}9 \ \%$$

4. Penentuan faktor air semen (FAS)

Tabel 4. 5 Faktor air semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi dan keadaan cuaca (Sumber: SNI 7656:2012).

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Diketahui:

X = ? Y = 35,03

X1 = 0,42 Y1 = 40

X2 = 0,47 Y2 = 35

FAS

40.0	0,42
35.03	?
35.0	0,47
x=	0,470

$$x\ (FAS) = 0{,}47 + \frac{(35{,}03 - 40)}{35 - 40}(0{,}47 - 0{,}42)$$

$$= 0{,}470 \quad \text{Kg}$$

5. Berat semen tiap 1 m3 beton

W air = 203 Kg

W semen $= \frac{W\ air}{FAS} = \frac{203}{0{,}470} = 432{,}20$ kg/m^3

$= \frac{w\ Semen}{1000} = \frac{432{,}20}{1000} = 0{,}432$ ton

Vol. semen $= \frac{W\ semen\ (ton)}{Berat\ jenis\ semen} = \frac{0.43219611}{3{,}08} = 0{,}140$ m^3

6. Berat kerikil tiap 1 m^3 beton

Tabel 4. 6 Volume agregat tiap satuan volume adukan beton (Sumber: SNI 7656:2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

a. Kerikil A

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 0,62 Y1 = 19

X2 = 0,67 Y2 = 25

b. Kerikil B

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 0,60 Y1 = 19

X2 = 0,65 Y2 = 25

c. Kerikil A dan B

Diketahui:

X = ? Y = 3,0

X1 = 0,608 Y1 = 2,95

X2 = 0,620 Y2 = 2,80

A		B		A dan B	
19	0,62	19	0,60	3,00	0,608
20	?	20	?	2,95	?
25	0,67	25	0,65	2,80	0,620
x=	0.628	x=	0,608	x=	0,611

$x\ (kerikil\ A) \quad = 0{,}62 + \frac{(20-19)}{25-19}(0{,}67 - 0{,}62)$

$= 0{,}628$ Kg

$x\ (kerikil\ B) \quad = 0{,}60 + \frac{(20-19)}{25-19}(0{,}65 - 0{,}60)$

$$= 0{,}608 \quad \text{Kg}$$

$$x\ (kerikil\ AB) \quad = 0{,}608 + \frac{(3{,}0 - 2{,}95)}{2{,}80 - 3{,}0}(0{,}620 - 0{,}608)$$

$$= 0{,}611 \quad \text{Kg}$$

Berat kering oven (SSD) = 1,773

W Kerikil = Volume × SSD

= 0,611 × 1,773 = 1,083 ton

= W Kerikil × 1000

= 1,083 × 1000 = 1083 kg

V Kerikil = $\frac{Berat\ kerikil}{Berat\ jenis\ kerikil}$ = $\frac{1{,}083}{2{,}69}$ = 0,403 m^3

7. Berat absolute pasir 1 m^3 beton

Vol. Air = 203 kg

= $\frac{Berat\ Air}{BJ.\ Air}$

= $\frac{203\ kg}{1000\ kg/m^3}$ = 0,203 m^3

Vol. padat semen = 432 kg

= $\frac{Berat\ semen}{BJ\ Semen \times 1000}$

= $\frac{432}{3{,}08 \times 1000}$ = 0,140 m^3

Vol. absolute Ag. Kasar = 1111 kg

= $\frac{Berat\ Ag.kasar}{BJ\ Ag.kasar \times 1000}$

= $\frac{1083}{2{,}69 \times 1000}$ = 0,403 m^3

Vol. udara terperangkap = 1,9%

= 1 m^3 × 1,9% = 0,019 m^3

Jumlah Vol. padat selain Ag. Halus

Vtot = Vol. air + vol. semen + vol. ag. Kasar + vol. udara

= 0,203 + 0,140 + 0,403 + 0,019

= 0,766 m^3

Vol. Ag. Halus

= 1 – Vol.total

= 1 – 0,766

= 0,234 m^3

Berat Ag halus kering

= Vol. Ag. Halus × (BJ Ag. Halus × 1000)

= 0,234 × (2,56 × 1000)

= 601,2 kg

8. Perkiraan berat pasir tiap 1 m^3 beton (Sumber: SNI 7656:2012).

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m^3*	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Diketahui:

X = ? Y = 20

X1 = 2380 Y1 = 25

X2 = 2345 Y2 = 19

Berat Beton 1 m^3

25	2380
20	?
19	2345
x=	2350

$$x\ (beton) = 2380 + \frac{(20-25)}{19-25}(2345-2380)$$

$$= 2350 \quad \text{Kg}$$

Berdasarkan data diatas maka perkiraan berat beton adalah 2350

Sehingga :

Air (Berat bersih)	=	203
Semen	=	432
Agregat kasar	=	1083 +
Jumlah	=	1719
Maka berat Ag. Halus adalah	=	2350 – 1719
	=	631 kg

9. Koreksi terhadap kadar air

Catatan : Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-1990

Kadar air didapat :

Ag. Kasar = 1.28%

Ag. Halus = 2.46%

Sehingga berat (massa) penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

Ag. Kasar (Basah) = Ag. Kasar (Basah) × Kadar Air Ag. Kasar

= 1.28% × 1083

= 13.890 kg

Ag. Halus (Basah) = Ag. Halus (Basah) × Kadar Air Ag. Halus

= 2.46% × 630

= 15.524 kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan. Maka :

Air yang diberikan Ag. Kasar = Penyerapan air Ag. Kasar × Ag. Kasar (Basah)

= 1.45% x 1083.94

= 15.731

Air yang diberikan Ag. Halus = Penyerapan air Ag. Halus × Ag. Halus (Basah)

= 3.04% x 630.863

= 19.176

Dengan demikian kebutuhan air yang ditambahkan adalah sebagai berikut

$Air_{koreksi}$ = Air – Tot. berat massa + Tot. penyerapan air

= 203.0 – 29.4 + 34.908

= 208.494 kg

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagai berikut

Air koreksi = 208.494 kg

Semen = $\frac{Air}{FAS}$ = $\frac{208.494}{0,470}$ = 443.893 kg

Ag. Kasar = Berat ag. kasar + berat kadar air ag. kasar – berat penyerapan ag. Kasar

= 1083,940 +13,890 – 15,731

= 1082,099 kg

Ag. Halus = Berat ag. halus + berat kadar air ag. halus – berat penyerapan ag. halus

= 630,863 + 15,524 – 19,176

= 627.211 kg

Jumlah = Air + ag. Kasar + ag. Halus

= 208,494+ 1082,099+ 627,211

= 2361,697 kg

10. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	208.5	203.0	203.0
Semen	443.9	432.2	432.2
Ag. Kasar (kering)	1082.1	1083.9	1083.9
Ag. Halus (kering)	627.2	630.9	601.2

Perbandingan berat = W semen : W pasir : W kerikil : W air

1	1.39	2.51	0.47

11. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Kebutuhan beton 1 silinder

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder $= \frac{1}{4}\pi d^2 h$

$= \frac{1}{4} 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

= 0.0053014 m^3

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

= 0,0053014 m^3 × 12

= 0,06361725 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol. 12 silinder x 15%

=0,06361725 m^3 x 15%

= 0,00954259 m^3

Vol. total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

= 0,06361725 m^3 + 0,00954259 m^3

= 0,07315984 m^3

Kebutuhan bahan untuk 12 silinder beton (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)		Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)		Berdasarkan volume absolute (kg)	
W semen	26,91	Kg	29,96	kg	29,96	kg
W pasir	47,25	Kg	45,82	kg	36,43	kg
W kerikil	81,37	Kg	81,29	kg	81,29	kg
W air	13,34	Kg	14,85	kg	14,85	kg

1. Kebutuhan semen PCC dan semen OPC Perbenda Uji :

   a. kebutuhan beton 1 silinder

   Diameter (d) = 0.15 m

   Tinggi (h) = 0.3 m

   Volume 1 silinder = $\frac{1}{4}\pi d^2 h$

   = $\frac{1}{4} 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

= 0.0053014 m^3

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol.1 silinder x 15%

= 0.0053014 m^3 x 15%

= 0.000795 m^3

Vol. total 1 silinder = Vol. 1 silinder + Vol. Tambahan

= 0.0053014 m^3 + 0.000795 m^3

= 0.006096 m^3

Kebutuhan bahan untuk beton normal (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

	Kebutuhan persatu kubik beton		Kebutuhan persatu selinder beton		Kebutuhan 12 selinder	
W semen	432.20	kg	2.87	kg	31.62	Kg
W pasir	630.86	kg	4.20	kg	46.15	Kg
W kerikil	1083.9	kg	7.21	kg	79.30	Kg
W air	203.00	kg	1.35	kg	14.85	Kg

b. Untuk variasi semen OPC

Kebutuhan volume serbuk batu gamping

Vol. semen OPC = V. semen x BJ. Semen OPC

= 0.140 m3 x 3,18

= 445.717 m3

Kebutuhan bahan untuk variasi semen OPC (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 12 selinder
W semen OPC	445.72 kg	2.96 kg	32.61 kg
W pasir	601.18 kg	4.00 kg	43.98 kg
W kerikil	1083.9 kg	7.21 kg	79.30 kg
W air	203.00 kg	1.35 kg	14.85 kg

b. Untuk variasi semen OPC + Beton Mix 500 ml

1) Kebutuhan volume semen OPC

Vol. semen OPC = V. semen x BJ. Semen OPC

= 0.140 m3 x 3,18

= 445.717 m3

Kebutuhan Beton Mix

Vol. Beton Mix $= \frac{\text{Kebutuhan BM}}{\text{1 zak semen (40 kg)}}$

$= \frac{500\ ml}{40\ kg}$

= 13 ml

C. Kebutuhan air

Berat air = 75% dari total kebutuhan air

= 203 kg × 75%

= 152.3 kg

Kebutuhan bahan untuk variasi semen OPC dan Beton Mix (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 12 selinder
W semen OPC	445.7 kg	2.96 kg	32.61 kg
W pasir	601.2 kg	4.00 kg	43.98 kg
W kerikil	1084 kg	7.21 kg	79.30 kg
W air	152.3 kg	1.01 kg	11.14 kg
W BetonMix	5.57 l	0.04 l	0.41 l

c. Untuk variasi semen PCC dan Beton Mix 500 ml

Kebutuhan volume semen PCC

Vol. semen PCC = V. semen x BJ. Semen PCC

= 0.140 m3 x 3,08

= 432.196 m3

Kebutuhan Beton Mix

Vol. Beton Mix $= \frac{\text{Kebutuhan BM}}{\text{1 zak semen (40 kg)}}$

$= \frac{500ml}{40\ kg}$

= 13 ml

f. **kebutuhan air**

Berat air = 80% dari total kebutuhan air

= 203 × 80%

= 162,40 kg

Kebutuhan bahan untuk variasi semen PCC dan Beton Mix(Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 12 selinder
W semen PCC	432.2 kg	2.87 kg	31.62 kg
W pasir	601.2 kg	4.00 kg	43.98 kg
W kerikil	1084 kg	7.21 kg	79.30 kg
W air	162.4 kg	1.08 kg	11.88 kg
W BetonMix	5.40 l	0.04 l	0.40 l

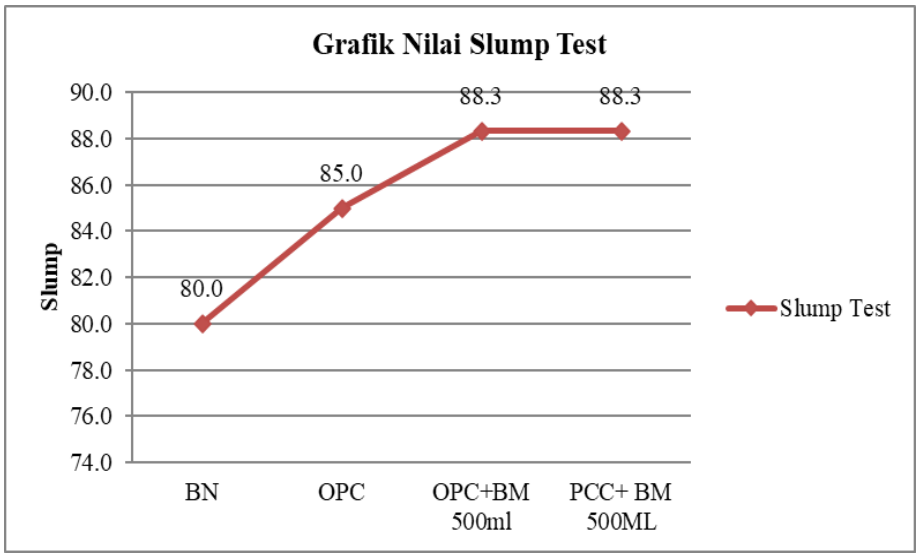
C. Nilai Slump

Pengujian nilai *Slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, dengan membasahi kerucut *abrams* terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut *abrams* dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai *slump* dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 7 Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

NO	Variasi Campuran beton	Waktu campur (menit)	*Slump* rencana (mm)	*Slump* rata-rata lapangan (mm)
1	Beton normal	± 10	75 – 100	80,0
2	OPC			85
3	OPC+ BM 500 ml			88.3
4	PCC + BM 500ml			88.3

Berdasarkan tabel 4.6 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi. Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana



Gambar 4. 1 Perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi **(**Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Dari gambar 4.1 tampak bahwa untuk kondisi OPC beton menyebabkan peningkatan *workability*, hal ini dikarenakan OPC memiliki tekstur permukaan yang beraturan dan tidak berongga sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada OPC saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai *slump* atau workabiliy campuran beton meningkat.

Sedangkan ketika ditambahkan beton mix dalam campuran nilai *slump* mengalami peningkatan.

D. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 12 sampel

yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, semen OPC, semen OPC +Beton Mix 500ml dan semen PCC+ Beton Mix 500ml. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji.

Adapun hasil dari pengujian kuat tekan yang terdiri dari beton normal, semen OPC, semen OPC + Beton Mix 500ml dan semen PCC+ Beton Mix 500ml dengan 3 hari perawatan yaitu sebagai berikut :

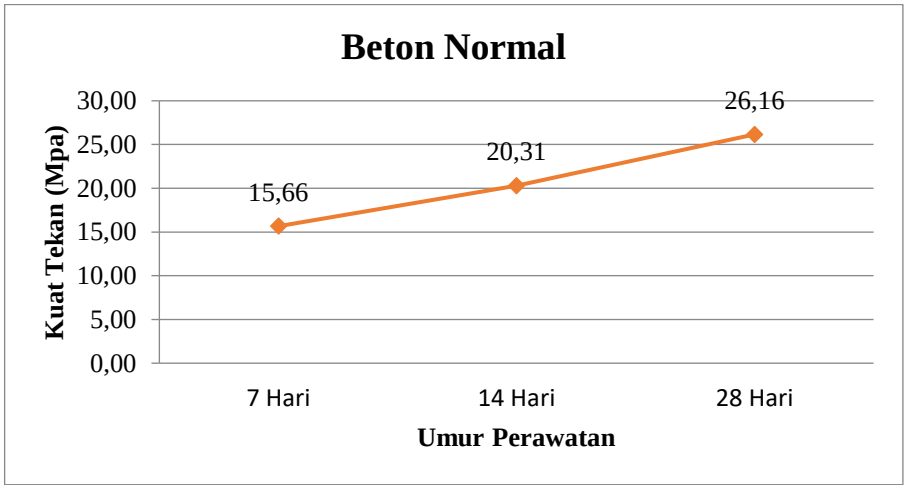
1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Rekap hasil kuat tekan beton normal (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.208	309	15.66
2	14 Hari	12.392	358	20.31
3	28 Hari	12.413	462	26.16

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 15,66 MPa untuk umur 7 hari, 20,31 MPa untuk umur 14 hari, dan 26,16 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Grafik pengujian kuat tekan beton normal (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,65 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,85 Mpa.

2. Semen OPC

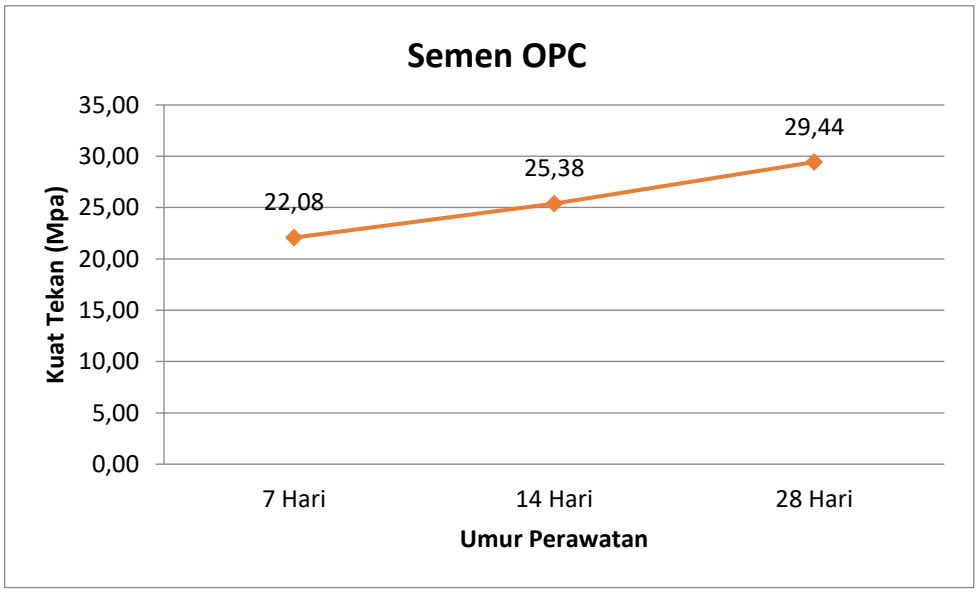
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton semen OPC yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Rekap hasil kuat tekan beton variasi Semen OPC (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.435	390.00	22.08
2	14 Hari	12.350	448.33	25.38
3	28 Hari	12,588	563,33	29.44

Pada pengujian sampel uji dengan semen OPC dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 22,08 MPa untuk

umur 7 hari, 25,38 MPa untuk umur 14 hari, dan 29.44 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Grafik pengujian kuat tekan semen OPC (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,30 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,06 MPa.

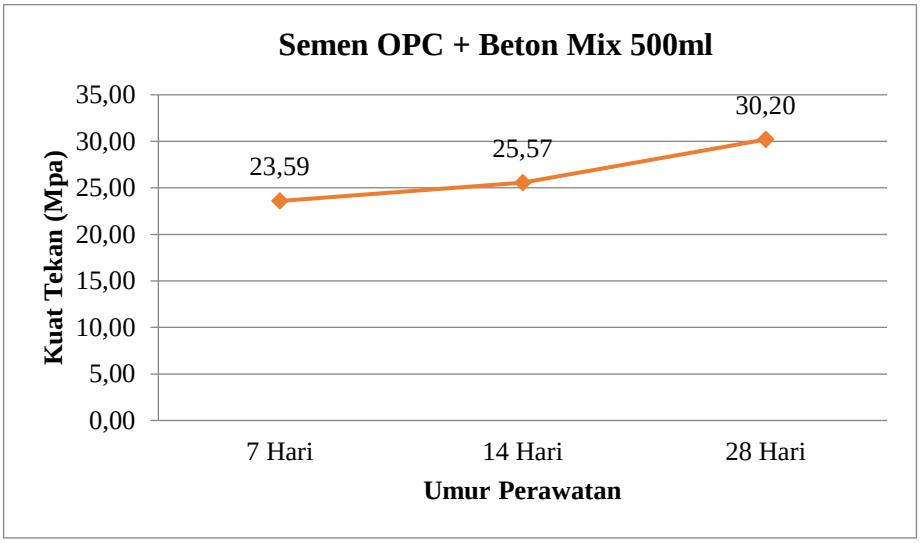
3. Semen OPC + Beton Mix 500ml

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada semen OPC + Beton Mix 500ml yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Rekap hasil kuat tekan beton Semen OPC+ Beton Mix 500ml (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.465	416	23.59
2	14 Hari	12.652	451	25.57
3	28 Hari	12,840	533	30.20

Pada pengujian sampel uji dengan semen OPC + Beton Mix 500ml dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 23,59 MPa untuk umur 7 hari 25,57 MPa untuk umur 14 hari dan 30,20 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Grafik pengujian kuat tekan beton semen OPC + Beton Mix 500ml (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan semen OPC + Beton Mix 500ml mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,83 MPa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,63 MPa.

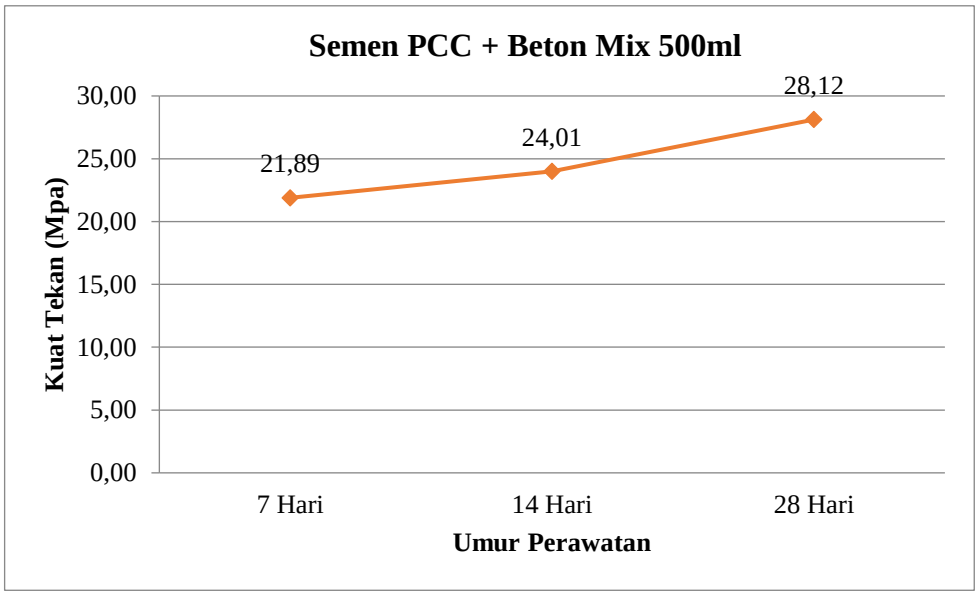
4. Semen PCC+ Beton Mix 500ml

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada Semen PCC+ Beton Mix 500ml yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Tabel rekap hasil kuat tekan semen PCC+ Beton Mix 500ml (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.478	386	21.89
2	14 Hari	12.278	424	24.01
3	28 Hari	12,342	496	28.12

Pada pengujian sampel uji dengan Semen PCC+ Beton Mix 500ml dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 21,89 MPa untuk umur 7 hari, 24.01 MPa untuk umur 14 hari, dan 28,12 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncakan dengan grafik sebagai berikut:

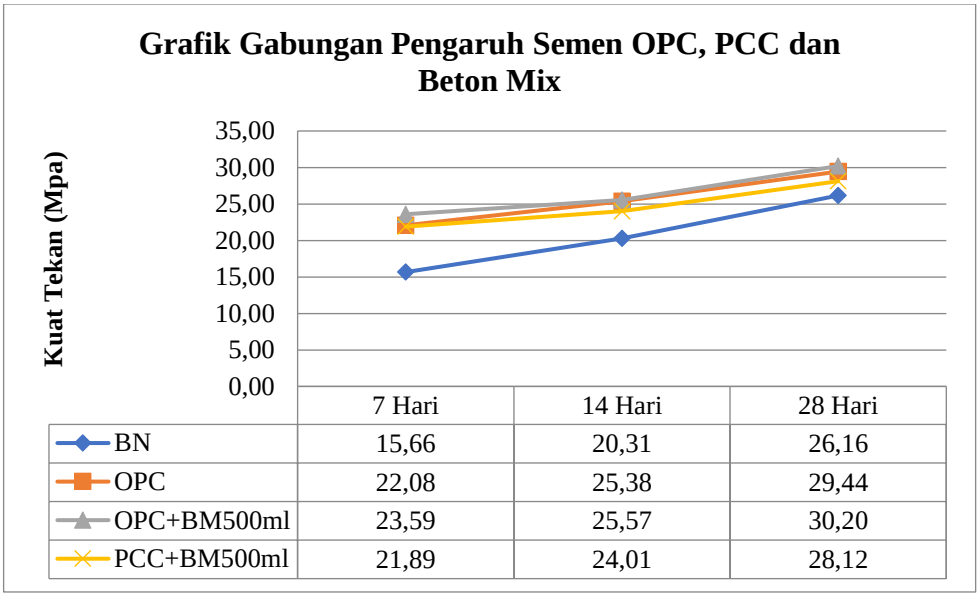


Gambar 4. 5 Grafik pengujian semen PCC + Beton Mix 500ml (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa semen PCC + Beton Mix 500ml mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,12

MPa atau sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,11 MPa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan semen OPC, PCC dan Beton Mix :



	7 Hari	14 Hari	28 Hari
BN	15,66	20,31	26,16
OPC	22,08	25,38	29,44
OPC+BM500ml	23,59	25,57	30,20
PCC+BM500ml	21,89	24,01	28,12

Gambar 4. 6 Grafik gabungan pengunaan semen OPC dan PCC (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton umur 7 hari mengalami peningkatan kuat tekan dari beton normal sebesar 6,42 Mpa pada semen Opc kemudian mengalami peningkatan 1,51 Mpa dan pada Opc+Bm500ml mengalami penurunan 1,7 Mpa pada Pcc+Bm500ml.

Pada beton umur 14 hari mengalami peningkatan kuat tekan dari beton normal sebesar 5,07 MPa pada semen Opc, 0,19 Mpa pada Opc +Bm500ml mengalami peningkatan 1,56 Mpa pada Pcc+Bm500ml.

Pada beton umur 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan dari beton normal sebesar 3,28 MPa pada semen Opc kemudian mengalami peningkatan 0,76 MPa pada Opc+Bm500ml dan 2,08 MPa pada Pcc+Bm500ml.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa kedua semen dapat meningkatkan kuat tekan beton dari kuat tekan rencana atau beton normal.

Penambahan betonmix 500ml pada beton dengan semen Opc dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 0,76 MPa. Hal ini disebabkan karena penggunaan betonmix yang bersifat untuk menguatkan beton.

Penambahan betonmix 500ml pada beton dengan semen Pcc dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 2,08 MPa.

Adapun penurunan kuat tekan beton ini disebabkan oleh proses pemadatan yang tidak sempurna mengakibatkan adanya volume udara yang terkandung dalam beton. Semakin banyak volume udara dalam beton maka cenderung menurunkan kuat tekan yang disebabkan adanya pori-pori udara yang tidak terisi

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan semen Opc dan Pcc dengan ditambahkan zat additive dapat meningkatkan kualitas beton.

E. Kuat Tarik Belah Beton

Setelah melalui proses pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik belah terhadap benda uji tersebut. Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran panjang 30 cm dan diameter 15 cm sebanyak 8 buah sampel. Yang terdiri dari beton normal, Opc, Opc+Bm500ml dan Pcc+500ml. Kemudian setiap benda uji yang akan dilakukan pengujian kuat tarik belah beton ditimbang terlebih dahulu.

Adapun hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dengan umur perawatan 28 hari terhadap beton normal, Opc, Opc+Bm500ml dan Pcc+500ml adalah sebagai berikut:

1. Beton normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton normal dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton normal (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,570	1779,19	300	150	5,66

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton normal didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 5,66 MPa. Berdasarkan sumber nilai kuat tarik belah berkisar antara 9-15%. Sehingga nilai pengujian kuat tarik belah sudah sesuai dengan nilai kuat tarik belah teoritis.

Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada benda uji, tidak mengalami segregasi (penyebaran tidak merata agregat pada beton) karena agregat pada benda uji tersebar merata dalam campuran, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 7 Gambar tarik belah normal (Sumber: Hasil laboratorium 2023)

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{9}{20} \times 100$$

$$= 45\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{11}{20} \times 100$$

$$= 55\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 45% : 55 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

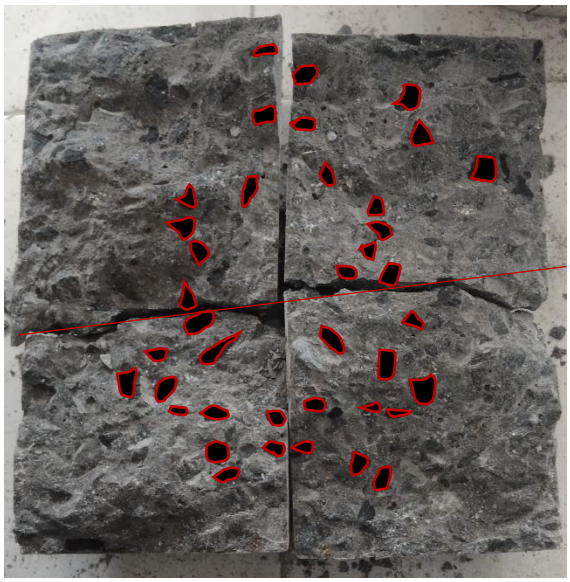
2. Opc

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Opc dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Opc (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,745	1803.96	300	150	7,556

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Opc didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 7,556 MPa.



Gambar 4. 8 Gambar tarik belah Opc (Sumber: Hasil laboratorium 2023)

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

% Sebaran agregat $= \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$

$$= \frac{18}{38} \times 100$$

$$= 47{,}36\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\%\ \text{Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{21}{34} \times 100$$

$$= 55{,}26\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 55,26% : 47,36 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

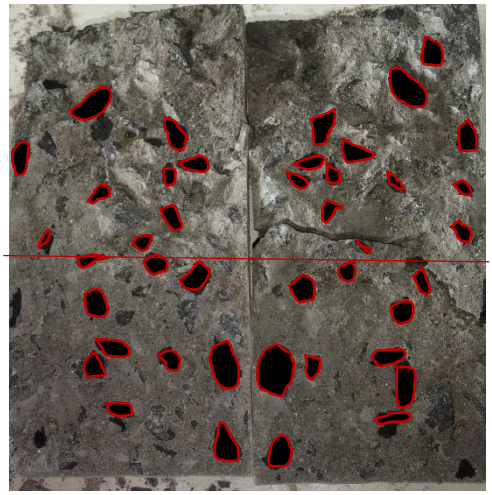
3. Variasi Opc + Betonmix500ml

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Opc + Betonmix500ml dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Opc + Betonmix500ml (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,575	1779.90	300	150	8,444

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Opc + Betonmix500ml didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 8,44 MPa.



Gambar 4. 9 Gambar tarik belah Opc + Betonmix500ml
(Sumber: Hasil laboratorium 2023)

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{22}{42} \times 100$$

$$= 52{,}38\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{20}{42} \times 100$$

$$= 47{,}61\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 52,38% : 47,61 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

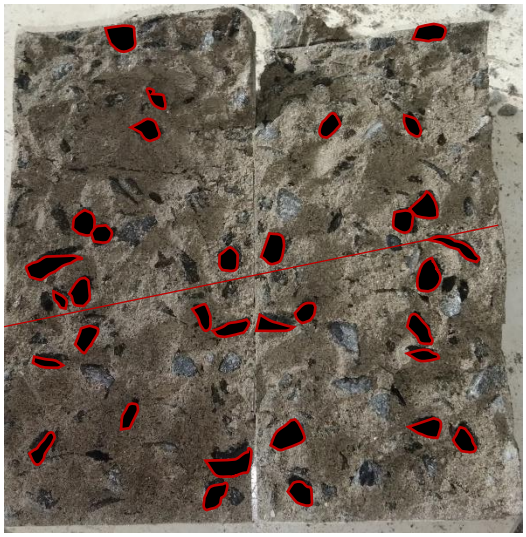
4. Variasi Pcc + Betonmix500ml

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Pcc + Betonmix500ml dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik belah yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Rekapitulasi hasil pengujian kuat tarik belah beton variasi Pcc + Betonmix500ml (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	L (mm)	D (mm)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	28 Hari	12,385	1753.01	300	150	7.333

Pada pengujian kuat tarik belah beton untuk beton variasi Pcc + Betonmix500ml didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 7,33 MPa.



Gambar 4. 10 Gambar Tarik belah Pcc + Betonmix500ml (Sumber: Hasil laboratorium 20230)

Dari gambar pengujian kuat tarik belah pada benda uji, penyebaran agregat pada beton dapat dirumuskan berdasarkan dari perhitungan berikut:

a. Sebaran agregat bagian atas

$$\% \text{ Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Atas}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{15}{33} \times 100$$

$$= 45{,}45\ \%$$

b. Sebaran agregat bagian bawah

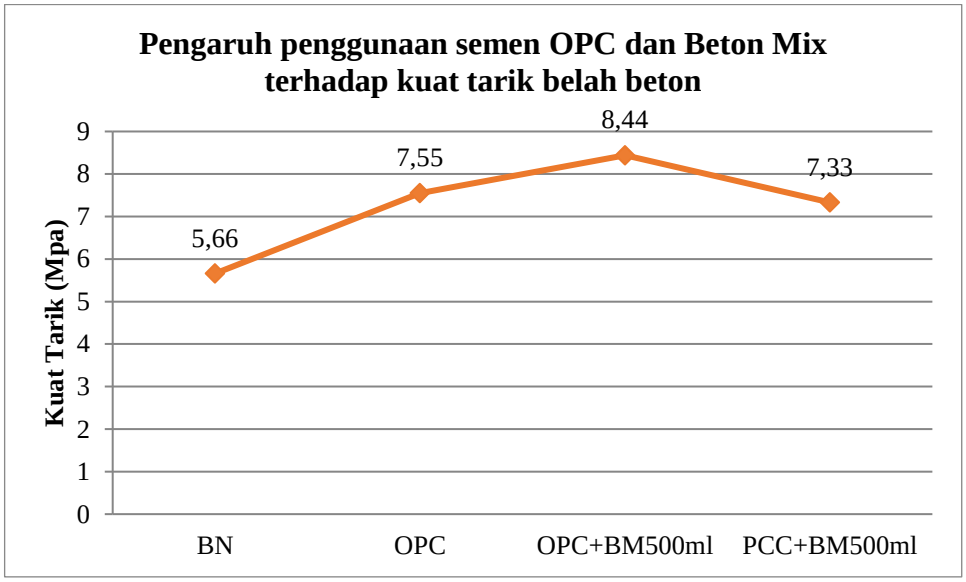
$$\%\ \text{Sebaran agregat} = \frac{S.Agregat\ Bawah}{Total\ agregat} \times 100$$

$$= \frac{18}{33} \times 100$$

$$= 54{,}54\ \%$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan diatas, perbandingan penyebaran agregat bagian atas dan bagian bawah sebesar 45,45% : 54,54 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyebaran agregat pada beton merata.

Berikut adalah grafik pengaruh penggunaan Opc, Pcc dan Betonmix terhadap kuat tarik belah beton :



Gambar 4. 11 Grafik pengaruh penggunaan Opc,Pcc dan Betonmix terhadap kuat Tarik belah (Sumber: Hasil pengolahan data 2023)

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa pada beton karakteristik mengalami peningkatan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 1,89 MPa pada beton variasi Opc peningkatan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 2,78 Mpa pada beton variasi Opc + Betonmix500ml dan penurunan kuat tarik belah dari beton normal sebesar 1,67 Mpa pada beton variasi Pcc + Betonmix500ml.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. a) Pengaruh perbandingan untuk hasil pengujian kuat tekan beton yang memperhatikan variasi campuran semen Opc,Pcc dan Betonmix dengan 4 variasi yaitu Beton Normal, Opc, Opc+Bm500ml dan Pcc+Bm500ml, maka didapatkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari pada beton normal dengan rata-rata 26,16Mpa. Untuk variasi Opc dengan rata-rata 29,44 MPa. Untuk variasi Opc + Bm500ml dengan kuat tekan rata-rata 30,20 Mpa. Sedangkan untuk variasi Pcc+Bm500ml dengan kuat tekan rata-rata 28,12 MPa. Dari kedua semen dapat dilihat perbandingannya bahwa semen Opc lebih tinggi daripada semen Pcc karena sifat dari Opc ini lebih cepat kenaikan mutu betonnya. Maka dapat disimpulkan bahwa semen Opc dan Pcc dengan tambahan beton mix mencapai kuat tekan rencana dan layak digunakan dalam konstruksi.

   b) Pengaruh perbandingan untuk hasil pengujian tarik belah beton yang memperhatikan variasi campuran Opc,Pcc dan Betonmix dengan 4 variasi yaitu Beton Normal, Opc, Opc+Bm500ml dan Pcc+Bm500ml, maka didapatkan hasil pengujian uji kuat tarik belah didapatkan nilai rata-rata 5,66 MPa. Untuk variasi Opc didapatkan nilai rata-rata 7,55 MPa. Untuk variasi Opc+Bm500ml

didapatkan nilai rata-rata 8,44 MPa. Sedangkan untuk variasi Pcc+Bm500ml dengan nilai rata-rata 7,33 MPa.

2. Pengaruh dari hasil semen Opc,Pcc dan Betonmix dalam campuran maka kuat tekan beton mengalami peningkatan sebesar 3,28 MPa dari beton normal. Penambahan Betonmix500ml pada Opc mengalami peningkatan sebesar 0,79 MPa dari Opc. Penambahan Betonmix500ml pada Pcc mengalami peningkatan sebesar 2,08 Mpa dari Opc. Sehingga dapat ditarik kesimpulan penggunaan Bm sebesar 500ml pada Opc dan Pcc menghasilkan peningkatan kuat tekan beton yang setara dengan beton normal dan layak digunakan dalam konstruksi.

B. Saran

1. Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan jenis zat additive yang berbeda untuk menghasilkan mutu beton yang lebih maksimal.
2. Perlunya pemadatan yang sempurna agar tidak mengakibatkan adanya volume udara pada beton yang dapat mengurangi kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

Aryani, D, F.(2018) Analisis Pengaruh Variasi Semen OPC dan PPC Serta Penggunaan Agregat Alwa Berbahan Limbah Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan Dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Tesis RC – 142501.

Badan Standar Nasional. (2000) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Badan Standardisasi Nasional. (2012) *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa.* SNI 7656:2012. Jakarta: Departemen pekerjaan umum.

Badan Standar Nasional. (2008) *Cara Uji Slump Beton*. SNI 1972:2008. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Badan Standar Nasional. (2011) *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Banda Uji Silinder*. SNI 1974:2011. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Badan Standar Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasannya.* SNI 2847:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Darwis,Z, Koncoro,B. B. H,. (2022) Perencanaan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Superplasticizer Ligno C491 Dan Kombinasi Ordinary Portland Cement (OPC) Dengan Semen Slag. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.11(2):179-188.

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. (2021). *Panduan penulisan proposal & skripsi.* Parepare: Universitas Muhammadiyah Parepare.

Firnanda, A., Kurniawandy, A., Ermiyati, E. (2014). Kuat tekan beton dan waktu ikat semen portland komposit (PCC) (Doctoral dissertation, Riau University).

Fajri, S. (2014). Pengaruh Umur Terhadap Kuat Tekan Beton Portland Composite Cement (Pcc) Dan Ordinary Portland Cement (Opc) (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).

Kiptiah, M., (2023) Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Semen Opc Dan Semen Pcc Terhadap Pemanfaatan Sikament-Nn. *Jurnal Techno,* Vol. 24, No.1, Hal. 27-38, ISSN: 1410-8607.

Muliati ST,MT., Suhendri(2013). Studi Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Semen Portland Tipe I Dan Portland Composite Cement. *Jurnal Momentum.*15(2): 15-18 ISSN:1693-752X.

Mulyono, 2003, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Andi, Yogyakarta.

P. Yane, P., Sandra, N.(2015) Perbandingan Perilaku Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC). *Jurnal Rekayasa Sipil* Vol.12, No.1.

Purwanto, E., Husni, R. H.,(2016) Pengaruh Semen OPC dan PCC Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Pada Beton Mutu Tinggi Faktor Air Semen 0,36 Dan 0,39.6. *Jurnal Rekayasa*. 20(1):33-52.

Intara, W.I,. (2014) Perbedaan Umur Percapaian Kuat Tekan Beton dari Perekat Semen OPC, PPC dan PCC. Politeknik Negeri Bali, Denpasar *Jurnal Logic*. Vol.14, No.2.

Idris, M., Ibrahim, A. (2020) Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Semen PCC Dan OPC Tipe I Terhadap Kuat Tekan Beton. In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) (Vol. 5, No. 1, pp. 160-165).

Susanto, D., Djauhari, Z., Olivia, M. (2019) Karakteristik Beton Portland Composite Cement (PCC) Dan Silica Fume Untuk Aplikasi Struktur di Daerah Laut. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(1), 1-11.

Sundaryani ,I.(2021) Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Jenis Semen Ordinary Portland Cement (Opc) Dan Semen Portland Compossite Cement (Pcc). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol.2(1) 1-10, ISSN 2715-4831.