

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan zaman era globalisasi yang semakin maju menimbulkan perkembangan teknologi konstruksi yang semakin pesat. Perkembangan teknologi konstruksi diperlukan agar kebutuhan akan bahan yang dibutuhkan tersedia dengan mudah dan cepat contohnya beton. Beton banyak digunakan sebab biayanya relatif murah serta gampang dibentuk dan bisa dirancang guna mencapai kekuatan yang direncanakan. Berbagai inovasi dalam bidang teknologi beton dikembangkan guna menghasilkan material beton yang instan, dan ramah lingkungan.

Dengan semakin meluasnya penggunaan beton dan makin meningkatnya skala pembangunan maka semakin banyak kebutuhan beton dimasa yang akan datang sehingga berpengaruh terhadap perkembangan teknologi beton dimana akan ada inovasi – inovasi baru terhadap beton itu sendiri (Muhammad Asri). Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi bangunan tersebut mengakibatkan peningkatan kebutuhan material beton, sehingga penambahan batuan sebagai salah satu bahan campuran pembuatan beton secara besar-besaran dapat menyebabkan turunnya jumlah sumberdaya alam yang tersedia untuk keperluan material pembuatan beton (Suharwanto). Sumber daya alam di negara kita tersedia cukup melimpah, namun tidak biasa dikatakan tak terbatas

jumlahnya. Pemanfaatan sumber daya alam haruslah diusahakan sehingga dapat mencapai daya guna dan tepat guna yang sebesar-besarnya.

Disisi lain ada beberapa bangunan tua yang terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak lagi dihuni. Pembuangan limbah tersebut memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Pembuangan limbah padat seperti ini pada dasarnya dapat mengurangi kesuburan tanah. Penelitian agregat daur ulang untuk pembuatan beton secara massal telah dilakukan oleh Rosidawani . Disamping itu saat ini sedang marak penggunaan beton siap pakai (ready mix) untuk pembuatan konstruksi bangunan, namun pada penerapannya sering terjadi kelebihan supply dan sisanya terkadang dibuang disembarang tempat. Yahya , K. & Boussabaine, AH menyatakan bahwa limbah yang dihasilkan dari pembangunan dan pembongkaran memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap lingkungan.

Permasalahan kerusakan alam yang diakibatkan oleh penambangan batuan yang berlebihan serta pembuangan limbah beton tersebut mendorong peneliti untuk memanfaatkan atau mendaur ulang limbah beton yang dihasilkan dari suatu aktifitas pembongkaran konstruksi bangunan sebagai agregat alternatif yang dapat menggantikan sebagian atau seluruh agregat alam di dalam campuran beton.

Agregat adalah salah satu bahan material pembentuk beton yang mempunyai komposisi terbesar dalam campuran beton, banyaknya jumlah penggunaan beton di dalam konstruksi mengakibatkan adanya peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu penambangan batuan sebagai salah satu bahan pembentuk beton secara besar-besaran. Hal ini menyebabkan turunnya

jumlah sumber alam yang tersedia bagi keperluan pembetonan dan perhitungan yang digunakan dalam perencanaan campuran beton pada agregat kasar sesuai dengan SNI 03-2834-2000.

Pemakaian limbah padat sebagai pengganti agregat kasar terhadap pembuatan beton di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari kontruksi bangunan. Oleh karna itu dalam penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran beton dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap kuat tekan beton

Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare merupakan bagian dari sarana pendidikan dalam program studi teknik sipil yang mempunyai tugas pokok melayani segala kebutuhan praktikum, perancangan material beton dengan persyaratan dan spesifikasi khusus, pengujian mutu dan sifat material, investigasi struktur eksisting, serta menyediakan *advice* dan konsultasi teknik. Beberapa penelitian telah dilakukan di laboratorium ini, namun yang menjadi permasalahan yaitu banyaknya limbah beton hasil penelitian sebelumnya yang menumpuk di sekitaran laboratorium. Hal ini dikarenakan sulitnya mencari lokasi pembuangan dan kurangnya pengetahuan mengenai pengolahan limbah beton. Limbah beton jika dibiarkan terus menumpuk dapat berdampak pada lingkungan sekitar. Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk memanfaatkan atau mendaur ulang limbah sisa beton yang dihasilkan dari suatu aktifitas pembongkaran atau

pengadaan kontruksi sebagai agregat alternatif yang dapat menggantikan sebagian atau seluruh agregat alam di dalam campuran beton.

Namun beberapa penelitian dan penjelasan sebelumnya mengenai agregat kasar daur ulang cenderung menyatakan bahwa agregat kasar daur ulang kurang baik untuk digunakan pada beton struktur. Menanggapi pernyataan tersebut, peneliti menambahkan penggunaan zat kimia *Adittive Beton Mix* ke dalam campuran beton yang menggunakan agregat kasar daur ulang yang diharapkan dapat menambah kekuatan beton tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kuat beton substitusi agregat kasar daur ulang yang ditambahkan zat kimia *Adittive Beton Mix* serta diharapkan adanya penambahan *Adittive Beton Mix* itu bisa menambah kuat tekan beton dengan agregat kasar daur ulang yang dimana pada penelitian sebelumnya hampir semua menyatakan agregat kasar daur ulang tidak cocok digunakan pada bangunan struktur dikarenakan kuat tekannya yang rendah.

Dari beberapa uraian yang telah dibahas diatas, Melatarbelakangi penulis untuk mengambil penelitian mengenai **Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Penambahan Adittive Beton Mix Terhadap Nilai Kuat Beton.**

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh substitusi limbah beton terhadap kuat tekan beton akibat variasi dari penambahan *adittive (Beton Mix)*?

2. Bagaimana hasil perbandingan setiap campuran substitusi agregat kasar alami dengan agregat kasar daur ulang yang ditambah bahan *additive* (*Beton Mix*)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh substitusi limbah beton terhadap kuat tekan beton akibat variasi dari penambahan *adittive* (*Beton Mix*)
2. Mengetahui hasil perbandingan setiap campuran substitusi agregat kasar murni dengan agregat kasar daur ulang yang ditambah bahan *additive* (*Beton Mix*)

D. Batasan Masalah

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

1. Perencanaan campuran beton sesuai SNI 7656:2012.
2. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 25 Mpa.
3. Bahan *additive* yang digunakan adalah *Beton Mix*.
4. Jumlah variasi yang digunakan ada 4 (empat) yaitu beton normal, limbah beton 25%, limbah beton + *Adittive* (*Beton Mix*) 400 ml dan limbah beton + *Adittive* (*Beton Mix*) 600 ml
5. Penggunaan *Adittive* (*Beton Mix*) 400 ml dan 600 ml berdasarkan penggunaan 1 sak semen (40 kg)
6. Pengujian yang dilakukan pada uji selinder adalah kuat tekan beton
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. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah beton sebagai pengganti agregat dalam campuran beton sehingga akan lebih ekonomis serta ramah lingkungan.
2. Dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan agregat kasar daur ulang dengan penambahan *Aditive (Beton Mix)* terhadap kuat tekan beton
3. Dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan agregat kasar daur ulang dengan penambahan *Aditive (Beton Mix)* terhadap nilai kuat tekan beton dengan campuran *Aditive (Beton Mix)* 400 ml dan 600 ml.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) terutama dalam bidang konstruksi.
5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan oleh pihak kampus dan pemerintah dalam mengatasi limbah beton.
6. Dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk acuan penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah beton dengan bahan *Additive (Beton Mix)* selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan salah satu konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton ini dibuat dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen serta air sampai menjadi satu kesatuan. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air.

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 struktural. 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	
I	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

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

1) Beton ringan

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 $800\text{--}1800\text{ kg/m}^3$ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m^3 , dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 Mpa sampai 17,24 Mpa menurut SNI 08-1991-03.

2) Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200\text{ kg/m}^3\text{--}2400\text{ kg/m}^3$ 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/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

4) Beton massa (*mass concrete*)

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

5) *Ferro-Cement*

Ferro-Cement adalah 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 Kekurangan Beton

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

a. Beton memiliki beberapa kelebihan seperti :

- 1) Beton mudah dibentuk menggunakan bekisting sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperature yang tinggi.
- 2) Beton memiliki kuat tekan yang tinggi.
- 3) Bahan baku beton relatif mudah didapat.
- 4) Beton relatif tidak memerlukan perawatan dan tahan lama.
- 5) Beton tahan aus dan bakar sehingga perawatannya relatif lebih murah dan mudah.

b. Namun beton juga memiliki kekurangan seperti :

- 1) Mutu akhir pekerjaan beton sangat dipengaruhi oleh mutu beton itu sendiri dan proses pelaksanaan pengecorannya.
- 2) Beton merupakan material dengan berat jenis yang lumayan besar yaitu 2400 kg/m^3 dan memiliki kuat tarik yang kecil sekitar 9-15% dari kekuatan tekannya.
- 3) Beton bersifat getas atau tidak daktil sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

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. 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 yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian

peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton.

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

a. Agregat halus

Agregat sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton. Agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus yang pipih akan membutuhkan air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat (*surface area*) akan lebih besar. Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33, yaitu:

- 1) Mempunyai butiran yang halus.
- 2) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- 3) Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
- 4) Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

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

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

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

Agregat kasar merupakan agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm ataupun agregat yang seluruh butirannya bisa tertahan diayakan 4,75 mm. Agregat kasar untuk beton bisa berbentuk kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batuan ataupun berbentuk batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual maupun mesin. Agregat kasar mesti terdiri dari butiran-butiran yang keras, permukaan yang kasar. Agregat kasar harus memenuhi ketentuan kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, serta tidak memiliki zat-zat organik yang bisa merusak beton.

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	

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

19	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,76	0-5	0-10	0-10

Adapun kualitas agregat yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah:

- 1) Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori.
Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
- 2) Agregat kasar harus bersih dari unsur organik.
- 3) Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.
Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
- 4) Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen sehingga akan mengikat dengan lebih baik.

2. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebahagi bahan tambahan. Fungsi semen ialah untuk

merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara butiran-butiran agregat.

Tabel 2.4 Susunan oksida semen Portland (Sumber: *Wikipedia*)

No.	Oksida	Persentase
1	Kapur (CaO_4)	60 – 65
2	Silika (SiO_2)	17 – 25
3	Alumina (Al_2O_3)	3 – 8
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5 – 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 – 4
6	Sulfur (SO_3)	1 – 2
7	Soda / Portash ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)	0,5 – 1

Menurut SII 0031-81 (Tjokrodimulyo, 1996), semen Portland dibagi menjadi lima jenis, namun untuk penggunaan umum biasanya hanya digunakan jenis semen tipe 1 (satu) karena tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal serta cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0-0,1%.

- a. Tipe I: Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan persyaratan khusus.
- b. Tipe II: Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
- d. Tipe IV: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.

- e. Tipe V: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Untuk keperluan campuran pembuatan beton, semen harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai berikut:

- a. Waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak boleh kurang dari 1jam (60 menit).
- b. Pengikatan awal semen normal 60 – 120 menit.
- c. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, yaitu bersih dari zat organis yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal.
- d. Suhu ruangan 23° C.

3. Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai 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.

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 bleeding, 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 hidrasi semen portland.
- e. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

Air adalah bahan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Pengaruh kotoran secara umum dapat menyebabkan:

- a. Gangguan pada hidrasi dan pengikatan.
- b. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan.
- c. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
- d. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton.
- e. Bercak-bercak pada campuran beton.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya (SNI 03-2847-2019).

Selain untuk reaksi pengikatan, dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih

tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6 , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

1. Air hujan

Air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbon dioksida.

2. Air permukaan

Terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.

3. Air tanah

Biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO_2 , H_2S dan NH_3 .

4. Air laut

- 1) Air laut mengandung 30.000–36.000 mg/liter gram (3 %-3,6 %) dapat digunakan sebagai air campuran beton tidak bertulang.
- 2) Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton.
- 3) Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram/liter
- c. Tidak mengandung *klorida* (C1) yang lebih dari 1 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

C. Material Alternatif

1. Limbah beton

Saat ini beton menjadi salah satu material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi. Salah satu bahan baku beton adalah split dari batu alam. Namun penambangan batu telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang sama besarnya dengan kerusakan akibat tumpukan limbah beton di berbagai tempat.

Pemakaian limbah padat sebagai pengganti agregat kasar terhadap pembuatan beton di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam serta dapat mengatasi dampak yang diakibatkan dari limbah tersebut. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari kontruksi bangunan atau dari hasil penelitian uji kuat tekan. Oleh karena itu dalam penelitian ini limbah beton hasil penelitian akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran beton dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap beton tersebut.

Menurut Hardjasaputra dan Ciputera (2018) kekuatan beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar limbah beton adalah sebesar 84%-86% dari kuat tekan beton yang direncanakan. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian

atau lebih agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat tekan beton. Sehubungan dengan hal tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan agregat kasar dan agregat halus dari limbah beton terhadap kuat tekan beton normal ($f_c' = 25$ MPa).

Menurut I Gusti Made Sudika, DKK. Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya diperoleh hasil:

a. Gradasi

Bentuk dan tekstur serta diameter butiran agregat limbah beton sama dengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diatur pada alat pemecahnya dan saringannya.

b. Kandungan Mortar dan Pasta Semen

Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat limbah beton berkisar antara 20–35% untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kurang lebih 45–60%. Kandungan mortar dan pasta semen tersebut mengakibatkan kekerasannya menurun dan adanya pasta semen yang mengeras disekeliling agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih licin sehingga bisang temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya.

c. Berat Jenis

Berat jenis agregat limbah beton tidak beda signifikan dengan agregat alam, yaitu 2440 kg/m^3 untuk agregat limbah beton sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis 2460 kg/m^3 .

d. Penyerapan Air

Nilai penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat limbah beton cenderung lebih besar yaitu 4,61% dibandingkan absorpsi agregat alam sebesar 3,95%. Hal ini dikarenakan agregat limbah beton masih tertutupi oleh mortar yang bersifat porous.

e. Tingkat Keausan

Tingkat keausan yang terjadi pada agregat limbah beton sebesar 36,04% sedangkan pada agregat alam sebesar 31,28%

2. *Adittive*

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah *additive* yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah kimia yang dimasukkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah *additive* merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah *additive* lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya (Mulyono, T. 2005).

Menurut standar ASTM C494/C494M–13 (2013), jenis dan definisi bahan tambah kimia ini dibedakan delapan tipe yaitu: Tipe A (*Water Reducing*), Tipe B (*Retarder*), Tipe C (*Accelerator*), Tipe D (*Water Reducer Retarder*), Tipe E

(*Water Reducer Accelerator*), Tipe F (*Super Plasticizer*), Tipe G (*High Range Water Reducer*).

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

Water-Reducing Admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi jumlah air pencampur untuk menghasilkan beton dengan konsistensi dan kekuatan tertentu. Selain itu juga digunakan dengan tidak mengurangi kadar semen dan nilai *slump* untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau menggunakan rasio faktor air semen yang rendah.

b. Tipe B “*Retarding Admixtures*”

Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaanya untuk menunda waktu pengikatan beton misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan yang dilakukan di lapangan ketika pengecoran berlangsung. Tipe B biasa digunakan pada beton yang dicor pada kondisi cuaca yang sangat panas.

c. Tipe C “*Accelerating Admixtures*”

Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan meningkatkan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton.

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

Water Reducing and Retarding Admixtures berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton

dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air yang digunakan dalam penelitian sehingga dapat memudahkan dalam pekerjaan.

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

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

f. Tipe F “*Water Reducing dan High Range Admixture*”

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

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

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *Superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja yang dimiliki pada saat pembuatan beton.

h. Tipe S “*Specific Performance Admixture*”

Specific performance admixture adalah bahan tambah yang memberikan karakteristik kinerja yang diinginkan selain mengurangi kandungan air atau mengubah waktu setting beton, atau keduanya, tanpa efek yang merugikan pada sifat beton segar, beton keras dan daya tahan beton sebagai kinerja yang ditentukan, termasuk bahan tambah terutama digunakan dalam pembuatan produk beton *dry cast*.

Superplasticizer yang diproduksi terdapat berbagai macam antara lain : viscocrete yang menggunakan bahan dasar *polycarboxylates*. *Superplasticizer* ini merupakan teknologi baru dari beton *additive* menghasilkan beton yang sangat cair, beton tanpa pemadatan (*self compacted*), mutu sangat tinggi dengan pengurangan air yang digunakan hingga 30%.

Superplastisizer merupakan bahan dari kimia tambahan pengurang air yaang sangat efektif. Kelebihan pemakean bahan tambahan ini diperoleh adukan dngan faktor air semen lebih rendah dalam nilai kekentalan adukan yang sama ataupun didapat adukan dengan kekentalan lebih encer deengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi namun harus sesuai dengan dosis yang di tentukan.

3. **Beton Mix**

Beton Mix merupakan zat *additive (water reducer)* dan termasuk produk jenis *Superplasticizer*. *Beton Mix* ditambahkan pada campuran mortar atau beton dengan tujuan untuk meningkatkan *workability* beton, mutu beton, dan mencegah agar beton tidak bocor. Kegunaan lain dari *Beton Mix* yaitu mempermudah dalam

proses pencampuran beton serta dapat mencegah terjadinya karatan pada tulangan besi/baja.

Aturan penggunaan *Beton Mix* dalam campuran beton yaitu 200-600 mililiter (ml) untuk 1 (satu) sak semen (semen dengan berat 40 kg). Rasio perbandingan antara semen dengan air harus seminimal mungkin, karena penambahan *Beton Mix* dalam campuran beton dapat mengurangi jumlah air yang digunakan yaitu 20-30% dari campuran beton normal (tanpa zat *additive*) pada umumnya.

Adapun cara penggunaan *Beton Mix* dalam campuran beton, yaitu sebagai berikut:

- 1) Agregat dimasukkan kedalam mesin molen (mesin *mixer*) sesuai dengan rancangan *mix design* yang telah direncanakan, kemudian aduk sampai rata sekitar 1-2 menit.
- 2) Masukkan air kedalam mesin sebanyak 70-80% dari total kebutuhan air, kemudian aduk selama 2-3 menit sampai rata.
- 3) *Beton Mix* dilarutkan kedalam sedikit air bersih, kemudian dimasukkan kedalam mesin dan diaduk selama 2-3 menit.
- 4) Tambahkan air secukupnya jika diperlukan untuk mengatur keenceran beton.
- 5) Kemudian campuran beton segar siap untuk diaplikasikan pada tempat yang diinginkan.

D. Sifat-Sifat Mekanis Beton

Sifat-sifat mekanis yang ada pada beton dibagi menjadi 2 (dua), yaitu 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 rangkai 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 :

$$f'_c = \sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$f'_c = \sigma$ = 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. 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. Dahlia Patah dan Amry Dasar (2022) melakukan penelitian tentang “Pengaruh Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton”. Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: Limbah beton dapat digunakan dalam campuran beton ditinjau pada peningkatan kekuatan dan pemanfaatan limbah beton. Kekuatan beton meningkat dengan penggunaan limbah beton dengan rasio optimum penggantian agregat kasar sebesar 10% dengan kuat tekan mencapai 40,03 MPa pada umur 28 hari dengan persentase kenaikan 16,4% dari beton normal. Kemudian, campuran beton yang mengandung agregat limbah beton hingga 40% hanya dapat mencapai tingkat kekuatan antara 93,7% hingga 98,5% mendekati dengan kuat tekan beton normal 34.39 MPa.
2. Andri Agusti dan RR. Susi Riwayati (2021) melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan *Superplasticizer* kedalam Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton K-400 Pada Umur 28 Hari” Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: 1. Penggunaan *superplasticizer* sebagai bahan tambah sangat mempengaruhi

hasil kuat tekan beton dengan kekuatan tinggi. 2. Kuat tekan beton normal 28 hari mendapatkan hasil 412,5 kg/cm². Pada penambahan *superplasticizer* 3% pada umur 28 hari mendapatkan nilai optimum sebesar 452,6 kg/cm². Jadi *Superplasticizers* sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

3. Emir Musa, Arie Wardhono (2018) Melakukan Penelitian Tentang “Pengaruh Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Geopolimer Dengan Naoh 12m” Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk varian campuran beton geopolimer dengan penggunaan SP dapat memperlambat setting time awal binder geopolimer dari 30 menit untuk penambahan SP 0.5% hingga 39 menit untuk penambahan SP 2.0%. Uji porositas didapatkan SP dapat meningkatkan nilai porositas beton geopolimer pada hampir keseluruhan benda uji. Dari uji tekan didapatkan bahwa SP dapat meningkatkan kuat tekan beton geopolimer hingga rata-rata maksimum 13.58 MPa pada usia 28 Hari.
4. Aprizal Fauzi dan Eko Walujodjati (2021) melakukan penelitian tentang “Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat Kasar Daur Ulang dan Bahan Tambah Tipe F *Superplasticizer*”. Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: 1. Penggunaan substitusi agregat kasar daurl ulang dan bahan tambah tipe F (Super Plasticizer) pada campuran beton cenderung mengurangi kuat tekan dibandingkan dengan beton normal, kecuali dalam campuran ke-4 dimana substitusi agregat daurl ulang 60% + SP menunjukkan peningkatan kuat tekan 3,7% yakni sebesar

8,49 Mpa.2. Hasil perbandingan setiap campuran substitusi agregat kasar murni dengan agregat kasar daur ulang yang ditambah bahan Tipe F (*super plasticizer*) menunjukkan kekuatan tekan yang tidak konsisten, campuran 1 memiliki nilai kuat tekan rata-rata 7,64 MPa, campuran 2 = 7,74 MPa, campuran 3 = 8,49 MPa, dan campuran 4 = 6,79 MPa.

5. Hanafi Ashad, DKK (2019) melakukan penelitian tentang Persamaan Konstitusif Beton Menggunakan Beton Daur Ulang Sebagai Agregat Kasar Dengan *Additive Silica Fume*. Berdasarkan Dari Hasil Penelitian Yang Dilakukan Dapat Ditarik Kesimpulan Sebagai Berikut: (1). Hasil pengujian kuat tekan variasi 0% sebesar 21,14 MPa, variasi 5 % sebesar 24,16 Mpa, variasi 10% sebesar 26,80 MPa, dan variasi 15 % sebesar 24,72 MPa. (2). Untuk hasil pengujian modulus elastisitas , variasi silica fume 0% sebesar 24158,84 MPa, silica fume 5 % sebesar 25690,63 MPa, silica fume 10 % sebesar 26299,05 MPa dan silica fume 15 % sebesar 24705,10 MPa. (3). Penggunaan silica fume optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum terdapat pada variasi silica fume 10,11 % dengan kuat tekan yaitu 26,14 MPa.

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 4 (empat) variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan beton.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 (dua) bulan yaitu dimulai pada tanggal 01 Maret 2024 sampai dengan 08 April 2024.

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Jenis Kegiatan	Maret				April			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi literatur								
2	Persiapan laboratorium								
3	Pengujian bahan dasar								
4	Pembuatan benda uji								
5	Uji kuat tekan beton								
6	Analisa hasil pengujian								

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat penelitian

a. Saringan

- 1) Saringan dengan nomor berturut-turut 4,75 mm (No. 4), 2,40 mm (No. 8), 1,2 mm (No. 16), 0,60 mm (No. 30), 0,30 mm (No. 50), 0,15 mm (No. 100), No. 200 yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat halus (pasir).
- 2) Saringan dengan nomor berturut-turut 56,25 mm (No. 1 ½), 37,50 mm (No. 1), 19,05 mm (No. 3/4), 9,60 mm (No. 3/8), 4,75 mm (No. 4) yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar untuk mengetahui gradasi agregat kasar (kerikil).

b. Oven

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

c. Gelas Ukur

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

d. Timbangan

Timbangan difungsikan untuk menimbang bahan-bahan benda uji

e. Cetakan Beton

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

f. Concrete mixer / mesin pencampur

Digunakan untuk mencampur semua bahan-bahan benda uji

g. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.

h. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji

i. Kerucut *abrams*.

Kerucut *abrams* digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai *slump*).

j. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai *slump*.

k. Batang baja

Batang baja digunakan untuk memadatkan adukan beton.

1. *Universal Testing Machine*

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

m. Mesin Los Angeles

Mesin Los Angeles digunakan untuk menguji ketahanan aus agregat yang dilengkapi dengan bola-bola baja.

2. Bahan Penelitian

a. Agregat

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

b. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland

c. Air

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

d. Limbah Beton

Limbah beton yang digunakan di dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare

e. *Adittive*

Adittive yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Beton Mix*.

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 Gravity*)

Berat jenis kering permukaan (*Bulk Specific Gravity*) 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 Gravity*)

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) 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 (B_k)
- 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 (B_j)
- g. Letakkan benda uji dalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya dalam air (B_a)
- h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25°C)

Berikut adalah perhitungan yang digunakan dalam menentukan berat jenis agregat :

$$\text{a. Berat jenis (Bulk Specify Gravity)} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{b. Berat jenis SSD} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{c. Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{d. Penyerapan (Arbsorbsi)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

Bk = Berat kering oven (gram)

Bj = Berat kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat 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 3.2 Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air-semen atau rasio air-(semen+bahan bersifat semen), dan sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi rekomendasi serta memenuhi persyaratan spesifikasi proyek yang bersangkutan.

Adapun tabel 3.2 Volume agregat kasar per satuan volume beton yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 2 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 (keleccakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (*pavement*), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

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

$$W = V \times SSD \dots\dots\dots(6)$$

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-bahan yang sama. Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 3.3 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 3.3 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

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 3 (tiga) yaitu sebagai berikut:

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi dari substitusi limbah beton dengan bahan tambah *aditive (Beton Mix)*. Adapun data primer yang diperlukan dibagi 2 (dua) jenis yaitu:

a. Karakteristik bahan

Data yang diperlukan pada karakteristik bahan didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

1) Karakteristik agregat halus

- a) Gradasi butiran agregat halus
- b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus
- c) Pemeriksaan berat volume agregat halus
- d) Pemeriksaan kandungan lumpur
- e) Pemeriksaan kadar air
- f) Pemeriksaan zat organik

2) Karakteristik agregat kasar

- a) Gradasi butiran agregat kasar

- b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
- c) Pemeriksaan berat volume dalam agregat kasar
- d) Pemeriksaan kandungan lumpur
- e) Pemeriksaan kadar air
- f) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles

3) Karakteristik agregat limbah beton

- a) Gradasi butiran agregat kasar
- b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
- c) Pemeriksaan berat volume dan rongga udara dalam agregat kasar
- d) Pemeriksaan kandungan lumpur
- e) Pemeriksaan kadar air
- f) Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles

4) Karakteristik semen

- a) Pemeriksaan berat jenis semen
- b) Konsistensi normal semen portland
- c) Pengujian waktu mengikat awal dan mengeras semen portland

b. Karakteristik beton

Data yang diperlukan pada karakteristik beton didapatkan pada pengujian sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan selinder
- 2) Distribusi agregat kadar dan agregat halus

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.

3. Benda uji

Campuran tanah-semen dan air sebanyak yang direncanakan dan dipadatkan dalam silinder cetakan tertentu. Adapun contoh gambar 3.1 benda uji yang dibuat



Gambar 3. 1 Benda uji selinder 300 mm × 150 mm (Sumber: Dokumentasi pribadi di Laboratorium struktur dan bahan Universitas Muhammadiyah Parepare)

Tabel 3.4 Variasi campuran limbah beton untuk kuat tekan beton

Kode	Variasi campuran beton	Kuat tekan beton			Jumlah
		Umur beton (hari)			
		7	14	28	
BN	BN	3	3	3	9
BLB0	B + LB 25%	3	3	3	9
BLB400	B + LB 25% + BM 400 ml	3	3	3	9
BLB600	B + LB 25% + BM 600 ml	3	3	3	9
Total					36

Keterangan:

BN :Beton Normal

LB :Limbah Beton

BM :Aditive (Beton Mix)

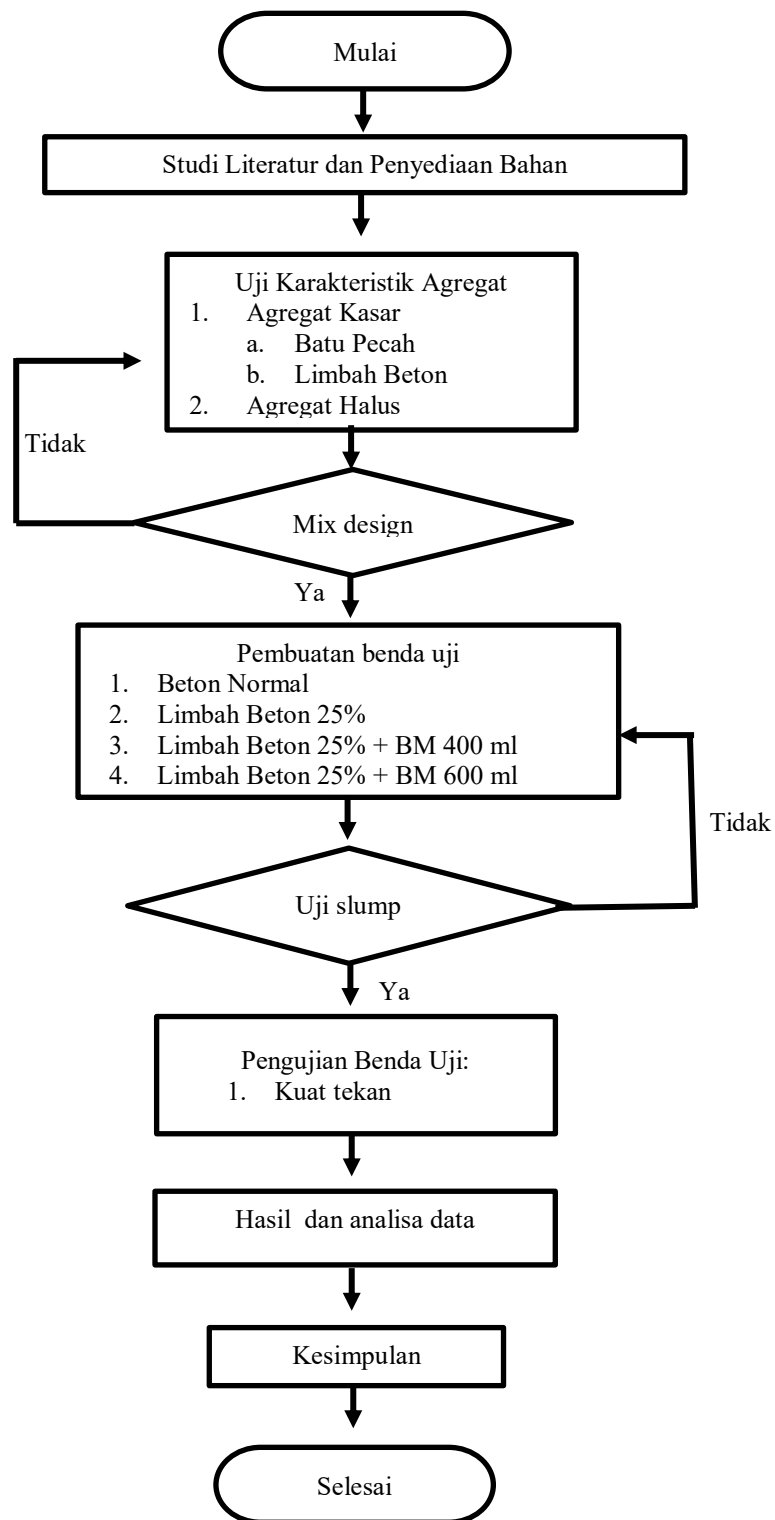
F. Teknik Analisis Data

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 dalam 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 3.2 Bagan alur 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 limbah beton. 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

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2.8%	4.4%	3.57%	Memenuhi
2	Kadar organik	< 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	1.85	1.63	1.74	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.58	1.84	1.71	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	2.9	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 3,57%, 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 lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 3,57%, 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.

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 1,74 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,71, 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

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET.
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.6%	0.80%	0.69%	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	1.63	1.65	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6-1,9 kg/liter	1.86	1.86	1.86	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

Lanjutan **Tabel 4.3** Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar

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 0,69%, 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 1,65 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 2,83. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,61. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,69 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.

3. Agregat Limbah Beton

Tabel 4.4 Rekapitulasi pengujian agregat limbah beton

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KET
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0.90%	0.60%	1%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	24.2%	22.0%	23%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1%	1%	1%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1.67	1.63	1.65	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1.76	1.89	1.82	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	2%	3%	3%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. Nyata	1,6 - 3,3	2.46	2.51	2.49	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.32	2.36	2.34	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.38	2.42	2.40	Memenuhi

Lanjutan **Tabel 4.5** Rekapitulasi pengujian agregat limbah beton

7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	6.84	6.52	6.68	Memenuhi
---	-------------------	-----------	------	------	------	----------

Dari pengujian agregat limbah beton diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 1% yang nilainya lebih kecil dari 1 % sehingga agregat limbah beton dapat dijadikan bahan campuran beton.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles* diatas didapatkan hasil 23% yang nilainya lebih kecil dari 50 % sehingga agregat limbah beton dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

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

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,65 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,82 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat limbah beton dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 3% yang nilainya diatas interval maksimum 4 % sehingga jumlah air yang diperlukan

harus diperhitungkan kembali sebelum agregat limbah beton dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,49. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,34. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,40 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat limbah beton 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 6,68 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
<i>Slump</i>	= 60 – 180 mm
Ukuran agregat maksimum	= 20
Berat kering oven agregat kasar	= 1.856
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 SSD limbah beton	= 2.40

Perhitungan

1. Deviasi Standart

$$F_c' = 25 \text{ Mpa}$$

2. Deviasi Standart

Tabel 4.4 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendaili	8,4

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat jelek dikarenakan penelitian sebelumnya tidak pernah melakukan penelitian atau tidak ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah (margin)

$$\begin{aligned}
 M &= 1,64 \times SR \\
 &= 1,64 \times 7 \\
 &= 11,48 \text{ Mpa} \cong 12 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$\begin{aligned}
 f'c_{target} &= f'c + m \\
 &= 25 + 12 \\
 &= 37 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

6. Jenis Agregat

Agregat Halus = Alami

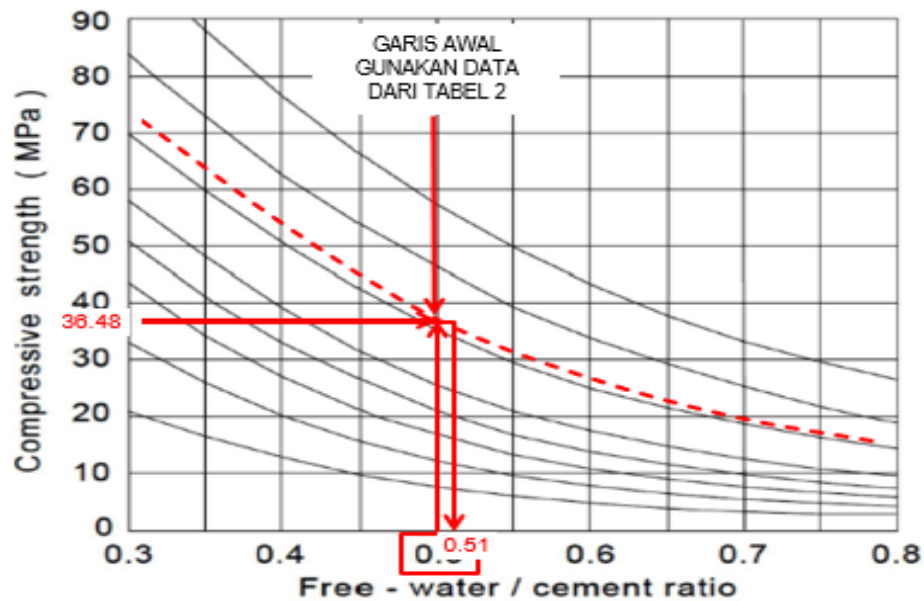
Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

$$= 0,51 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.5 Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) dengan faktor air semen, dan agregat Kasar (Sumber : SNI03-02-2834)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				
		Umur (hari)				Bentuk Uji
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 4.1 Grafik perkiraan faktor air semen (Sumber: SNI 03-2834:2000).

f'_c rencana = 25 Mpa

f'_c target = 36,48 Mpa

fas pakai = 0,51

8. Faktor Air Semen Maksimum

= 0,60

Tabel 4.6 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adala 10 ± 2 , atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah :

$$= 60 - 180$$

10. Ukuran Agregat Maksimum

$$= 20 \text{ mm}$$

Tabel 4.7 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Kadar Air Bebas

$$W_h = 195$$

$$W_k = 225$$

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan w_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$W = \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k$$

$$W = \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225$$

$$W = 205,00 \text{ kg/m}^3$$

12. Kadar Semen

Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / \text{FAS Max}$$

Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

$$C = W / \text{FAS Bebas}$$

Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

$$C = W / \text{FAS Max}$$

$$C = 401,50 \text{ Kg/m}^3$$

13. Kadar Semen Minimum

$$= 325,00 \text{ Kg/m}^3$$

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

$$= 401,50 \text{ Kg/m}^3$$

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

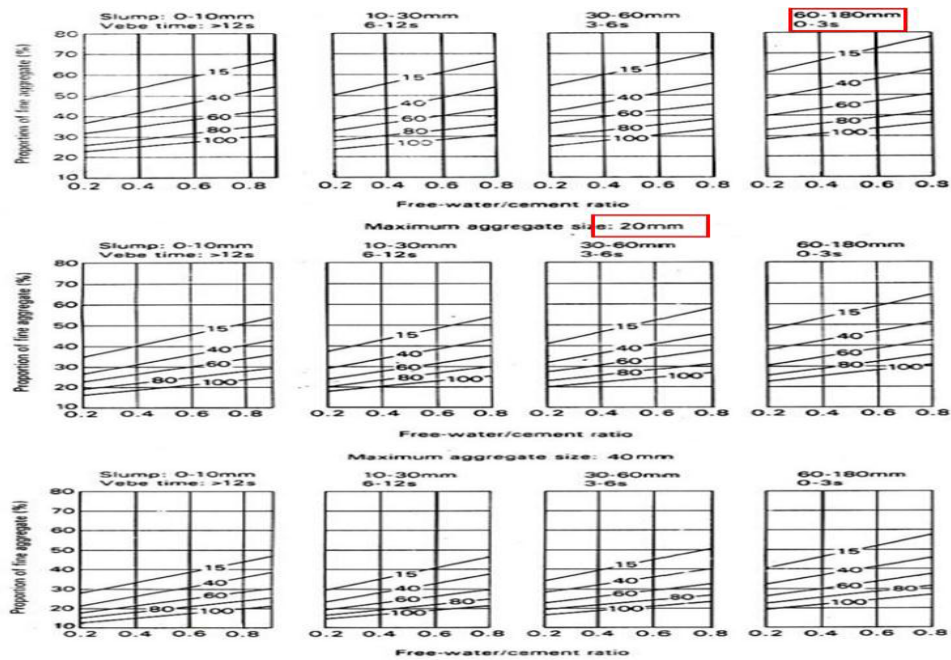
$$\text{Jenis pasir} = \text{Sedang}$$

16. Berat Jenis Agregat

$$\text{Berat Jenis Agregat Halus} = 2,56$$

$$\text{Berat Jenis Agregat Kasar} = 2,69$$

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 2 Perkiraan Persen Agregat (Sumber: SNI 03-2834:2000).

$$\begin{aligned}\text{Persen Agregat Halus} &= 59 \% + 25 \% / 2 \\ &= 41 \%\end{aligned}$$

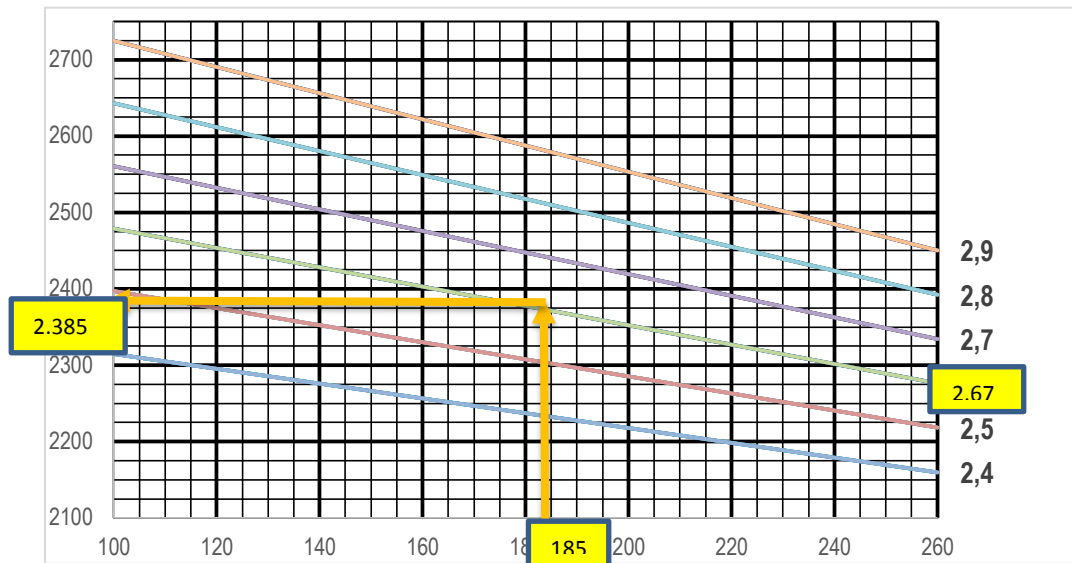
$$\begin{aligned}\text{Persen Agregat Kasar} &= 100 \% - \text{Persen Agregat Halus} \\ &= 100 \% - 41 \% \\ &= 59 \%\end{aligned}$$

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned}\text{Bj Ag.Gab} &= (\text{Persesn Ag.Halus} \times \text{Bj.Ag.Halus}) + (\text{Persen Ag.Kasar} \\ &\quad \times \text{Bj.Ag.Kasar}) \\ &= 267\% \\ &= 2,67\end{aligned}$$

19. Berat Isi Beton



Gambar 4.3 Grafik perkiraan berat isi beton (Sumber: SNI 03-2834:2000).

Berat isi beton = 2.401 kg/m^3

20. Kadar Agregat Gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

Kadar Ag.gab = Berat isi beton – Kadar semen – Kadari air bebas

Kadar Ag.gab = $1794,50 \text{ kg/m}^3$

21. Kadar Agregat Halus

Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

= $574,24 \text{ kg/m}^3$

22. Kadar Agregat Kasar

Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan – Kadar agregat halus

= $1220,26 \text{ kg/m}^3$

23. Koreksi Terhadap Kadar Air

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

19990

Misal, kadar air yang didapat

Ag.Kasar = 1,94%

Ag.Halus = 3,44%

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

Ag.Kasar (Basah) = 1,94 % x 1220,26 = 23,673 kg

Ag.Halus (Basah) = 3,44 % x 574,24 = 19,754 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 = 3,04% x 1220,26 = 37,096 kg

Air ang diberikan Ag.halus = 1,45% x 574,24 = 8,326 kg

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut

$205,0 - 43,427 + 45,422 = 206,995 \text{ kg}$

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagi berikut

Air (yang ditambahkan) = 206,995 kg

Semen = 405,872 kg

Ag.Kasar = 1206,837 kg

Ag.Halus = 585,668 kg

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

Tabel 4.8 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m^3 Beton (Sumber : Hasil olah data)

	Berdasarkan Koreksi terhadap kadar air (kg)	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
--	---	--	----------------------------------

Lanjutan **Tabel 4.8** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m³ Beton
(Sumber : Hasil olah data)

Air (berat bersih)	206,995	205.0	205.0
Semen	405,872	401,50	401,50
Ag. Kasar (kering)	1206,837	1220,26	1220,26
Ag. Halus (kering)	585,668	574,24	574,24

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

1,00	1,43	3,04	0.51
------	------	------	------

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 9 silinder beton

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 silinder} &= \frac{1}{4} \pi d^2 h \\
 &= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 \\
 &= 0.0053014 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume total silinder} &= \text{Volume 1 silinder} \times \text{Jumlah beton silinder} \\
 &= 0,0053014 \text{ m}^3 \times 9 \\
 &= 0,0477126 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tambahan} &= \text{vol. 9 silinder} \times 15\% \\
 &= 0,0477126 \text{ m}^3 \times 15\% \\
 &= 0,00715689 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Vol. total} = \text{Vol. total silinder} + \text{Vol. Tambahan}$$

$$= 0,0477126 \text{ m}^3 + 0,00715689 \text{ m}^3$$

$$= 0,05486949 \text{ m}^3$$

Tabel 4.9 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 9 Silinder Beton
(Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton		kebutuhan persatu selinder beton		kebutuhan 9 selinder	
W semen	401.50	kg	2.45	kg	22.03	kg
W pasir	561.61	kg	3.42	kg	30.82	kg
W kerikil	1223.3	kg	7.46	kg	67.12	kg
W air	214.58	kg	1.31	kg	11.77	kg

26. Kebutuhan Limbah Beton Perbenda Uji :

1. Kebutuhan Beton Normal

$$\text{Diameter (d)} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 silinder} &= \frac{1}{4} \pi d^2 h \\ &= \frac{1}{4} 3,14 \times 0,15^2 \times 0,30 \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Volume tambahan} &= \text{Vol.1 silinder} \times 15\% \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3 \times 15\% \\ &= 0.000795 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. total 1 silinder} &= \text{Vol. 1 silinder} + \text{Vol. Tambahan} \\ &= 0.0053014 \text{ m}^3 + 0.000795 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$= 0.006096 \text{ m}^3$$

Tabel 4.10 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Beton Normal
(Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton		kebutuhan persatu selinder beton		kebutuhan 9 selinder	
W semen	401.50	kg	2.45	kg	22.03	kg
W pasir	561.61	kg	3.42	kg	30.82	kg
W kerikil	1223.3	kg	7.46	kg	67.12	kg
W air	214.58	kg	1.31	kg	11.77	kg

b. Untuk variasi Limbah Beton 25%

Kebutuhan volume limbah beton 25%

$$\text{Vol. Kerikil} = B. \text{Kerikil} / BV. \text{Kerikil}$$

$$= 1223,3 \times 1,856.4$$

$$= 0.659 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Limbah beton} = \text{Vol. Kerikil} \times 25\%$$

$$= 0,659 \text{ m}^3 \times 25\%$$

$$= 0,1647 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat limbah beton} = \text{Vol. Limbah beton} \times \text{Vol. Limbah Beton}$$

$$= 0,1647 \text{ m}^3 \times 1,821.93 \text{ kg/m}^3$$

$$= 300,155 \text{ Kg}$$

$$\text{Vol. Kerikil} = \text{Vol. Kerikil} \times 75\%$$

$$= 0,659 \text{ m}^3 \times 75\%$$

$$= 0,494 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Limbah Beton} = \text{Vol. Kerikil} \times BV. \text{Kerikil}$$

$$= 0,494 \text{ m}^3 \times 1,8221.93 \text{ kg/m}^3$$

$$= 917,483 \text{ Kg}$$

Kebutuhan bahan untuk variasi Limbah Beton 25%

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi limbah beton 25% (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton		kebutuhan persatu selinder beton		Kebutuhan 9 Silinder	
W semen	401.50	kg	2.45	kg	22.03	kg
W pasir	561.61	kg	3.42	kg	30.82	kg
W kerikil	917.48	kg	5.59	kg	50.34	kg
W limbah beton 25%	300.15	kg	1.83	kg	16.47	kg
W air	214.58	kg	1.31	kg	11.77	kg

c. Untuk variasi 25% limbah beton +beton mix 400 ml

$$\text{Vol. Kerikil} = B. \text{ Kerikil} / BV. \text{ Kerikil}$$

$$= 214,6 / 1,856.4$$

$$= 0.116 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Limbah Beton} = \text{Vol. Kerikil} \times 25\%$$

$$= 0.116 \text{ m}^3 \times 25\%$$

$$= 0,029 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Kerikil} = \text{Vol. Limbah Beton} \times BV. \text{ Limbah Beton}$$

$$= 0,029 \text{ m}^3 \times 1,821.93 \text{ kg/m}^3$$

$$= 52,651 \text{ Kg}$$

$$\text{Vol. Kerikil} = \text{Vol. Kerikil} \times 75\%$$

$$= 0,116 \text{ m}^3 \times 75\%$$

$$= 0,087 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Kerikil} = \text{Vol. Kerikil} \times BV. \text{ Kerikil}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,087 \text{ m}^3 \times 1,856.37 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 160,937 \text{ Kg} \\
 \text{Vol. Beton mix} &= \text{Kebutuhan BM} / 1 \text{ Zak semen (40 Kg)} \\
 &= 400 \text{ ml} / 40,0 \text{ Kg} \\
 &= 10 \text{ ml} \\
 \text{Berat Air} &= 80\% \text{ dari total kebutuhan air} \\
 &= 443,9 \times 80\% \\
 &= 355,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan untuk variasi 25% limbah beton + beton mix 400 ml

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 25% limbah beton + beton mix 400 ml (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 9 Silinder
W semen	401.50 kg	2.45 kg	22.03 kg
W pasir	561.61 kg	3.42 kg	30.82 kg
W kerikil	917.48 kg	5.59 kg	50.34 kg
W limbah beton 25%	300.15 kg	1.83 kg	21.96 kg
W Beton Mix 400ml	10.00 kg	0.06 kg	0.55 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	11.77 kg

d. Untuk variasi 25% limbah beton + beton mix 600 ml

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. Limbah beton} &= \text{Vol. Kerikil} \times 25\% \\
 &= 0,422 \text{ m}^3 \times 25\% \\
 &= 0.106 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. Kerikil tersisa} &= \text{Vol. Kerikil} - \text{Vol. Limbah beton} \\
 &= 0.422 \text{ m}^3 - 0.106 \text{ m}^3 \\
 &= 0,317 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat limbah beton} &= \text{Vol. limbah beton} \times \text{BJ. Limbah beton} \\
 &= 0,106 \text{ m}^3 \times 2,397.04 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 252,939 \text{ Kg} \\
 \text{Berat Kerikil} &= \text{Vol. Kerikil} \times \text{BJ. Kerikil} \\
 &= 0,317 \text{ m}^3 \times 2,689.35 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 851,354 \text{ m}^3 \\
 \text{Vol. Beton mix} &= \text{Kebutuhan BM} / 1 \text{ Zak semen (40 Kg)} \\
 &= 600 \text{ ml} / 40,0 \text{ kg} \\
 &= 15 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat Air} &= 80\% \text{ dari total kebutuhan air} \\
 &= 31,6 \times 80\% \\
 &= 25,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan untuk variasi 25% limbah beton + beton mix 600 ml

Tabel 4.13 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 25% limbah beton + beton mix 600 ml (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton		kebutuhan persatu selinder beton		Kebutuhan 9 Silinder	
W semen	401.50	kg	2.45	kg	22.03	kg
W pasir	561.61	kg	3.42	kg	30.82	kg
W kerikil	917.48	kg	5.59	kg	50.34	kg

Lanjutan **Tabel 4.13** Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 25% limbah beton + beton mix 600 ml (Sumber : Hasil olah data)

W limbah beton 25%	300.15 kg	1.83 kg	21.96 kg
W Betonmix 600ml	15.00 kg	0.09 kg	0.82 kg
W air	214.58 kg	1.31 kg	11.77 kg

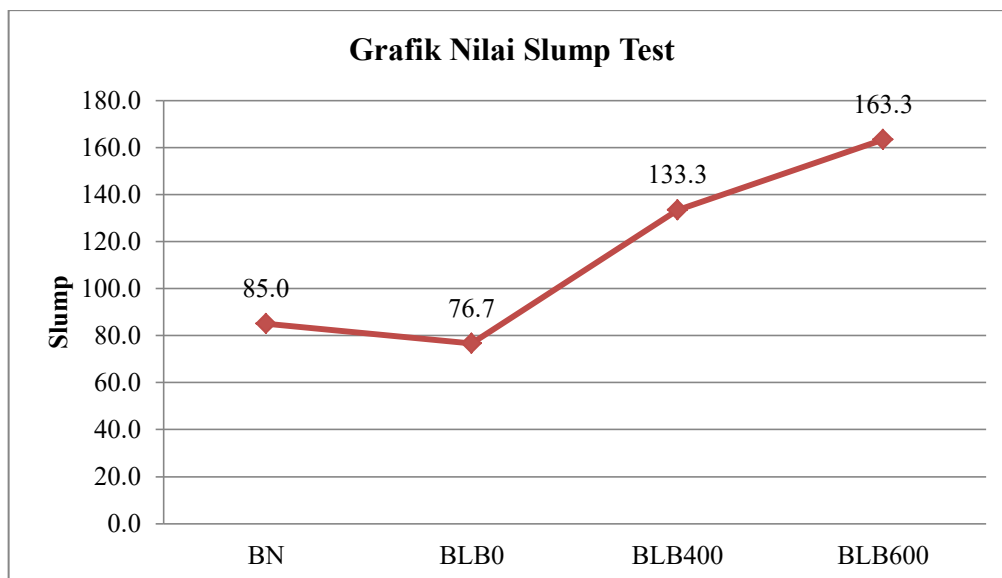
C. Nilai *Slump*

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 4.14 Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2022)

NO	Variasi Campuran beton	Waktu campur (menit)	<i>Slump</i> rencana (mm)	<i>Slump</i> rata-rata lapangan (mm)
1	BN	± 10	75 – 100	85.0
2	BLB ₀			76.7
3	BLB ₄₀₀			133.3
4	BLB ₆₀₀			163.3

Berdasarkan tabel 4.8 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi. Dimana pada beton normal dan penambahan limbah beton didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana, sedangkan pada penggunaan *beton mix* nilai *Slump test* mengalami penurunan dan tidak memenuhi *slump* rencana. Hal ini dikarenakan penambahan *beton mix* dalam campuran yang termasuk zat *additive (water reducer)* sehingga meningkatkan tingkat *workability* campuran.



Gambar 4. 4 Perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi

Dari gambar 4.1 tampak bahwa untuk kondisi tanpa *additive* substitusi 25% agregat kasar limbah beton menyebabkan penurunan *workability*, hal ini dikarenakan limbah beton memiliki tekstur permukaan yang tidak beraturan dan berongga sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada limbah beton saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai *slump* atau *workability* campuran beton berkurang.

Sedangkan ketika ditambahkan *beton mix* dalam campuran nilai *slump* naik seiring bertambahnya additive, hal ini dikarenakan sifat dari zat additive menyebabkan permukaan agregat dalam campuran beton lebih licin.

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 9 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, limbah beton 25%, limbah beton 25%+*Beton Mix* 400ml dan limbah beton 25%+*Beton Mix* 600ml. 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, limbah beton 25%, limbah beton 25%+*Beton Mix* 400ml dan limbah beton 25%+*Beton Mix* 600ml dengan 3 hari perawatan yaitu sebagai berikut :

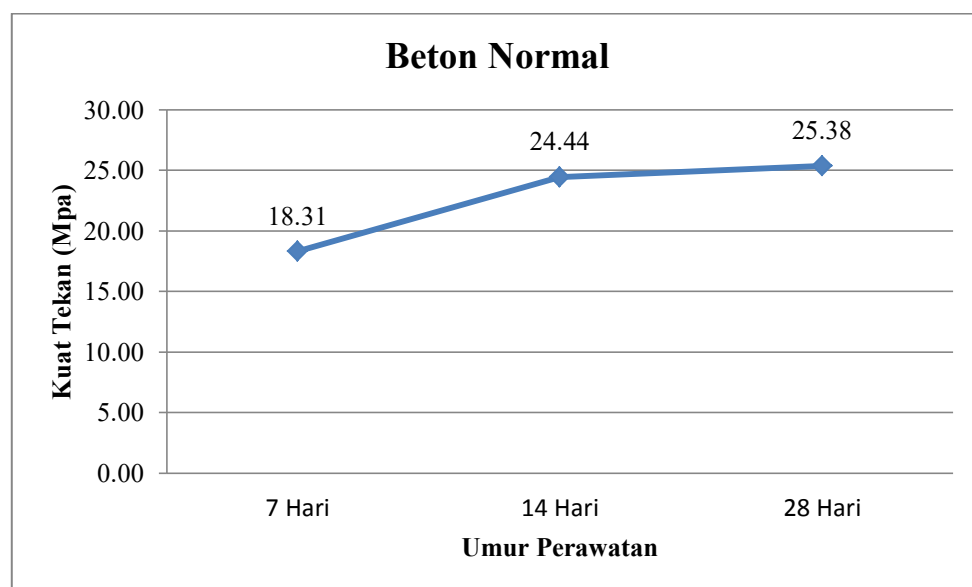
1. Beton normal

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

Tabel 4.15 Rekap hasil kuat tekan beton normal

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	12.242	323.33	18.31
2	14 Hari	12.317	431.67	24.44
3	28 Hari	12.325	448.33	25.38

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 18,31 MPa untuk umur 7 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, 24,44 MPa untuk umur 14 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, dan 25,38 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang diinginkan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 6,13 Mpa atau 33,47% sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 0,94 Mpa atau 3,85%.

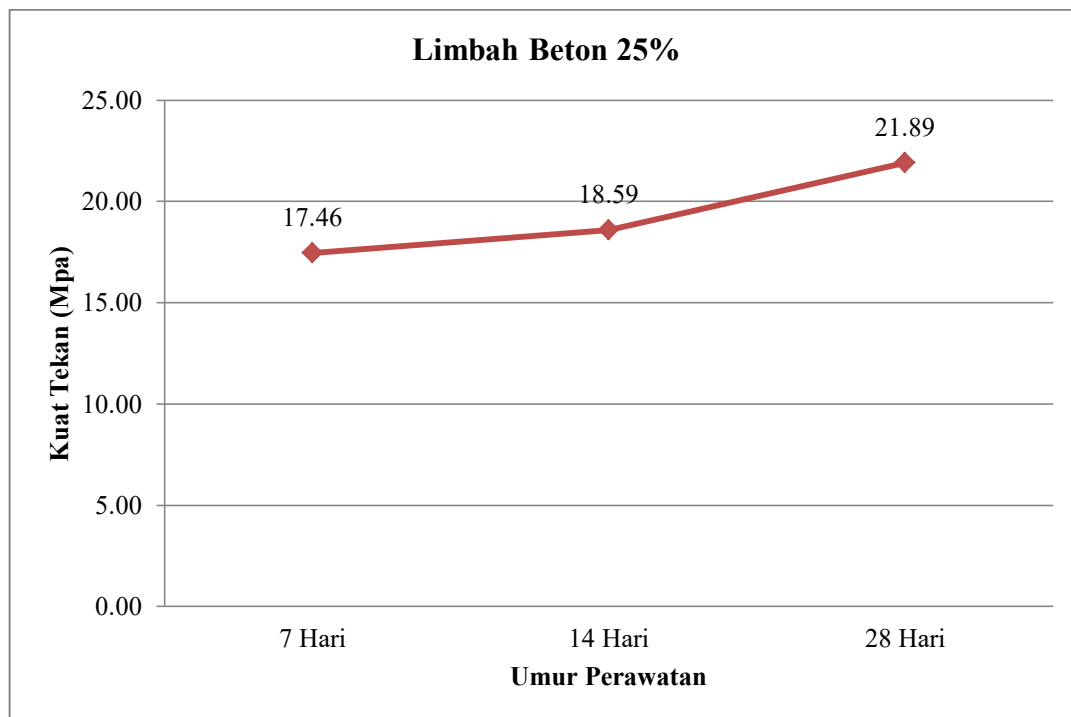
2. Limbah beton 25%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada beton 25% limbah beton yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.16 Rekap hasil kuat tekan beton variasi 25% limbah beton

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	12.017	308.33	17.46
2	14 Hari	12.020	328.33	18.59
3	28 Hari	12.228	387.67	21.89

Pada pengujian sampel uji dengan 25% Limbah beton dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 17,46 MPa untuk umur 7 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, 18,59 MPa untuk umur 14 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, dan 21,89 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:

**Gambar 4.6** Grafik pengujian kuat tekan variasi 25%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan 25% limbah beton mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 1,13

Mpa atau 6,47% sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 3,3 Mpa 17,7%.

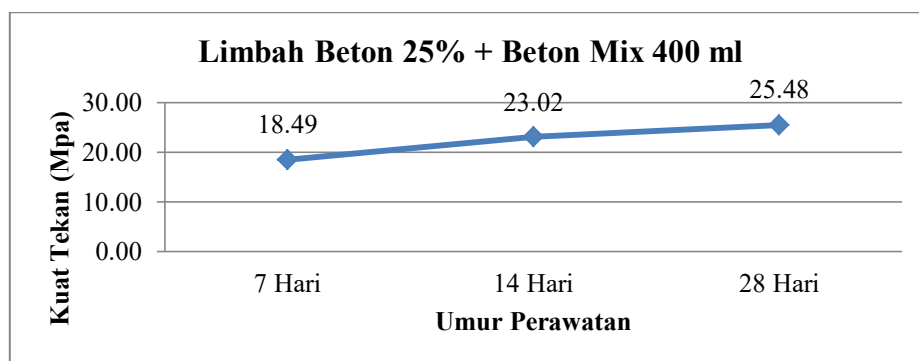
3. Limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada Limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.17 Rekap hasil kuat tekan beton Limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	12.563	326.7	18.49
2	14 Hari	12.553	406.7	23.02
3	28 Hari	12.400	450	25.48

Pada pengujian sampel uji dengan Limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 18,49 MPa untuk umur 7 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, 23,02 MPa untuk umur 14 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, dan 25,48 MPa untuk umur 28 hari, dimana telah memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik pengujian kuat tekan Limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa Limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,53 Mpa atau 24,50% sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 2,46 Mpa atau 10,70%.

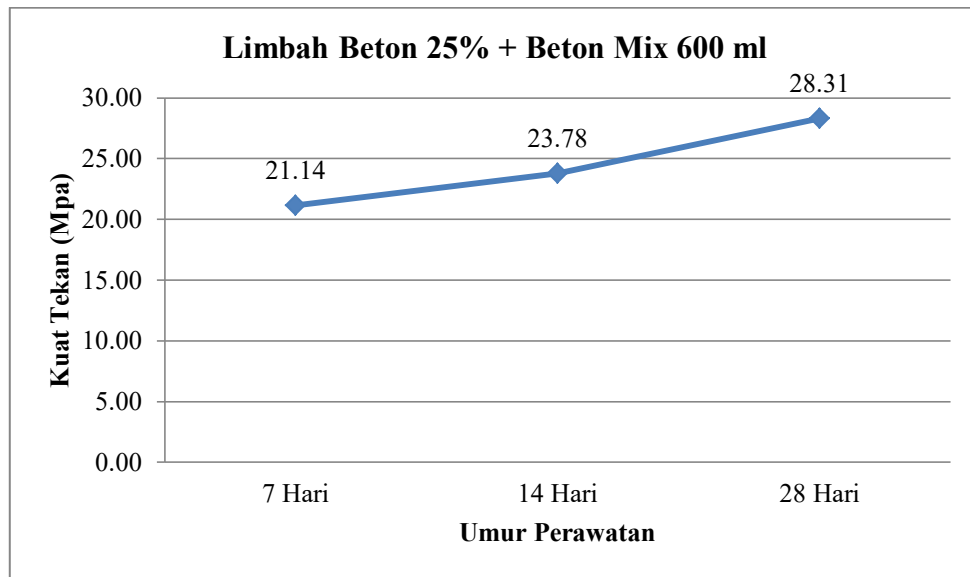
4. Limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan rata-rata pada Limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Tabel rekap hasil kuat tekan Limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f_c (MPa)
1	7 Hari	12.06	373.33	21.14
2	14 Hari	12.13	420	23.78
3	28 Hari	12.37	500	28.31

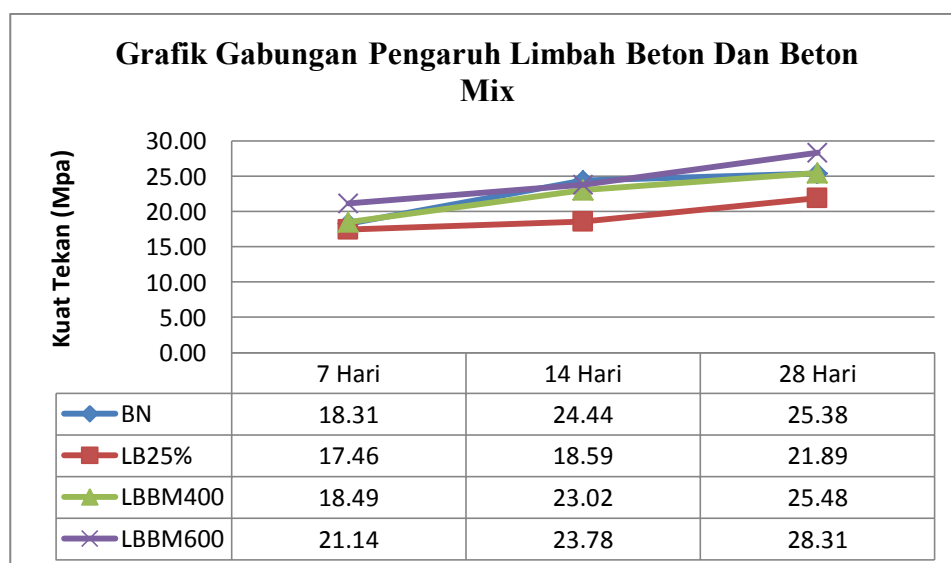
Pada pengujian sampel uji dengan Limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan rata-rata 21,14 MPa untuk umur 7 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, 23,78 MPa untuk umur 14 hari tidak mencapai kuat tekan yang direncanakan, dan 28,31 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik pengujian kuat tekan Limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa Limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,64 Mpa atau 12,49% sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 4,53 Mpa atau 19,05%.

Berikut adalah grafik gabungan pengaruh limbah beton dan *Beton Mix*:



Gambar 4.9 Grafik gabungan pengaruh limbah beton dan *Beton Mix*

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton umur 7 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal ke limbah beton 25% sebesar 0,85 Mpa atau 4,97%, kemudian pada limbah beton 25% ke limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml mengalami peningkatan 1,03 Mpa atau 5,90%, dan kemudian pada limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml ke limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml mengalami peningkatan 2,65 Mpa atau 14,33%.

Pada beton umur 14 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal ke limbah beton 25% sebesar 5,85 Mpa atau 31,50%, kemudian pada limbah beton 25% ke limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml mengalami peningkatan 4,13 Mpa atau 21,86%, dan kemudian pada limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml ke limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml mengalami peningkatan 0,76 Mpa atau 3,30%.

Pada beton umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal ke limbah beton 25% sebesar 3,49 Mpa atau 15,94%, kemudian pada limbah beton 25% ke limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml mengalami peningkatan 3,59 Mpa atau 16,40%, dan kemudian pada limbah beton 25% + *Beton Mix* 400 ml ke limbah beton 25% + *Beton Mix* 600 ml mengalami peningkatan 2,83 Mpa atau 11,10%.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah beton 25% dapat menurunkan kuat tekan beton sebesar 3,49 Mpa atau 15,94% dari kuat tekan rencana atau beton normal. Hal ini disebabkan karena kualitas agregat limbah beton cenderung lebih rendah dibandingkan agregat alami sehingga menyebabkan kualitas beton menurun.

Penambahan *Beton Mix* sebesar 400 ml pada beton dengan tambahan limbah beton 25% dapat meningkatkan kembali kuat tekan beton sebesar 3,59 Mpa atau 16,40% yang sebelumnya mengalami penurunan sebanyak 3,49 Mpa atau 15,94%, hal ini disebabkan karena sifat dari *Beton Bix* yang dapat meningkatkan kualitas beton.

Penambahan *Beton Mix* 600 ml pada beton dengan tambahan limbah beton 25% dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 2,83 Mpa atau 11,10% yang sebelumnya mengalami kenaikan sebanyak 3,59 Mpa atau 16,40%.

Dapat kita lihat hasil dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Beton Mix* 600 ml lebih optimal digunakan dibandingkan penggunaan *Beton Mix* 400 ml dalam meningkatkan kualitas beton dengan tambahan 25% limbah beton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Pengaruh variasi untuk hasil pengujian kuat tekan beton yang memperhatikan variasi campuran *Beton Mix* dengan 4 variasi yaitu BN, LB 25%, LBBM 400 ml dan LBBM 600 ml, maka didapatkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari pada beton normal dengan rata-rata 25,38 Mpa. Untuk variasi 25% limbah beton dengan rata-rata 21,89 Mpa. Untuk variasi LBBM 400 ml dengan kuat tekan rata-rata 25,48 Mpa. Sedangkan untuk variasi LBBM 600 ml dengan kuat tekan rata-rata 28,31 Mpa. Maka dapat disimpulkan beton untuk variasi LB 25% tidak mencapai kuat tekan rencana dan tidak layak digunakan untuk konstruksi, Sedangkan untuk variasi LBBM 400 ml, dan LBBM 600 ml mencapai kuat tekan rencana dan layak digunakan untuk industri.
2. Perbandingan hasil penggantian agregat kasar dengan menggunakan limbah beton dalam campuran maka kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 3,49 Mpa atau 15,94% dari beton normal. Penambahan *Beton Mix* sebesar 400 ml pada limbah beton mengalami kenaikan sebesar 3,59 Mpa atau 16,40%, dari LB 25%. Penambahan *Beton Mix* sebesar 600 ml pada limbah beton mengalami kenaikan sebesar 1,13 Mpa atau 5,16% dari LBBM 400 ml.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan penggunaan *Beton Mix* sebesar 400 ml, dan *Beton Mix* 600 ml pada limbah beton menghasilkan peningkatan kuat tekan beton yang lebih tinggi dari beton normal dan layak digunakan dalam konstruksi. Penggunaan *Beton Mix* 600 ml lebih optimal digunakan dibandingkan penggunaan *Beton Mix* 400 ml dalam meningkatkan kualitas beton dengan tambahan 25% limbah beton, dari hasil perbandingan variasi diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan *beton mix* dengan dosis tinggi lebih optimal untuk meningkatkan kuat tekan beton.

B. Saran

1. Disarankan penelitian selanjutnya menggunakan bahan additive *Beton Mix* dengan dosis lebih tinggi untuk menghasilkan mutu beton yang lebih maksimal.
2. Disarankan penggunaan campuran limbah beton dengan variasi lebih tinggi dari 25% dengan campuran bahan additive yang sama guna untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah beton

DAFTAR PUSTAKA

- Abibullah. (2021). *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton*. *Jurnal Karajata Engineering*. 1(2): 32-40
- Ashad, A., Billa. G. W. S. & Supri, S. C. (2019). *Persamaan Konstitusif Beton Menggunakan Beton Daur Ulang Sebagai Agregat Kasar Dengan Additive Silica Fume*. 4(1): 41-53
- ASTM. (2013). *Standart Spesification For Chemical Admixture For Concrete*. ASTM C494/C494M - 13. ASTM:Amerika Serikat
- Badan Standar Nasional. (2000) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2002) *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. SNI 03-2491-2002. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Badan Standar Nasional. (2002). *Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. SNI 03-2847-2002. Bandung: 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 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. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasannya*. SNI 2847:2019. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare. (2021). *Panduan penulisan proposal & skripsi*. Parepare: Universitas Muhammadiyah Parepare
- Fauzi, A. & Walujodjati, E. (2021). *Kuat Tekan Beton Substitusi Agregat Kasar Daur Ulang dan Bahan Tambah Tipe F Super Plasticizer*. 19(2): 401-410

- Hardjasaputra, H. & Ciputera, A. (2008). *Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Beton Baru*. Banten: Jurnal Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan.
- Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Aprilianus, Y., (2016). Pengaruh Jenis Air Pada Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Transukma*. 1(2): 202-212
- Idrus, A. R. (2021). *Karakteristik Beton Berongga Dari Limbah Pecahan Beton*. Tesis tidak dipublikasikan. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar
- Jong, E. P. I. (2018). *Pengaruh Penggunaan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Porous Yang Menggunakan Rca (Recycle Coarse Aggregate)*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi
- Namrah. & Muis, A. (2022). Pengaruh Abu Ampas Kopi Dengan Bahan Tambah No Drop Plaston Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Karajata Engineering*. 2(1): 58-63
- Nawy, E. G. (1996). *Reinforcement Concrete Pendekatan Fundamental (Edisi Ketiga)*. New Jersey:Prentice Hall, Sungai Pelana Atas
- Pujianto, A. (2011). Beton Mutu Tinggi Dengan Admixture Superplasticizer Dan Aditif Silicafume. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. 14(2): 177-185
- Sudika, I. G. M., Eka Partama, I. G. N., & Surya Dinata, I. G. (2019). *Analisis Limbah Benda Uji Beton untuk Mensubstitusi Agregat Kasar pada Campuran Beton*. Jurnal Teknik Gradien. 11(1) :45-56
- Tjokrodimulyo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri
- Turnip, Esra Tulus Beri Pandapotan Turnip (2016) *Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton*. Undergraduate thesis, UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA