BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keterbatasan sumber daya alam dalam menyediakan material pembentuk beton merupakan sebuah persoalan yang penting. Keberadaan beberapa bangunan tua yang tidak digunakan lagi terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak lagi dihuni. Disisi lain, pembongkaran bangunan dan infrastruktur sipil yang terdiri dari material beton menimbulkan limbah beton. Limbah beton yang dibiarkan tanpa ada penanganan akan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Pembuangan limbah memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Selain itu saat ini beton siap pakai (ready mix) sedang marak digunakan untuk pembuatan kontruksi bangunan, namun pada penerapannya sering terjadi kelebihan supply dan sisanya terkadang dibuang di sembarang tempat.

Paving block adalah salah satu produk konstruksi yang biasa digunakan untuk perkerasan jalan, halaman rumah, trotoar dan lainnya. Dalam pembuatannya paving block menggunakan susunan bahan sama seperti beton yaitu semen, agregat (pasir) dan air. Selain itu cara pengujian kuat desak, pengujian daya serap air serta cara pemeliharaan hingga umur yang ditentukan juga sama (Nugroho, 2013). Berdasarkan data yang diperoleh dari pabrik paving block dalam sehari mesin produksinya mampu menghasilkan 400 paving block dan dapat terjual sebanyak 7500 buah / bulan. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa usaha paving

block cukup menjanjikan, hal itu didukung dengan cukup melimpahnya bahan baku pembuatan paving block di Indonesia. Namun yang menjadi salah satu kendala dari mendirikan usaha ini adalah mulai mahalnya dan melonjaknya bahan baku material penyusun Paving Block.

Dari uraian tersebut timbullah pemikiran untuk melakukan suatu penelitian terkait pengolahan limbah beton menjadi paving block, mengingat begitu melimpahnya limbah-limbah beton pasca pembongkaran suatu konstruksi dan juga sebagai solusi bagi pelaku usaha paving block untuk memnfaatkan limbah beton ini sebagai bahan tambah dalam proses produksinya. Pada penelitian kali ini limbah beton yang diolah menjadi paving block akan diuji bagaimana pengaruh kuat tekan dan daya serap air nya jika limbah beton menjadi pengganti sebagian agregat halus dan menggunakan beragam variasi 0%, 10 %, 20%, 30% dari berat pasir untuk menjadikan perbandingan agar menghasilkan paving block sesuai dengan mutu yang optimal. Limbah beton pada penilitian ini diperoleh dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, semoga dengan adanya penelitian ini limbah-limbah beton yang begitu melimpah dapat dimanfaatkan menjadi suatu produk konstruksi dan tidak terbuang percuma saja.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kelayakan penggunaan limbah beton sebagai (agregat halus) terhadap uji kuat tekan pada paving block?
2. Bagaimana pengaruh kelayakan penggunaan limbah beton sebagai (agregat halus) terhadap uji daya penyerapan air pada paving block?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai kuat tekan paving block yang memanfaatkan limbah beton dengan variasi penggunaan limbah beton yaitu : 0%, 10%, 20%, 30%.
2. Mengetahui nilai penyerapan air pada paving block yang memanfaatkan limbah beton dengan variasi penggunaan limbah beton yaitu : 0%, 10%, 20%, 30%.

D. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan adanya ruang lingkup, yaitu sebagai berikut :

1. Variasi penggunaan limbah beton sebesar 0%, 10%, 20%, 30%
2. Limbah Beton yang digunakan berasal dari sisa-sisa hasil praktikum teknologi beton di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.
3. Pengujian kandungan lumpur dilaksanakan berdasarkan (SNI 03-4142-1996) Badan Standarisasi Nsional (BSN)
4. Metode pengujian analisis saringan pada agregat halus dan kasar (SNI 03-1968-1990) Badan Standarisasi Nsional (BSN)
5. Beton paving block (SNI 03-0691-1996) Badan Standarisasi Nsional (BSN)
6. Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan kasar (SNI-03-1968-1990) Badan Standarisasi Nsional (BSN)
7. SNI-03-4142-1996, Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0.075)
8. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton SNI-03-1974-1990

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui nilai kuat tekan dari Paving Block setelah disubtitusi dengan limbah beton
2. Memanfaatkan subtitusi limbah beton sebagai bahan campur dalam pembuatan Paving Block untuk mengetahui nilai penyerapan air nya
3. Dengan adanya penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan tentang bagaimana pengelolaan limbah beton yang dapat didaur ulang menjadi material penyusun Paving Block
4. Sebagai solusi bagi pelaku usaha paving block dalam penggunaan bahan baku agar lebih meminimalisir budget yang dikeluarkan namun tetap dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik.

F. Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan menyampaikan penguraian atau gambaran singkat tentang penjelasan masing-masing bab, yaitu;

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori study literature dari berbagai sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan dan metode penelitian mengenai pengaruh penggunaan dan penambahan limbah beton terhadap uji kuat tekan dan penyerapan air pada Paving Block.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil dan pembahasan dari data mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran berupa sumbang pemikiran penulisan tentang permasalahan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton (Concrete)

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (workability), durabilitas, dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

Beton terdiri dari ± 15 % semen, ± 8 % air, ± 3 % udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton. (Wuryati, 2001).

Secara Sederhana Beton dibentuk oleh pengkerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Kadang-kadang ditambahkan campuran bahan lain (admixture) untuk memperbaiki kualitas beton (Asroni, 2010).

Menurut PBI 1971, beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga (Wuryati samekto, 2001) :

1. **Beton kelas I**

   Beton untuk pekerjaan-pekerjaan non-struktural dan dalam pelaksanaan nya tidak diperlukan keahlian khusus. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan B_0.

2. **Beton Kelas II**

   Beton untuk pekerjaan struktural secara umum dan dalam pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar : B1, K125, K175, K225.

3. **Beton Kelas III**

   Beton-beton untuk pekerjaan struktural dimana dipakai mutu dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/m^3. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpina tenagatenaga ahli. Mutu beton kelas III dinyatakan dengan huruf K dengan angka dibelakngnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan.

B. Material Penyusun Beton

Beberapa komposisi penyusun material Beton yaitu :

1. **Semen Portland**

Menurut ASTM C – 150, 1985, semen Portland didefenisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk

kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Semen yang digunakan untuk pekerjaan harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat.

Proses pembuatan semen Portland dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu :

a. Penambangan di *(quarry)*
b. Pemecahan di *(crushing plant)*
c. Penggilingan *(blending)*
d. Pencampuran bahan-bahan
e. Pembakaran *(ciln)*
f. Penggilingan kembali hasil pembakaran
g. Penambahan bahan tambah *(gypsum)*
h. Pengikatan *(packing plant)*

Tabel 2. 1 Karakterisitik Penyusun Senyawa Semen (Sumber Teknologi Beton, Paul Nugraha dan Antoni)

Nilai	Trikalsium Silikat 3CaO.SiO2 Atau C_3s	Dikalsium Silikat 2CaO.SiO 2 Atau C_2S	Trikalsium Aluminat 3CaO.A12 O3 Atau C_3A	Tetrakalsium Aluminoferrit 4CaO.A12O3.Fe2 O3 Atau C_4AF

Penyemenan	Baik	Baik	Buruk	Buruk
Kecepatan Reaksi	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat
Pelepasan Panas Hisdrasi	Sedang	Sedikit	Banyak	Sedikit

2. Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau buatan. Agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus.

Menurut standart ASTM agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4.75 mm sedangkan agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm.

Agregat dalam campuran beton memiliki sifat-sifat yang sangat berpengaruh terhadap mutu campuran beton. Agregat yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat dan ketentuan yang diberikan oleh ASTM C-33-82 “Standard Specification for Concrete Agragates”.

a. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan sebagai bahan didalam perencanaan campuran beton adalah merupakan butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butir terletak antara 0.075-4.75 mm.

Pasir digolongkan menjadi bagian yaitu :

1) Pasir galian

   Pasir yang diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu.

2) Pasir sungai

   Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat akibat proses gesekan.

3) Pasir pantai

   Pasir pantai berasal dari sungai yang mengendap dimuara sungai (dipantai) atau hasil gerusan air didasar laut yang terbawa air laut dan mengendap dipantai.

Tabel 2. 2 Batas gradasi agregat halus (Sumber : SNI 03 – 1968 – 1990)

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- Daerah I = Pasir kasar

- Daerah II = Pasir agak kasar

- Daerah III = Pasir agak halus

- Daerah IV = Pasir Halus

b. Agregat Kasar

Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal pada ayakan berlubang 4.8 mm atau 4.75 mm (ASTM C33,1982. Adapun persyaratan menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI ’71) bahwa agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran beton adalah :

1) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian – bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2) Agregat kasar dalam beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan – batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
3) Agregat kasar harus terdiri dari butir – butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir – butir yang pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir – butir yang pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.

Tabel 2. 3 Batas gradasi agregat kasar (Sumber : SNI 03 – 1968 – 1990)

Lubang ayakan (mm)	Persen Lewat butir ayakan, besar butir maks		
	40 mm	20 mm	12,5 mm

40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
10	Okt-35	25-35	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10

3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa – senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan mengurangi mutu beton, bahkan dapat mengubah sifat – sifat beton yang dihasilkan.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi perbandingan air dengan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen. Penggunaan air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

Air yang diperlukan pada campuran beton dipengaruhi oleh faktor – faktor dibawah ini :

a. Ukuran agregat maksimum semakin besar maka kebutuhan air menurun.

b. Bentuk butir, untuk bentuk bulat maka kebutuhan air menurun sedangkan untuk batu pecah diperlukan lebih banyak air.
c. Gradasi agregat, dimana bila gradasi baik kebutuhan air akan menurun untuk kelecakan yang sama.
d. Kotoran dalam agregat, makin banyak kotoran pada agregat maka kebutuhan air meningkat.
e. Jumlah agregat halus, jika agregat halus sedikit maka kebutuhan air semakin menurun.

Menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 bahwa air yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan – bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan – bahan lainnya yang merugikan beton atau tulangan.
2) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

C. Limbah Beton

Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Salah satu contoh upaya mengurangi dampak tersebut adalah menggunakan kembali limbah beton untuk penggunaan material baru yaitu berupa aving block. Penelitian ini bertujuan

untuk mengetahui berapa besar pengaruh limbah beton sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan resapan air pada paving block.

Beton adalah salah satu teknologi konstruksi dalam disiplin ilmu bahan yang selalu berkembang hingga saat ini. Sering kali bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan beton secara masif diberbagai daerah menimbulkan kerusakan alam. Dalam pelaksanaan konstruksi, banyak pula limbahlimbah beton hasil dari pengujian dan pembongkaran bangunan maupun jalan. Kontribusi limbah beton terhadap timbunan sampah konstruksi cukup besar. Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya aktifitas konstruksi bangunan.

Di Indonesia, limbah konstruksi biasanya tidak dimanfaatkan dengan baik. Sebagian besar dibuang begitu saja di lahan terbuka dan beberapa digunakan sebagai bahan urugan. Ketersediaan material tersebut sangat banyak. Sehingga potensi untuk mendaur ulang sangat mungkin untuk dilakukan. Sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah beton. Pemanfaatan kembali limbah beton akan mengurangi limbah yang tidak dipakai. Agregat daur ulang memiliki beberapa kualitas, sifat fisik dan kimia. Variabilitas kualitas ini mengakibatkan perbedaan sifat-sifat material beton yang dihasilkan dan cenderung menurunkan kuat tekan beton.

D. Paving Block

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membawa pengaruh terhadap kemajuan di segala bidang terutama bidang pembangunan. Salah satunya adalah beton, karena beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan.

Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, dan agregat pada perbandingan tertentu. Dengan adannya perkembangan IPTEK maka mortar beton dapat dicetak kedalam bentuk concrete block dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi, diantaranya adalah paving block.

Paving Block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut (SNI 03-0691-1996). Paving block atau blok beton terkunci menurut SII.0819-88 adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut.

Penggunaan Paving Block ini disesuaikan dengan tingkat kebutuhan, misalnya digunakan sebagai tempat parkir, terminal, jalan setapak, dan juga perkerasan jalan di kompleks-kompleks perumahan serta untuk keperluan lainnya. Paving Block merupakan produk bahan bangunan dari semen 6 yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. Paving Block dikenal juga dengan sebutan bata beton (concrete block) atau cone block. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 paving block (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton.

Paving block dengan kualitas baik adalah paving block yang mempunyai nilai kuat desak tinggi (satuan MPa), serta nilai absorbsi (persentase serapan air)

yang rendah (%). Sehubungan dengan standar kualitas tersebut, tipe karakteristik kualitas yang diteliti adalah larger the better untuk kuat desak, dan smaller the better untuk persentase serapan air. Semakin tinggi nilai kuat desaknya maka paving block semakin bagus. Sedangkan untuk persentase serapan air (absorbsi), semakin rendah nilai absorbsinya, produk paving block semakin kuat. Berdasarkan pada (SNI 03 – 0691 – 1996), paving block dengan mutu terendah (mutu D) paling tidak memiliki kuat desak 8,5 Mpa dan persentase serapan air rata 7 – rata maksimum 10%.

E. Material Penyusun Paving Block

Material yang digunakan pada Paving Block seperti pada umumnya antara lain semen portland (PC), agregat halus, dan air.

1. Abu Batu

Abu batu merupakan hasil sampingan dari produksi batu pecah. Abu batu merupakan abu yang mengandung banyak silika, alumina dan mengandung senyawa alkali, besi, dan kapur walaupun dalam kadar yang rendah. Di setiap daerah komposisi abu batu digunakan dalam adukan beton terutama untuk memperbaiki sifat dari beton. Pemakaian abu batu dapat menghemat pemakaian semen. Abu batu mengandung senyawa silika yang sangat halus yang bersifat amorf sehingga mampu mengeras bila dicampur dengan semen. Senyawa yang terjadi antara silika amorf dan kapur adalah senyawa silikat kalsium yang sukar larut dalam air. Kemampuan pengerasan dari abu batu karena adanya bagian bagian silika amorf yang halus.

2. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07-5 mm (SNI 03-1750-1990). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran paving block sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, dan mengurangi pemakaian bahan pengikat atau semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 dan tertahan pada saringan no.200. Pasir merupakan bahan tambahan yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan, meskipun demikian kualitas pasir sangat berpengaruh pada proses pengerasan. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu paving block yang akan dihasilkan.

3. Semen Portland

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik. Pada umumnya semen portland mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81. Portland Cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut.

4. Air

Fungsi air pada campuran paving block adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah sebagai berikut :

a. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
b. Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
c. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.

Pemakaian air pada pembuatan campuran harus pas karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan Paving Block yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan paving block yang dihasilkan.

F. Syarat Mutu Paving Block

Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan mutu paving block dimana harus memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sifat Tampak

Paving block memiliki bentuk yang sempurna, tidak boleh mengalami retakretak atau pun cacat, serta bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan tangan.

2. Bentuk dan Ukuran

Dalam hal ini bentuk dan ukuran paving block untuk lantai bergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Produsen akan memberikan penjelasan mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan paving block untuk lantai.

3. Sifat Fisik

Paving block untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik sebagai berikut dapat dilihat pada tabel 2.4 :

Tabel 2. 4 Sifat Fisik Paving Block (Sumber : SNI 03-0691-1996)

Mutu	Kekuatan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata Maks (%)
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Maks	
A	40	35	0.090	0.103	3
B	20	17	0.130	0.149	6
C	15	12.5	0.160	0.184	8
D	10	8.5	0.219	0.251	10

Sedangkan menurut British Standart Institution, standar mutu yang harus dipenuhi paving block ialah :

a. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang maksimal, ketebalan paving block bentuk persegi minimal 6 cm.
b. Untuk paving block yang menggunakan profil tali air pada sisi permukaan atas, tebal tali air maksimal 7 mm dari sisi dalam dan dari sisi luar paving block.
c. Penyimpangan dimensi paving block yang diijinkan adalah sebagai berikut:
    1) Panjang ± 2 mm

2) Lebar ± 2 mm

3) Tebal ± 3 mm

Untuk menghitung kuat tekan digunakan faktor koreksi terhadap ketebalan dengan nilai sebagai berikut, dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2. 5 Standar mutu menurut British Standar Institution BSI (Sumber : British Standar Institution, 1986

Ketebalan (mm)	Faktor Koreksi	
	Paving Block tanpa tali air	Paving block dengan tali air
60-65	1.00	1.06
80	1.12	1.18
100	1.18	1.24

G. Perawatan (Curing)

Curing adalah suatu prosedur atau cara perawatan untuk meningkatkan proses pengerasan paving block pada suhu dan kelembaban tertentu agar perkembangan pengikatan dari bahan penyusun semen berlangsung sempurna (W.H. Taylor, 1977). Menurut A.M. Neville (1981) curing adalah cara-cara yang digunakan untuk meningkatkan proses hidrasi semen, dimana di dalamnya termasuk pengaturan, perubahan suhu, dan kelembaban.

H. Pengujian Kuat Tekan

Uji tekan adalah suatu alat uji mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap gaya tekan. Uji tekan ini memiliki kinerja yang bagus dan berkualitas untuk mengetahui kekuatan benda. Pengujian Kuat Tekan pada paving block dilakukan Penguji kuat tekan pada umur 28 hari. Rumus perhitungan kuat tekan berdasarkan menggunakan faktor ketebalan untuk paving

block. Pengujian ini dilakasanakan di laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Tenik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

$$Fc' = \frac{P}{A} = \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

Fc’ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Bebean tekan maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji yan gtertekan (mm^2)

I. Uji Penyerapan Air

Penyerapan Air atau Water Absorption digunakan selain untuk mengetahui jumlah kelembaban yang diserap oleh spesimen pada kondisi tertentu, pengujian Penyerapan Air dimana paving block yang telah umur 28 hari ini di masukan kedalam air dan amati apakah paving block meresap air atau tidak. Pengujian ini akan di laksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Pengujian daya serap air dapat dihitung dengan persamaan :

$$WA = \frac{mB-mA}{mA} x\ 100\% \text{.....(2)}$$

Keterangan :

WA = Daya serap air (water absortion) (%)

mB = Massa basah dari spesiemen uji (gr)

mA = Massa kering spesiemen uji (gr)

J. Penelitian Terdahulu

1. Arie Putra dan kawan-kawan “Pengaruh Variasi Bentuk Paving Block Terhadap Kuat Tekan”. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian UPV dan

pengujian compression machine pada penelitian ini tidak memenuhi standar mutu A yang digunakan untuk jalan yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu nilai kuat tekannya minimal 35 MPa dan rata-rata 40 MPa. Sedangkan nilai penyerapan air paving block pada penelitian ini memenuhi standar mutu A yang digunakan untuk jalan yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu kecil dari 3%.

2. Anita Christine Sembiring, Jetri Juli Saruksuk (2017) "Uji Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Paving Block Dengan Bahan Pasir Kasar, Batu Kacang, Dan Pasir Halus" Berdasarkan hasil pengujian daya serap air yaitu antara 16,6% – 23,8 %, paving block ini tidak memenuhi spesifikasi daya serap untuk paving block SNI–03–0691–1996 yaitu antara 3% - 10%. Karena nilai daya serap yang tinggi, maka paving block ini direkomendasikan untuk digunakan pada taman yang tidak terendam air.
3. Muhammad Irwan Susanto (2020) "Pemanfaatan Limbah Beton Pada Paving Block Dengan Metode Tekan". Dari data dan grafik pada pengujian penyerapan air dapat diketahui bahwa penggunaan limbah beton 10 % dapat meningkatkan persentase penyerapan air pada paving block. Serta, dapat diketahui pula bahwa semakin besar beban tekan dan tumbukan yang digunakan dalam pemadatan paving block menimbulkan semakin kecil persentase penyerapan air pada paving block.
4. N. Rizki Priyanto dan kawan-kawan (2020) "Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Daya Serap Air dan Uji Tekan pada Paving Block Plastik-Pasir". Pengaruh waktu perendaman terhadap daya serap air pada paving block

plastik-pasir memiliki pengaruh yang cukup besar hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka daya serap air semakin banyak yang disebabkan oleh adanya celah atau rongga dalam ikatan antara penguat (pasir) dan pengikat (plastik). Perendaman tertinggi terdapat pada hari ke 60 hari dengan perbandingan 1:2 sebesar 1,73% sama halnya dengan perbandingan 1:4 dengan lama waktu perendaman 60 hari sebesar 4,15%. Hal ini menunjukan bahwa lama perendaman berbanding lurus dengan daya serap air dari composite paving block plastik-pasir.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah penting untuk memecahkan masalah-masalah penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti. Selain itu, memperbanyak penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan dunia pendidikan.

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 3 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan Paving Block dan daya serap air nya.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Metode eksperimen adalah suatu penelitian yang mencari pengaruh variasi tertentu terhadap variasi yang lain dalam suatu kondisi yang terkontrol. Dalam penelitian terdiri atas variasi bebas (independent variable) dan variasi terikat (dependent variable). Variasi bebas berupa penambahan limbah beton dengan variasi yang

berbeda–beda yang akan ditambah dengan beberapa tumbukan yang akan di uji kuat tekan dan daya serap air nya. Faktor-faktor lain seperti susunan gradasi agregrat, proporsi campuran bahan, dan penelitian akan di laksanakan laboratorium Universitas Muhammadyah Parepare.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Waktu penelitian dilaksanakan dalam waktu 2 bulan mulai bulan 07 Agustus 2021 – 29 September 2021

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Jenis Pekerjaan	Agustus				September			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Study literatur								
2	Persiapan laboratorium								
3	Uji karakteristik agregat								
4	Pengadaan benda uji								
5	Perawatan/curing								
6	Uji penyerapan air								
7	Uji kuat tekan								
8	Analisa hasil pengujian								

C. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data yang diperoleh melalui eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari limbah beton yang akan dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam membuat Paving Block. Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

a. Paving Block normal sebanyak 6 buah

b. Paving Block dengan campuran limbah beton 10% sebanyak 6 buah

c. Paving Block dengan campuran limbah beton 20% sebanyak 6 buah

d. Paving Block dengan campuran limbah beton 30% sebanyak 6 buah

Tabel 3. 2 Variasi campuran limbah beton

Variasi Limbah Beton	Variasi		Jumlah Benda Uji
	Kuat Tekan	Penyerapan	
0%	3	3	6
10%	3	3	6
20%	3	3	6
30%	3	3	6
Total			24

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-data diperoleh dari tulisan seperti buku-buku teori, buku laporan, peraturan-peraturan, dan dokumen baik yang berasal dari instansi terkait maupun hasil kajian literatur.

D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Bahan

Adapun bahan yang dibutuhkan pada penelitian kali ini yaitu :

a. Agregat

Agregat yang digunakandalam penelitian ini yaitu agregat halus

b. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu semen Portland

c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu, air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Program Study Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

d. Limbah Beton

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

2. Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu :

a. Saringan

Saring yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu saringan dengan lubang saringan sebesar 4.75 mm, 2.40 mm, 1.20 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, No.200, Pan.

b. Oven

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

c. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menakar material benda uji

d. Cetakan Paving Block

Cetakan Paving yang digunakan sebaai benda uji yaitu 8cm x 8cm x 8cm

e. Universal Testing Machine

Universal Testing Machine dibunakan untuk menguji kuat tekan benda uji Paving Block

f. Concrete Mixer/Mesin Pencampur

Concrete Mixer/Mesin Pencampur digunakan untuk mencampur semua material-material bnda uji.

E. Pengujian Karakteristik Limbah Beton

1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agtegat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukan dalam table atau grafik menurut (SNI 03-1968-1990). Adapun tahap pengujiannya yaitu :

a. Siapkan material benda uji yang telah dihancurkan
b. Timbang benda uji beton yang telah dihancurkan
c. Kemudian masukkan ke dalam mesin Sieve Shaker yang sesuai dengan susunan saringan 4.75 mm, 2.40 mm, 1.20 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, No.200, Pan.
d. Timbang kembali material benda uji yang tertahan di maing-masing saringan

e. Catat hasil timbangan di tabel sampel penelitian

2. Pemeriksaan Berat Jenis & Penyerapan Agregat Halus

Berat jenis curah ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C, berat jenis jenuh kering permukaan yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C, berat jenis semu ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C, penyerapan ialah perbandingan berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering, dinyatakan dalam.

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan angka penyerapan daripada agregat halus. Tujuan pengujian adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus mnurut SNI 03-1970-1990. Adapun tahap pengujiannya yaitu :

a. Siapkan material benda uji yang telah dihancurkan yang lolos saringan No.4
b. Timbang material benda uji yang telah dihancurkan sebanyak 500gr
c. Masukkan material benda uji ke dalam piknometer kemudian isikan air sebanyak 600ml.

d. Buang air air yang berada di piknometer
e. Tuang kembali material benda uji yang berada di dalam piknometer ke dalam talam
f. Kemudian masukkan ke dalam oven selama 24 jam
g. Timbang kembali material bend auji yang telah dipanaskan dalam oven untuk mengetahui berat contoh kering oven
h. Catat hasil timbangan di tabel sampel penelitian

3. Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

Berat Volume Agregat adalah perbandingan antara berat dengan volume agregat dalam keadaan kering. Di dalam perhitungan campuran beton untuk menetapkan volume padat dari bagian-bagian yang terpilih, perlu kiranya untuk mengetahui volume / ruang yang ditempati partikel agregat, terlepas ada atau tidaknya pori dalam partikel. Berat Volume Agregat dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang ada dan besarnya usaha pemadatan yang dipakai. Adapun tahap pengujiannya yaitu :

a. Timbang kosong wadah baja (Bohler) yang akan digunakan pada saat pengujian
b. Siapkan material benda uji yang telah dihancurkan yang lolos saringan No.4
c. Masukkan material benda uji ke dalam wadah baja (Bohler), setiap 1/3 bagian lalu dipadatkan menggunakan tongkat pemadat berdiameter 15mm tinggi 60cm dengan pukulan sebanyak 25 kali.
d. Lakukan langkah ke 3 sampai wadah baja (Bohler) itu penuh

e. Timbang berat wadah baja (Bohler) material benda uji

f. Catat hasil timbangan di tabel sampel penelitian

4. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam Pengujian untuk menentukan kadar air agregat, Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh angka persentase dari adar air yang dikandung oleh agregat menurut Badan Standar Nasional (BSN) SNI 03 – 1971 – 1990. Adapun tahap pengujiannya yaitu :

a. Timbang berat talam kosong

b. Masukkan material benda uji ke dalam talam kemudian timbang kembali

c. Hitunglah berat benda uji dengan cara = langkah B – langkah A

d. Keringkan material benda uji ke dalam oven selama 24 jam

e. Setelah kering timbang kembali material benda uji beserta talam

f. Catat hasil timbangan di tabel sampel penelitian

5. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus (pasir) bertujuan untuk menentukan besarnya (persentase) kadar lumpur dalam agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton. Kandungan lumpur < 5 % merupakan ketentuan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton. Adapun tahap pengujiannya yaitu :

a. Siapkan material benda uji yang telah dihancurkan dan yang lolos saringan No.4
b. Timbang material material benda uji tersebut sebanyak 500gr
c. Ambil saringan No.200 kemudian letakan material benda uji ke dalam saringan tersebut
d. Basahi dan siram material benda uji tersebut dengan air yang mengalir dengan menggunakan saringan No.200 hingga kadar lumpurnya lolos saringan dan tak tersisa
e. Letakan material benda uji tersebut ke dalam talam
f. Masukkan ke dalam oven selama 24 jam
g. Setelah kering timbang kembali material benda uji tersebut
h. Catat hasil timbangan di tabel sampel penelitian

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan Paving Block diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, sedangkan data hasil pengujian daya serap air Paving Block diperoleh dari hasil rendaman benda uji kemudian ditimbang untuk mengetahui perbandingan antara berat kering, berat jenuh air, dan berat penyerapan air. Selanjutnya data akan disajikan delam bentuk tabel maupun grafik. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kuat Tekan

a. Menimbang berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.

b. Meletakkan benda uji pada *Universal Testing Machine*.

c. Menghidupkan *Universal Testing Machine* dan benda uji akan mengalami penambahan beban sehingga dapat dibaca besarnya kekuatan tekan yang ditunjukkan dengan manometer.

d. 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.

2. Pengujian Daya Penyerapan Air

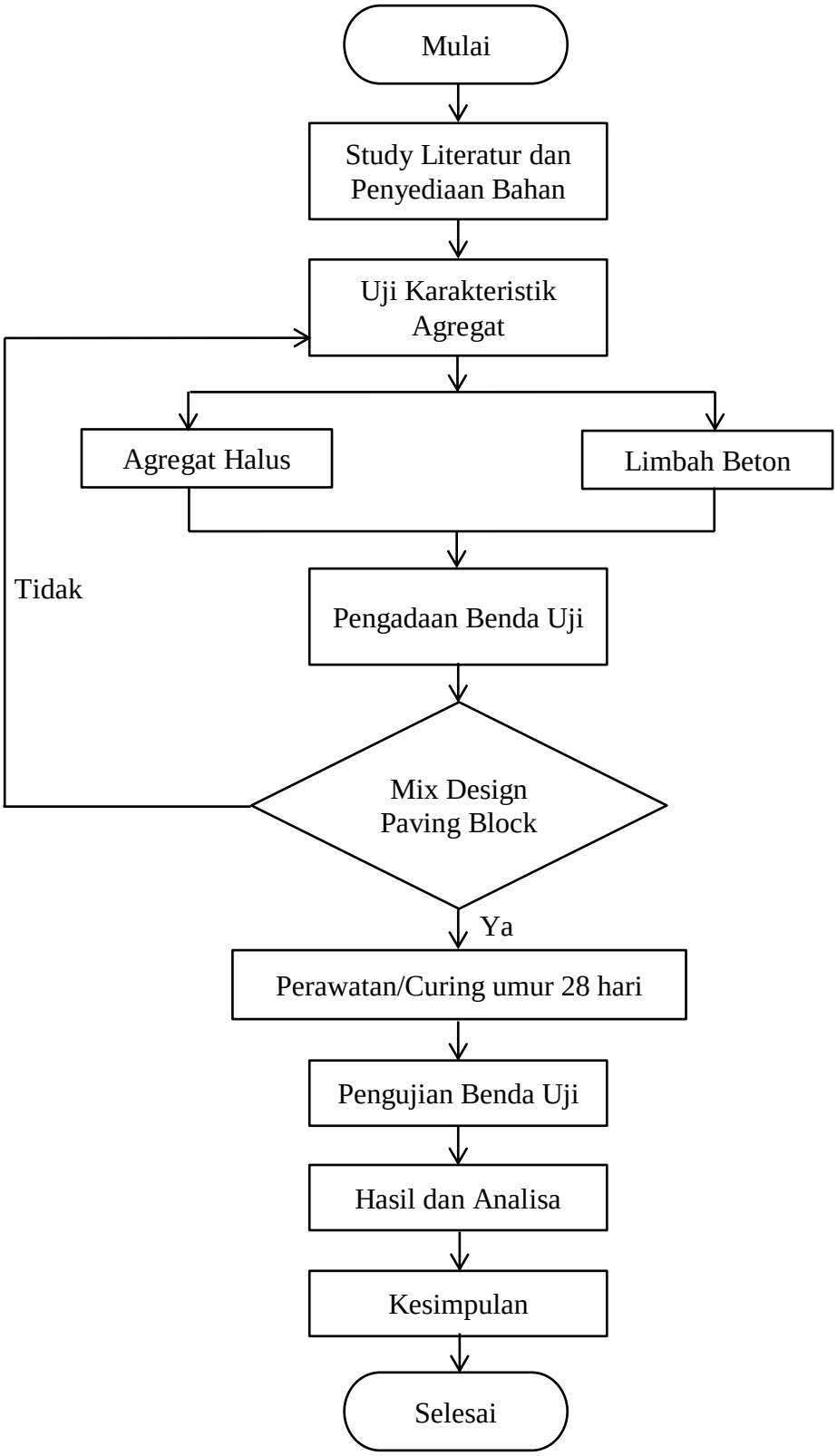
a. Menimbang benda uji sebelum melakukan penelitian

b. Menyiapkan wadah untuk merendam benda uji sebelum melakukan penelitian

c. Melakukan perendaman benda uji selama 24 jam

d. Melakukan penimbangan untuk mengetahui berat kering, berat jenuh air, dan berat penyerapan air

G. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Material

Sebelum memasuki tahap perancangan campuran (*mix design)* terlebih dahulu dilakukan pengujian atau pemeriksaan material yang akan digunakan sebagai bahan baku *paving block.* Data yang didapat dari hasil pengujian dan pemeriksaan material di Laboratorium Struktur dan Bahan terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian dan Pemeriksaan pada material Abu Batu (*Sumber: Hasil olah data laboratorium 2021)*

No.	Jenis pengujian	Hasil	Syarat	Ket.
1	Kadar lumpur	4,86%	Maks 5%	Memenuhi
2.	Kadar organik	1	<No.3	Memenuhi
3.	Kadar Air	3,66%	2%-5%	Memenuhi
4.	Berat Volume lepas	1kg/ltr	1,40-1,90 kg/ltr	Memenuhi
5.	Berat Volume padat	1,49kg/ltr	1,40-1,90 kg/ltr	Memenuhi
6.	Absorpi	5,75 %	0.2% - 2%	Memenuhi
7.	Berat jenis	2,29	1,6-3,3 kg/ltr	Memenuhi

Dari hasil pengujian material agregat halus untuk pembuatan *paving block* didapatkan kadar lumpur 4.86%, kadar air 3.66%, berat jenis nyata 2.53, berat jenis kering 2.20, berat jenis kering permukaan 2.29, absborsi 1.62%, berat volume lepas 1.41 kg/liter, berat volume padat 1,49 kg/liter, modulus kehalusan 2.40 dan kadar organik terdapat pada warna no.1. Jadi dari hasil pengujian yang didapat bahwa agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan campuran

paving block, dapat dipakai karena memenuhi standar yang telah ditentukan pada SNI 03-2834-2000.

B. Perancangan Campuran

1. Volume *paving block*



Gambar 4. 1 Profil *Paving block*

Sumber : (Dokumen pribadi)

Volume : p × l × t

Keterangan :

p : Panjang

l : Lebar

t : Tinggi

p = 8 cm

l = 8 cm

t = 8 cm

Untuk menentukan Volume cetakan *Paving block*, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

V = 8 cm × 8 cm × 8cm = 512 cm^3

2. Komposisi campuran *paving block*

Berdasarkan hasil uji coba pembuatan *Paving block* dengan pembuatan 3 benda uji normal didapatkan Berat rata-rata *Paving block* = 1,111 kg. Dalam menentukan proporsi bahan dan material yang digunakan, digunakan perbandingan Volume. Berdasarkan pengamatan pada alat cetak *paving block* didapatkan volume cetakan sebesar 512 cm^3 Adapun perbandingan yang digunakan didalam penelitian ini adalah Semen : 1, Agregat : 2. Dalam penelitian ini digunakan abu batu.

Pada penelitian ini digunakan limbah sebagai substitusi 10%, 20%, dan 30% terhadap abu batu, maka untuk menentukan kebutuhan limbah beton digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat abu} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{berat abu batu}\right) \times \text{Berat Volume Abu}$$

Setelah semua volume bahan diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menentukan berat tiap bahan yang akan digunakan dalam tiap sampel benda uji. Untuk menentukan berat tiap bahan atau material yang digunakan didalam tiap benda uji variabel bebas, maka digunakan data hasil pengolahan Laboratorium pada tiap berat volume bahan yang akan digunakan.

a. Untuk paving block normal

Volume *Paving Block* = p × l × t = 8 × 8 × 8

= 512 cm^3

$$\text{Semen} = \left(\frac{1}{(1+2)} \times \text{Volume Paving Block}\right) \times \text{Berat Volume Semen}$$

$$= \left(\frac{1}{(1+2)} \times 512\right) \times 1{,}18$$

= 0,201 kg

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,201 x 3 = 0,603

$$\text{Abu Batu} = \left(\frac{1}{(1+2)} \times \text{Volume Paving Block}\right) \times \text{Berat Volume Abu Batu}$$

$$= \left(\frac{2}{(1+2)} \times 512\right) \times 1{,}64$$

= 0,561 kg

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,561 x 3 = 1,683

Tabel 4. 2 Mix Design *Paving Block* campuran Normal *Sumber : (Hasil olah data laboratorium 2021)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	Kebutuhan tiap benda uji (kg)	Kebutuhan 3 tiap benda uji (kg)
Semen	1,18	0,201	0,603
Abu batu	1,64	0,561	1,683

Berdasarkan hasil yang didapat di Laboratorium untuk perancangan campuran (*mix design*) untuk *paving block* campuran Normal untuk 3 (tiga) sampel yaitu semen 0,603 kg dan Abu batu 1,683 kg.

b. Untuk paving block variasi 10% limbah beton

$$\text{Limbah Beton} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{berat abu batu}\right) \times \text{Berat Volume LB}$$

$$= \left(\frac{10}{100} \times 0{,}341\right) \times 1{,}50 = 0{,}051 \text{ kg}$$

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,051 x 3 = 0,153

Abu Batu = Berat abu batu – berat limbah beton

= 0,561 – 0,051

= 0,51 kg

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,51 x 3 = 1,53

Tabel 4. 3 Mix Design *Paving Block* campuran 10% Limbah beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	Kebutuhan tiap benda uji (kg)	Kebutuhan 3 tiap benda uji (kg)
Semen	1,18	0,201	0,603
Abu batu	1,64	0,51	1,53
Limbah beton	1,50	0,051	0,153

Berdasarkan hasil yang didapat di Laboratorium untuk perancangan campuran (*mix design*) untuk *paving block* campuran 10% limbah beton untuk untuk 3 (tiga) sampel yaitu semen 0,603 kg, Abu batu 1,53 kg dan Limbah beton 0,153 kg.

c. Untuk *paving block* variasi 20% limbah beton

$$\text{Limbah beton} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{berat abu batu}\right) \times \text{Berat Volume LB}$$

$$= \left(\frac{20}{100} \times 0{,}341\right) \times 1{,}50$$

$$= 0{,}102 \text{ kg}$$

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,102 x 3 = 0,306

Abu Batu = Berat abu batu – berat limbah beton

= 0,561 – 0,102

= 0,459 kg

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,459 x 3 = 1,377

Tabel 4. 4 Mix Design *Paving Block* campuran 20% Limbah beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	Kebutuhan tiap benda uji	Kebutuhan 3 tiap benda uji

		(kg)	(kg)
Semen	1,18	0,201	0,603
Abu batu	1,64	0,459	1,377
Limbah beton	1,50	0,102	0,306

Berdasarkan hasil yang didapat di Laboratorium untuk perancangan campuran (*mix design*) untuk *paving block* campuran 20% Limbah beton untuk untuk 3 (tiga) sampel yaitu semen 0,603 kg, Abu batu 1,377 kg dan Limbah beton 0,306 kg.

d. Untuk *paving block* variasi 30% limbah beton

$$\text{Limbah beton} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{berat abu batu}\right) \times \text{Berat Volume LB}$$

$$= \left(\frac{30}{100} \times 0{,}341\right) \times 1{,}50$$

= 0,153 kg

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,153 x 3 = 0,459

Abu Batu = Berat abu batu – berat limbah beton

= 0,561 – 0,153 = 0,408 kg

Untuk kebutuhan 3 benda uji = 0,408 x 3 = 1,224

Tabel 4. 5 Mix Design *Paving Block* campuran 30% Limbah beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	Kebutuhan tiap benda uji (kg)	Kebutuhan 3 tiap benda uji (kg)
Semen	1,18	0,201	0,603
Abu batu	1,64	0,408	1,224
Limbah beton	1,50	0,153	0,459

Berdasarkan hasil yang didapat di Laboratorium untuk perancangan campuran (*mix design*) untuk *paving block* campuran 30% Limbah beton untuk 3 (tiga) sampel yaitu semen 0,603 kg, Abu batu 1,224 kg dan Limbah beton 0,459 kg.

C. Penyerapan Paving Block

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah penyerapan pada *paving block* sehingga benda uji yang telah selesai diberikan perawatan selama 28 hari kemudian dilakukan pengujian penyerapan, adapun hasil dari pengujian penyerapan pada benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

1. Paving Block Normal

Tabel 4. 6 Hasil pengujian penyerapan *Paving block* Normal (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan (%)	Rata-rata
28	1.042,20	1.004,50	3,75%	3,88%
28	1.055,10	1.015,00	3,95%	
28	1.069,20	1.028,80	3,93%	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, penyerapan rata-rata *paving block* normal yang didapat pada umur 28 hari sebesar 3,88%.

2. Paving Block 10% Limbah Beton

Tabel 4. 7 Hasil pengujian penyerapan *Paving block* 10% Limbah Beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan (%)	Rata-rata
28	1.084,10	1.056,20	2,64%	2,30%
28	1.104,80	1.088,20	1,53%	
28	1.114,30	1.084,70	2,73%	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, penyerapan rata-rata *paving block* 10% Limbah Beton yang didapat pada umur 28 hari sebesar 2,30%**.**

3. Paving Block 20% Limbah Beton

Tabel 4. 8 Hasil pengujian penyerapan *Paving block* 20% Limbah Beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan (%)	Rata-rata
28	1.255,90	1.243,00	1,04%	1,89%
28	1.214,80	1.198,40	1,37%	
28	1.242,20	1.202,80	3,28%	

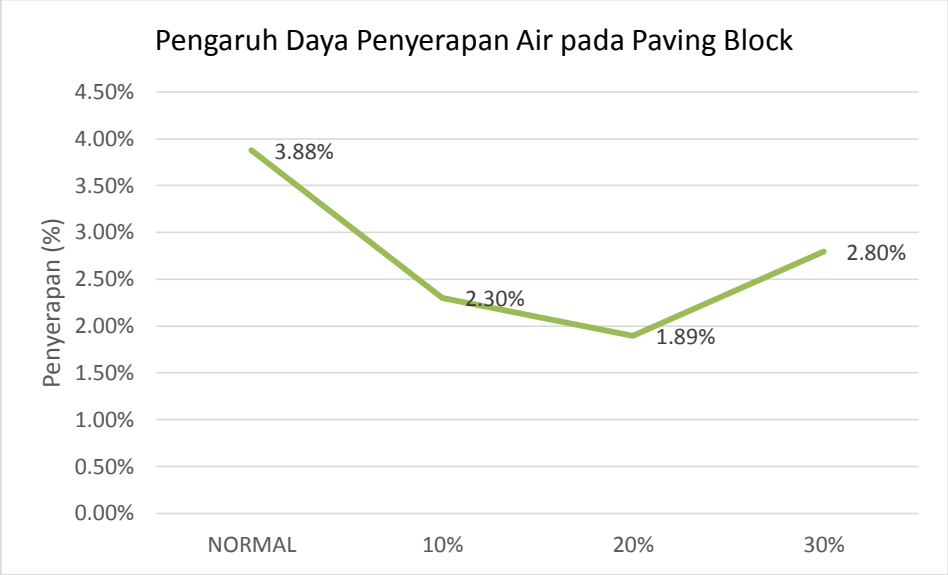
Tabel di atas menjelaskan bahwa, penyerapan rata-rata *paving block* 20% Limbah Beton yang didapat pada umur 28 hari sebesar 1,89%.

4. Paving Block 30% Limbah Beton

Tabel 4. 9 Hasil pengujian penyerapan *Paving block* 30% Limbah Beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Basah	Berat Kering	Penyerapan (%)	Rata-rata
28	1.125,00	1.105,70	1,75%	2,80%
28	1.190,00	1.160,30	2,56%	
28	1.156,20	1.110,80	4,09%	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, penyerapan rata-rata *paving block* 30% Limbah Beton yang didapat pada umur 28 hari sebesar 2,80%**.**



Gambar 4. 2 Rekapitulasi Hasil Uji Penyerapan Umur 28 Hari
(sumber: hasil olah data)

Dari hasil pengujian grafik menunjukkan bahwa perendaman 28 hari menghasilkan penyerapan paving block normal sebesar 3,88%, pada subtitusi 10% limbah beton terhadap abu batu sebesar 2,30% dengan penurunan penyerapan terhadap paving block normal sebesar 40,71 %, pada subtitusi 20% limbah beton terhadap abu batu sebesar 1,89% dengan penurunan penyerapan terhadap paving block normal sebesar 51,15%, dan subtitusi 30% limbah beton terhadap abu batu sebesar 2,80% dengan penurunan penyerapan terhadap paving block normal sebesar 27,84 %.

Dari grafik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan limbah beton pada paving block dapat menurunkan hasil penyerapan paving block dengan kadar subtitusi optimum limbah beton sebesar 20% limbah beton. Dan nilai penyerapan rata-rata terendah pada subtitusi kombinasi 20% limbah beton dengan penyerapan sebesar 1,89%.

D. Kuat Tekan Paving Block

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kuat tekan pada *paving block* sehingga benda uji yang telah selesai diberikan perawatan selama 28 hari kemudian dilakukan pengujian kuat tekan, adapun hasil dari pengujian kuat tekan pada benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

1. Paving Block Normal

Tabel 4. 10 Hasil pengujian kuat tekan *Paving block* Normal (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Kg	Beban KN	Kuat tekan f'c(Mpa)	Rata-rata
28	1.097	110	17,2	16,15
28	1.113	105	16,4	
28	1.098	95	14,8	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata *paving block* normal yang didapat pada umur 28 hari sebesar 16,15 Mpa.

2. Paving Block 10% Limbah Beton

Tabel 4. 11 Hasil pengujian kuat tekan *Paving block* 10% Limbah Beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Kg	Beban KN	Kuat tekan f'c(Mpa)	Rata-rata
28	1.125	160	25,0	29,17
28	1.128	175	27,3	
28	1.140	225	35,2	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata *paving block* 10% Limbah Beton yang didapat pada umur 28 hari sebesar 29,17 M**p**a**.**

3. Paving Block 20% Limbah Beton

Tabel 4. 12 Hasil pengujian kuat tekan *Paving block* 20% Limbah Beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Kg	Beban KN	Kuat tekan f'c(Mpa)	Rata-rata
28	1.225	280	43,8	39,32
28	1.243	255	39,8	
28	1.231	220	34,4	

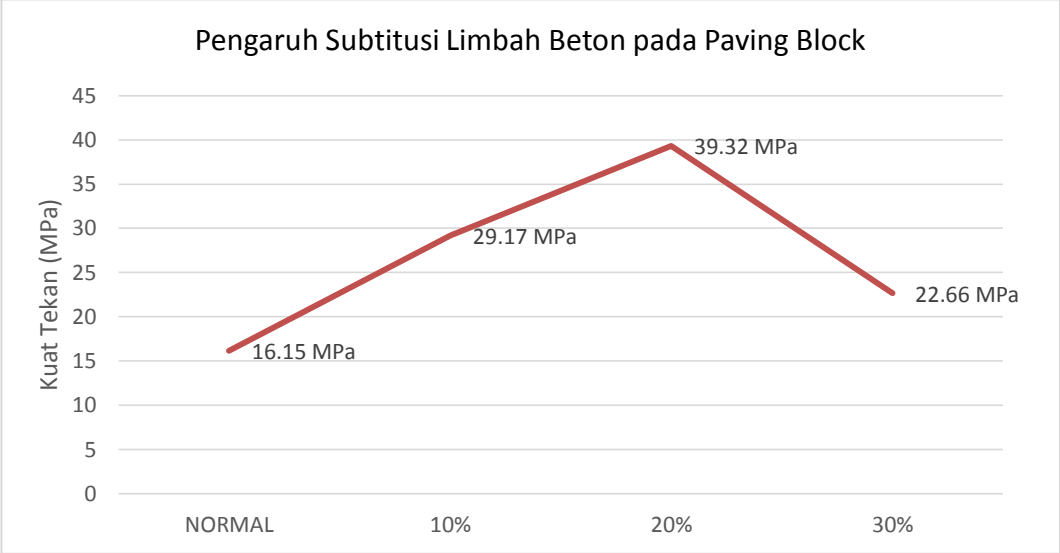
Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata *paving block* 20% Limbah Beton yang didapat pada umur 28 hari sebesar 39,32 Mpa.

4. Paving Block 30% Limbah Beton

Tabel 4. 13 Hasil pengujian kuat tekan *Paving block* 30% Limbah Beton (*Sumber : Hasil olah data laboratorium 2021)*

Umur Hari	Berat Kg	Beban KN	Kuat tekan f'c(Mpa)	Rata-rata
28	1.105	135	21,1	22,66
28	1.160	125	19,5	
28	1.111	175	27,3	

Tabel di atas menjelaskan bahwa, kuat tekan rata-rata *paving block* 30% Limbah Beton yang didapat pada umur 28 hari sebesar 22,66 M**p**a**.**



Gambar 4. 3 Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan Umur 28 Hari
(sumber: hasil olah data)

Dari hasil pengujian grafik menunjukkan bahwa perendaman 28 hari menghasilkan kuat tekan paving block normal sebesar 16,15 MPa, pada subtitusi 10% limbah beton terhadap abu batu sebesar 29,17 Mpa dengan kenaikan kuat tekan terhadap paving block normal sebesar 13,02 Mpa atau 80,6 %, pada subtitusi 20% limbah beton terhadap abu batu sebesar 39,32 Mpa dengan kenaikan kuat tekan terhadap paving block normal sebesar 23,17 Mpa atau 143,4 %, dan subtitusi 30% limbah beton terhadap abu batu sebesar 22,66 Mpa dengan kenaikan kuat tekan terhadap paving block normal sebesar 6,51 Mpa atau 40,3 %.

Dari grafik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan limbah beton pada paving block dapat memperkuat hasil kuat tekan paving block dengan kadar subtitusi optimum limbah beton sebesar 20% limbah beton. Dan nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada subtitusi kombinasi 20% limbah beton dengan kuat tekan sebesar 39,32 MPa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian menunjukkan pada perendaman 28 hari menghasilkan kuat tekan paving block normal sebesar 16,15 MPa, pada subtitusi 10% limbah beton terhadap abu batu sebesar 29,17 Mpa dengan kenaikan kuat tekan terhadap paving block normal sebesar 13,02 Mpa atau 80,6 %, pada subtitusi 20% limbah beton terhadap abu batu sebesar 39,32 Mpa dengan kenaikan kuat tekan terhadap paving block normal sebesar 23,17 Mpa atau 143,4 %, dan subtitusi 30% limbah beton terhadap abu batu sebesar 22,66 Mpa dengan kenaikan kuat tekan terhadap paving block normal sebesar 6,51 Mpa atau 40,3 %.
2. Dari hasil pengujian penyerapan didapatkan nilai penyerapan paving block normal sebesar 3,88%, pada subtitusi 10% limbah beton terhadap abu batu sebesar 2,30% dengan penurunan penyerapan terhadap paving block normal sebesar 40,71 %, pada subtitusi 20% limbah beton terhadap abu batu sebesar 1,89% dengan penurunan penyerapan terhadap paving block normal sebesar 51,15%, dan subtitusi 30% limbah beton terhadap abu batu sebesar 2,80% dengan penurunan penyerapan terhadap paving block normal sebesar 27,84 %.
3. Dari pengujian kuat tekan yang dilakukan dimana Limbah Beton sebagai Subtitusi sebagian abu batu dengan variasi 10%, 20%, dan 30% maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan penambahan limbah beton dapat

meningkatkan mutu paving block dengan kadar subtitusi optimum 20% limbah beton dengan mutu sebesar 39,32 MPa

4. Pada pengujian daya serap air dengan penambahan limbah beton pada paving block dapat menurunkan hasil penyerapan paving block dengan kadar subtitusi optimum limbah beton sebesar 20% limbah beton. Dan nilai penyerapan rata-rata terendah pada subtitusi kombinasi 20% limbah beton dengan penyerapan sebesar 1,89%.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran-saran yang akan berguna bagi pelaksanaan maupun pengembangan terkait dengan pemanfaatan limbah beton sebagai bahan tambah dalam pembuatan paving block, saran-saran yang diberikan sebagai berikut:

1. Perlu penggunaan alat yang lebih baik untuk mempermudah proses dalam mengolah limbah beton dan mempermudah pencampuran agregat.
2. Dengan adanya penelitian ini sebagai solusi bagi pelaku usaha dalam hal ini pengusaha paving block agar dalam penggunaan bahan baku dapat memanfaatkan limbah beton sebagai bahan tambah guna untuk meminimalisir budget yang dikeluarkan namun tetap dapat menghasilkan produk dengan kualitas yang baik.
3. Peran pemerintah diperlukan dalam penanganan limbah beton yang begitu banyak pasca pembongkaran suatu konstruksi sehingga diperlukan inovasi lebih lanjut lagi dalam pemanfaatan limbah beton.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat dan daya dukung limbah beton yang digunakan ulang sebagai bahan tambah abu batu dalam penggunaan jangka panjang yang diaplikasikan ke paving block, mengingat paving block merupakan produk konstruksi yang biasa digunakan untuk perkerasan jalan, halaman rumah, trotoar dan lainnya yang tentunya selalu dilalui oleh berbagi macam jenis kendaraan.
5. Diharapkan dengan adanya penelitian ini agar bisa mengurangi limbah-limbah beton pasca pembongkaran suatu konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

Arie Putra, Alex kurniawandy, Azhari *"Pengaruh Variasi Bentuk Paving Block Terhadap Kuat Tekan."* Fakultas Teknik Universitas Riau

Anita Christine Sembiring, Jetri Juli Saruksuk (2017) *"Uji Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Paving Block Dengan Bahan Pasir Kasar, Batu Kacang, Dan Pasir Halus."* Fakultas Teknik Universitas Prima Indonesia

Muhammad Irwan Susanto (2020) *"Pemanfaatan Limbah Beton Pada Paving Block Dengan Metode Tekan".* Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

N. Rizki Priyanto, NPG Suardana, CIPK Kencanawati (2020) *"Pengaruh Waktu Perendaman terhadap Daya Serap Air dan Uji Tekan pada Paving Block Plastik-Pasir."* Fakultas Teknik Universitas Udayana, Fakultas Teknik Kampus Bukit Jimbaran Bali

PBI 1971, *Beton Dapat Diklasifikasikan Menjadi Tiga* (Wuryati samekto, 2001)

Sonia Sonita Munthe, (2019) *"Pemanfaatan Limbah Pecahan Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Terhadap Kuat Tarik Belah Dengan Fas 0,3 Dan 0,5."* Fakultas Teknik Universitas Medan Area

Muhammad Dudi Ermawan, (2019) *"Kuat Tekan Paving Block Dengan Pressing 75 Kg/Cm2 Frekuensi 35 Hz Terhadap Waktu Getar 4, 5, 6, 7, Dan 8 Detik."* Fakultas Teknik Universitas Jember

Ida Barkiah, Muhammad Yasin (2020) " *Nilai Konversi Uji Kuat Tekan Variasi Bentuk Paving Block"* Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Haruna Malisa *"Pengaruh Batu Pecah Terhadap Kuat Tekan Paving Block"* Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Ananto Prasetyo Kuncoro (2017) *"Analisis Kuat Tekan Dan Serapan Air Paving Block Dengan Pemakaian Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian semen"* Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

SNI 03-0691-1996, *"Bata Beton Paving Block"*

SNI – 03 – 2847 – 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*

SNI-03-0691-1996, *Bata Beton (Paving Block) Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSN)*

SNI-03-1968-1990, *Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan kasar*

SNI-03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*

SNI-03-4142-1996, *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0.075)*

ASTM C330/C330M-09, IDT *Spesifikasi agregat ringan untuk beton structural*, SNI 2461 : 2014