

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan *paving block* sangat besar dalam industri konstruksi, khususnya untuk jalan paving. Bata ringan, juga dikenal sebagai *paving block*, sering digunakan sebagai aksesoris untuk trotoar, tempat parkir, taman, teras, dan area lain di mana *paving block* dapat digunakan.

Untuk *paving block* kualitas rendah atau tipe D, yang sering digunakan untuk taman, beberapa kemajuan dihasilkan seiring dengan tumbuhnya minat terhadap *paving block*. Menurut SNI-0-0691-1996 *paving block* dengan mutu perkerasan rendah memiliki angka kuat tekan (fc') maksimal 10 Mpa dan kuat tekan (fc') minimum sebesar 8,5 Mpa dan rata-rata tingkat penyerapan air maksimum adalah 10%.

Pemilihan material dalam proses pembuatan *paving block* sangat penting untuk mencapai kualitas kuat tekan yang diinginkan sesuai dengan kegunaan dari *paving block* itu sendiri, tentunya dengan biaya yang lebih murah. Untuk menghasilkan campuran yang berkualitas dan ramah lingkungan, diperlukan suatu inovasi salah satunya adalah daur ulang limbah. Sehingga dapat mengatasi permasalahan lingkungan akibat limbah kertas dan upaya perlindungan sumber daya alam.

Karena banyaknya kendaraan yang melaju di permukaan *paving block*, timbul berbagai tekanan dan geteran yang berbeda sehingga dapat menyebabkan kerusakan. Adanya air tergenang permukaan perkerasan dapat menyebabkan kerusakan karena air tersebut akan meresap ke pori-pori perkerasan paving dan menyebabkan keretakan pada paving atau pecah.

Limbah kertas merupakan salah satu unsur yang dapat digunakan sebagai bahan campuran *paving block*. Setiap orang membutuhkan kertas, yang merupakan sumber daya mentah dan itu tidak bisa lepas dari penggunaan kertas, bahkan jika kita sekarang hidup di era globalisasi digital. Data Kementerian Lingkungan Hidup (KLHK) menyebutkan pada 2020 Indonesia menghasilkan 34,5 ton sampah, 12% di

antaranya adalah kertas. Namun, hingga 43% sampah kertas masih belum tertangani dengan baik. Selain itu, hanya sebagian kecil dari sampah yang dihasilkan yang didaur ulang. Jumlah gunung sampah kertas di Indonesia dengan asumsi jumlah penduduk 180 juta jiwa, laju produksi sampah 2 liter/orang/hari, dan komposisi 6,17%.

Dalam beberapa penelitian yang dilakukan salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Sifa Julia Dyah, dkk pada tahun 2019 menambahkan limbah kertas terhadap campuran beton dengan umur rencana 28 hari maka didapatkan hasil penelitian yaitu dengan campuran limbah kertas 0% rata-rata 18,16 Mpa, 8,77 Mpa pada 5%, 5,33 Mpa pada 9%, dan 5,97 Mpa pada 15% untuk kuat tekan.

Pemanfaatan limbah kertas belum optimal, perlu dilakukan kajian yang lebih dalam detail dan menyeluruh, yang nantinya dapat memberikan kontribusi yang lebih positif dalam pemanfaatan limbah sebagai sebagai bahan pengganti dan tambahan dalam produksi paving block. Penulis melakukan kajian dengan judul **“STUDI EKSPERIMENTAL PENCAMPURAN LIMBAH KERTAS TERHADAP KUAT TEKAN DAN MAMPU RESAP TERHADAP AIR PADA PAVING BLOCK”**. Dengan harapan dapat dijadikan sebagai solusi atas permasalahan kualitas dan daya serap paving, serta membantu dalam pendayagunaan limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut di atas, maka yang menjadi perhatian penulis dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh campuran limbah kertas terhadap kuat tekan paving dan kecepatan penyerapan airnya?
2. Bagaiman perbandingan persentase limbah kertas terhadap kuat tekan *paving block* mutu rendah dan kadar penyerapan air ?

1.3 Batasan Masalah

Identifikasi masalah agar penelitian ini dapat dikonsentrasikan, antara lain hanya membahas perubahan mutu beton dan tingkat resapan air akibat penambahan limbah kertas pada *paving block*. Adapun batasan-batasan masalahnya yaitu sebagai berikut ::

1. *Paving block* yang diisyaratkan memiliki mutu yang sama dengan beton tipe D (K100).
2. Limbah kertas HVS merupakan jenis kertas yang digunakan dalam penelitian ini.
3. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang.
4. Analisis diperoleh dari pengujian daya serap air dan kuat tekan *paving block* setelah penambahan 7,5%, 10%, dan 12,5% kertas .
5. *Paving block* seperti bata yang akan dicetak berbentuk bata memiliki ukuran tertentu yaitu panjangnya 21 cm, lebarnya 10,5 cm dengan ketebalan 6 cm.

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan penelitian yang akan penulis capai dalam pembuatan tugas akhir ini :

1. Menentukan komposisi tambahan limbah kertas yang ideal untuk kuat tekan *paving block* dan daya serap air *paving block*.
2. Meneliti bagaimana aditif kertas mempengaruhi kekuatan tekan dan penyerapan air *paving block*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat dari penyelesaian tugas akhir yang diinginkan dicapai penulis yaitu sebagai berikut :

- a. Membuat *paving block* mutu rendah yang ramah lingkungan.
- b. Mengurangi limbah menjadi bahan tambah untuk *paving block*.

- c. Dapat meningkatkan daya serap air yang optimal karena menggunakan bahan kertas yang bersifat menyerap air.

1.6 Sistematika Penulisan

Berbagai tahapan dilakukan sebagai pemikiran yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian ini. Berikut adalah garis besar teknik dan proses tahapan implementasinya :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan konteks masalah, tujuan dan manfaat penelitian, cakupan pembahasan dan proses penulisan semuanya tercakup dalam bab ini.

BAB II PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan teori dan sumber informasi yang digunakan untuk membuat tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan bagaimana tahapan bagaimana tugas akhir diselesaikan dari awal sampai akhir disertai dengan penjelasan tentang teknik perhitungan yang digunakan, tujuan, ruang lingkup, dan proses penulisan laporan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Analisis dan pembahasan data tercakup dalam bab ini yang meliputi pemaparan data yang telah dikumpulkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan rekomendasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB II

PEMBAHASAN

2.1 *Paving Block*

2.1.1 Definisi *Paving Block*

Paving Block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. Bata beton dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat warna pada komposisinya dan digunakan untuk halaman baik didalam maupun diluar bangunan (SNI 03-0691-1996).

Sejarah jalan paving batu sudah ada sejak 4000 SM pada saat itu batu ubin besar digunakan untuk mengaspal jalan-jalan desa Jalan Romawi yang paling terkenal adalah Appian Way, yang dibangun oleh para insinyur Romawi pada tahun 312 SM.

Belakangan, masyarakat mulai menggunakan batu bata yang dibakar untuk konstruksi jalan sebagai alternatif pengganti paving batu. Versi modern *paving blok* diproduksi di Belanda pada akhir 1940-an sebagai pengganti batu bata yang terbakar, karena ada kelangkaan batu bata akibat perang dunia kedua. Blok beton diperkenalkan sebagai alternatif paving bata dan kemudian diakui sebagai bahan paving yang tahan lama.

Paving block telah dikenal dan digunakan di Indonesia sejak tahun 1977 atau 1978, ketika trotoar di Jalan Thamrin dan terminal Pulogadung di Jakarta dipasang. Paving block kini digunakan di hampir semua kota besar di Indonesia. *Paving block* adalah alternatif perkerasan permukaan jalan selain itu digunakan seperti untuk keperluan parkir kendaraan, trotoar, pelataran, maupun kebutuhan dekoratif pada rumah dan taman. Karena aplikasinya sangat beragam, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. *Paving block* banyak digunakan karena dapat menahan beban sampai batas kekuatan tertentu dan mudah dipasang karena tidak memerlukan alat berat.

2.1.2 Klasifikasi *Paving Block*

Dalam SK SNI T-04-1990-F *paving block* diklasifikasikan berdasarkan bentuk, tebal, kekuatan dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Klasifikasi berdasarkan bentuk

Dua jenis bentuk *paving block* yaitu :

- 1) *Paving block* terkunci bentuk segi empat.
- 2) *Paving block* terkunci bentuk segi banyak.

b. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Menurut ketebalannya, ada tiga jenis paving block:

- 1) Paving block dengan ketebalan 60 mm yang sering digunakan untuk beban lalu lintas ringan.
- 2) Untuk beban lalu lintas sedang hingga berat, digunakan paver block dengan ketebalan 80 mm.
- 3) Untuk beban lalu lintas yang sangat kuat, digunakan paver block dengan ketebalan 100 mm.

c. Klasifikasi berdasarkan kekuatan

Berdasarkan kualitas beton, paving block didistribusikan sebagai berikut:

- 1) Paving block dengan mutu beton 37,35 MPa f_c' .
- 2) Paving block terbuat dari beton 27 MPa f_c' .

d. Klasifikasi Berdasarkan warna

Abu-abu, hitam, dan merah adalah corak yang sering ditawarkan di pasaran. Paving stone berwarna berfungsi sebagai pembatas jalan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain, selain untuk estetika.

2.1.3 Kualitas *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 tentang mutu *paving block* dapat dikatakan sebagai berikut :

a. *Paving block* mutu A

Kuat tekan paving yang digunakan adalah 400 kg/cm². biasanya diterapkan pada jalan raya umum.

b. *Paving block* mutu B

Untuk lantai parkir sering digunakan batu paving dengan nilai kuat tekan 200 kg/cm².

c. *Paving blok* mutu C.

Untuk jalur pejalan kaki sering digunakan batu paving dengan nilai kuat tekan 150 kg/cm².

d. *Paving block* mutu D

Taman kota, pekarangan, dan area lain yang tidak memiliki beban berat sering kali ditutup dengan paver dengan nilai kuat tekan 100 kg/cm².

2.1.4 Syarat Mutu *Paving Block*

Berikut spesifikasi kualitas *paving block* :

a. Sifat tampak

Paving block harus mulus, bebas dari cacat dan retakan, serta sulit dirapikan dengan jari pada sudut dan rusuknya.

b. Ukuran dan bentuk

Ketebalan *paving block* tidak boleh kurang dari 60 mm, dengan toleransi tidak lebih dari 8% atau 3 mm.

c. Sifat fisis

Tabel di bawah ini menguraikan persyaratan fisis *paving block* :

Tabel 2.1 Sifat fisis *paving block*

Mutu	Kuat Tekan		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Maks	%
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	10	0,219	0,251	10

Sumber : SNI 03-0961- 1996

d. Ketahanan terhadap natrium untuk sulfat

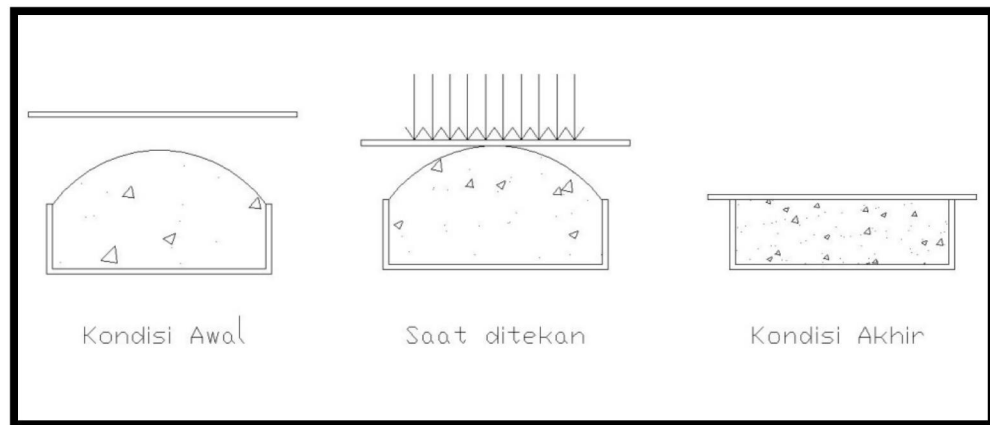
Jika *paving block* diuji, ia tidak dapat terdistorsi dan penurunan berat tidak boleh lebih dari 1%.

2.1.5 Metode Pembuatan *Paving Block*

Di masyarakat dikenal ada dua teknik pembuatan *paving block*, yaitu sebagai berikut:

1. Metode Tradisional

Teknik tradisional adalah cara pembuatan *paving block* yang dikenal dengan metode gablokan. Pembuatan dilakukan dengan alat gablokan yang memiliki beban pemadatan yang dipengaruhi oleh tenaga orang yang melakukannya. Karena alat yang dibutuhkan sederhana dan proses produksinya sederhana, teknologi ini banyak digunakan di industri rumah tangga. Meskipun proses produksinya sederhana, ia menghabiskan banyak energi karena pemadatan dilakukan dengan membenturkan pemadat ke campuran dalam cetakan.



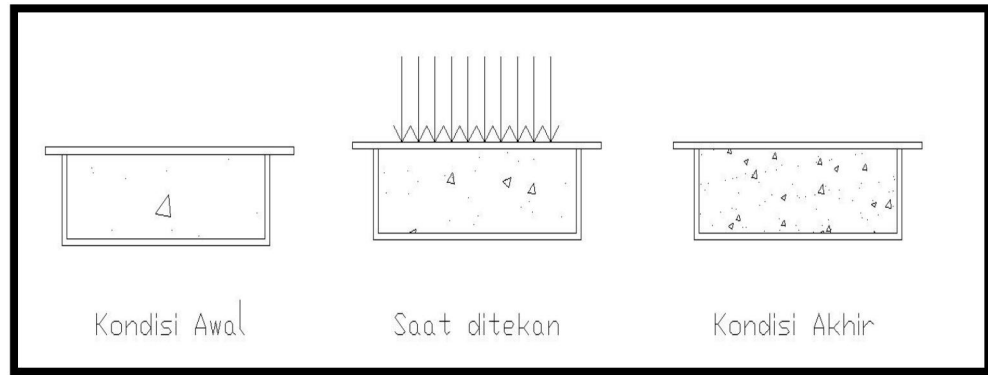
Gambar 2.1 Prinsip kerja metode tradisional

(Sumber : Autocad 2007)

2. Metode Press Hidrolis (mesin)

Pendekatan mekanis dikenal juga dengan metode press di masyarakat. Alat pengepres paving block ditenagai oleh tenaga mesin (solar). Penggunaan alat ini menghasilkan hasil paving block yang baik karena tekanan pada setiap sisi paving block lebih merata dan tekanan yang dihasilkan lebih besar.

Teknik mekanik biasanya digunakan oleh industri. Teknik mekanis memerlukan penggunaan alat yang agak mahal. Press hidrolis memiliki kapasitas maksimum 1000 buah per hari.



Gambar 2.2 Prinsip kerja press hidrolis

(Sumber : Autocad 2007)

2.2 Pengujian Pada *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996, paving block harus sesuai dengan parameter fisik dan mekanik paving block, yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Kuat tekan

Kuat tekan didefinisikan sebagai kapasitasnya untuk menahan beban atau gaya mekanik sebelum terjadi kegagalan. Uji kuat tekan beton adalah pengujian ketahanan paving block terhadap tekanan pada contoh paving block, yang kemudian diperiksa agar diketahui apakah kuat tekan *paving block* tersebut telah mencapai kuat tekan *paving block* yang diinginkan atau belum. Pengujian kuat tekan *paving block* dengan alat uji *compressive strength test machine*, dimana mesin menghitung dan menunjukkan kuat tekan paving block yang ditunjukkan oleh panah warna merah di dial.

Mesin dapat diatur kecepatannya, sampel yang telah disiapkan ditekan hingga hancur. Kecepatan penekanan diatur dari satu hingga dua menit dari saat beban ditekan hingga sampel uji dihancurkan. Arah pengepresan pada sampel uji

dimodifikasi agar sesuai dengan arah tekanan beban yang diterapkan. Rumus berikut digunakan untuk menghitung kuat tekan beton :

$$\text{Kuat Tekan (fc')} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

P = beban maksimal

A = luas penampang

2.2.2 Penyerapan air

Penyerapan air juga dikenal sebagai porositas, adalah rasio jumlah pori dalam suatu bahan terhadap volume totalnya. Penyerapan air terjadi akibat gelembung udara yang terbentuk selama atau setelah pencetakan. Gelembung-gelembung ini mungkin terbentuk akibat penggunaan air yang berlebihan pada produk selama pembuatan.

Lima benda uji dalam keadaan tidak rusak direndam dalam wadah sampai jenuh (24 jam) dan ditimbang dalam keadaan basah. Sampel kemudian dikeringkan selama kurang lebih 24 jam dengan suhu sekitar 105° C hingga selisih berat antara kedua periode penimbangan kurang dari 0,2% dari penimbangan sebelumnya. Nilai penyerapan air dapat dirumuskan yaitu :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

A = Berat bata beton dalam keadaan jenuh

B = Berat bata beton dalam keadaan kering

2.3 Material Penyusunan *Paving Block*

menurut SNI 03-0691-1996 *paving block* dibuat dari semen *portland* atau perekat hidrolik lainnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan lain. Komponen yang membentuk *paving block* tercantum di bawah ini :

2.3.1 Semen

Dalam dunia teknik sipil, semen merupakan bahan pengikat penting yang sering digunakan dalam proyek konstruksi. Semen hidrolik yang banyak dijumpai pada masa itu mirip dengan semen *portland*. Sebagai hasil dari penggilingan ekstra,

semen *portland* dijelaskan dalam ASTM C150 sebagai semen hidrolik yang biasanya mengandung satu atau lebih jenis kalsium sulfat. Ketika campuran bahan baku komposisi asli dipanaskan pada suhu tinggi, klinker tersebut merupakan butiran dengan diameter 5 hingga 25 mm.

Berikut beberapa jenis semen *portland* yang disesuaikan dengan kebutuhan konsumen penjelasannya sebagai berikut :

a. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*)

Semua bahan konstruksi beton yang tidak terkena perubahan cuaca ekstrim, tidak dibangun di lingkungan yang tidak bersahabat, atau tidak memerlukan kualitas tertentu harus menggunakan semen *portland* Tipe I. Semen Portland Biasa mengandung 2,5 hingga 3% SO₃ dan 5% MgO.

b. Tipe II (*Moderate Heat Portland Cement*)

Semen Portland Tipe II digunakan untuk proyek bangunan yang membutuhkan panas hidrasi moderat jangka panjang dan ketahanan terhadap sulfat, seperti bendungan. Biasanya, bangunan di sepanjang pantai dan di lokasi pelabuhan menggunakan jenis semen ini. Jika semen biasa digunakan sebagai semen standartn maka tekanan akibat perubahan suhu terjadi pada pendinginan, yang dapat menyebabkan retakan pada bangunan. . Akibatnya, diperlukan semen khusus, khususnya semen tipe II dengan kemampuan pelepasan panas hidrasi rendah. Semen Portland untuk panas sedang mengandung 20% SiO₂, 6% Al₂O₃, 6% MgO, dan C₃A. Semen ini mengandung lebih banyak C₂S dan lebih sedikit C₃A jika dibandingkan dengan semen portland tipe I.

c. Tipe III (*High Early Strength Portland Cemen*)

Semen portland tipe III memiliki waktu pengerasan yang cepat dan ideal untuk pengecoran beton cuaca dingin. Untuk mempercepat proses hidrasi, diikuti dengan pengerasan yang lebih cepat dan peningkatan kekuatan yang dipercepat, butiran semen tipe III digiling lebih halus selama proses pembuatan. Kuat tekan semen tipe I setelah tujuh hari setara dengan kuat tekan semen tipe III setelah tiga hari. Karena memiliki kekuatan awal yang

tinggi, semen jenis ini sering digunakan dalam pembangunan jalan. Semen khusus ini terdiri dari 35% C3S, 15% C3A, 3,5 hingga 4,5% Al₂O₃, dan 6% MgO. Untuk konstruksi struktur besar, pondasi, dan beton pratekan yang membutuhkan kekuatan awal yang kuat, semen jenis ini sangat ideal.

d. Tipe IV (High Sulphate Resistance)

Tipe IV adalah jenis semen portland yang menghasilkan atau cocok untuk digunakan oleh konstruksi panas hidrasi rendah dengan persentase C2S maksimal 35 %, CA 7% dan CS 40%.

e. Tipe V

Semen portland ini menghasilkan panas dan tahan terhadap serangan sulfat. Disarankan untuk menggunakan semen tipe V saat membangun gedung beton besar di daerah pasang surut jika serangan sulfat mungkin terjadi

.2.3.2 Agregat

Porositas, distribusi gradasi, ukuran, daya serap air, bentuk dan kekasaran permukaan, kekuatan pecah, modulus elastisitas, dan adanya bahan yang dapat merusak beton merupakan sifat-sifat agregat yang harus diperhatikan. Agregat berfungsi sebagai pengisi mortar atau campuran beton. Sekitar 70% komposisi beton itu sendiri terdiri dari agregat dalam campuran beton. Oleh karena itu, karakteristik agregat sangat berpengaruh terhadap mutu beton. Berdasarkan SNI T-15-1991-03, agregat adalah butiran seperti terak tungku besi, kerikil dan pasir yang digunakan dalam produksi beton bersamaan dengan bahan pengikat, yaitu semen dan air. Agregat dipisahkan menjadi dua kategori menurut ukurannya, yaitu:

a. Agregat kasar

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat kasar dicirikan sebagai komponen utama beton dengan ukuran lebih dari 5-40 mm atau ukuran butir yang dapat lolos saringan dengan bukaan 4,75 mm. Kerikil dapat dicirikan sebagai bahan kasar yang digunakan dalam campuran beton, diperoleh dengan penguraian alami batu atau batu yang diperoleh dengan alat penghancur batu atau dihancurkan dengan tangan. Standar ASTM C33 untuk kualitas agregat dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Komponen alkalin dalam semen dan pemuaiannya yang berlebihan tidak diperbolehkan pada agregat kasar yang digunakan pada beton yang terkena kelembaban dan kelembaban terus menerus atau yang bersentuhan dengan tanah.
- 2) Gradasi agregat kasar dinilai sesuai dengan tabel ASTM C33 2.
- 3) Tabel 1 ASTM C33 menyajikan konsentrasi zat atau partikel yang merusak beton. Tabel 1 ASTM C33 mencantumkan partikel tau yang berbahaya bagi beton.
- 4) Kekokohan sebagaimana tercantum dalam tabel 3 ASTM C33 dievaluasi, bersama dengan parameter fisik termasuk kekerasan butiran, menggunakan mesin Los Angeles. Agregat Halus

b. Agregat Halus

Menurut SNI T-15-1991-03, agregat halus terbentuk ketika batu alam atau pasir yang dihasilkan dalam *stone crusher* terurai secara alami. Semen, air, dan pasir digabungkan untuk membuat campuran padat untuk digunakan sebagai pengisi beton. Ukuran butiran pasir 0,15 hingga 5 mm. Berikut adalah penjabaran dari standar ASTM untuk kualitas agregat halus :

- 1) Untuk beton abrasi permukaan, kandungan lumpur atau partikel yang lebih kecil dari 75 mikron (dalam persen) maksimum adalah 3,0, dan untuk jenis beton lainnya, kandungan maksimum adalah 5,0.
- 2) Hingga 30% gumpalan tanah dan partikel tanah liat berkualitas ringan digiling halus.
- 3) Konsentrasi maksimum karbon dan lignin untuk permukaan beton adalah 0,5%, sedangkan nilai maksimum untuk beton bentuk lain adalah 1%.
- 4) Agregat yang baik tidak boleh mengandung bahan organik apapun dan, ketika diuji dengan larutan Na₂SO₄, harus sesuai dengan rona standar (yaitu tidak boleh lebih gelap).
- 5) Tabel di bawah menunjukkan gradasi agregat halus yang harus dicampur dengan beton :

Tabel 2.1 Gradasi agregat halus

Ukuran lobang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	10-30
0,15	2-10

Sumber : Teknologi beton lanjutan durabilitas beton (2011)

- 6) Persentase kelulusan agregat halus kumulatif tidak boleh lebih dari 45%, dan modulus kehalusan agregat halus harus antara 2,3 dan 3,1.

2.3.3 Air

Dalam industri bangunan, khususnya produksi beton, air merupakan pelarut yang mendasar. Untuk bereaksi dengan semen dan berfungsi sebagai pelarut antar butir agregat sehingga dapat dikerjakan dan dipadatkan dengan mudah, maka diperlukan air. Untuk bereaksi dengan semen, dibutuhkan sekitar 25% dari berat air. Dalam praktiknya, sulit untuk mengeksekusi nilai faktor air-semen kurang dari 0,35. Pelarut yang terbuat dari air ekstra digunakan. Penting untuk menghindari menambahkan terlalu banyak air ke dalam campuran karena hal itu akan mengurangi kekuatan beton dan menyebabkan *bleeding*.

Air dalam campuran beton memiliki tujuan sebagai berikut:

- a. Sebagai bahan yang bersifat larut baik untuk agregat kasar maupun halus.
- b. Campurkan dengan semen akan membentuk pasta semen.
- c. Bahan semen harus benar-benar tercampur di atas permukaan agregat.
- d. Membasahi agregat untuk mencegahnya menyerap air penting yang dibutuhkan untuk reaksi kimia.
- e. Memudahkan campuran beton dituangkan ke dalam cetakan.

Kondisi berikut harus dipenuhi saat menggunakan air untuk beton air:

1. Tidak termasuk lebih dari 2 gr/liter kotoran atau benda terapung lainnya.

2. Tidak mengandung unsur garam (asam, senyawa organik) lebih dari 15 gr/liter yang dapat merusak beton.
3. Tidak memiliki lebih dari 0,5 g/liter klorida (Cl).
4. Tidak memiliki lebih dari 1 g/liter senyawa sulfat.

Berikut hasil penambahan air pada campuran beton :

1. Pembentukan pasta semen berdampak pada *workability*, ketahanan susut, dan keawetan beton.
2. Interaksi lanjutan dengan semen *portland* untuk menghasilkan kekerasan dan kekuatan secara bertahap.
3. Campuran beton dikeraskan untuk mencapai pengerasan yang optimal.

2.4 Bahan Tambah *Paving Block*

Menurut ASTM C125, *admixture* adalah zat yang digunakan sebagai komponen atau mortar dan ditambahkan ke dalam campuran baik sebelum dan selama pencampuran yang bukan air, agregat, semen hidrolik, atau penguat serat. Sedangkan aditif adalah senyawa yang digunakan selama proses penggilingan klinker semen. Tujuan penambahan adalah untuk meningkatkan mutu beton sesuai dengan desain yang diinginkan sekaligus mempermudah dalam mencampur dan mengaplikasikan beton. Aditif dapat berupa satu atau lebih bahan kimia dalam bentuk bubuk atau cair. *Admixture* digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan *workability* dan penampilan (*performance*), kualitas (*quality*), keawetan (*durability*) dan konsistensi (*consistency*).



Gambar 2.3 Bahan Bambah Berbentuk Bubuk

(Sumber : Teknik Beton Lanjutan Durabilitas Beton Edisi 2, 2011)



Gambar 2.4 Bahan Tambah Berbentuk Cair

(Sumber : Teknik Beton Lanjutan Durabilitasi Beton Edisi 2, 2011)

Jenis aditif diklasifikasikan menurut ASTM C494 sebagai berikut :

- a. Tipe A, *water-reducing admixture* (aditif pengurang air), yaitu zat yang ditambahkan ke dalam campuran beton untuk menurunkan kadar air hingga komposisinya sesuai.
- b. Tipe B, *retarding admixture* , komponen tambahan yang digunakan untuk menghentikan pengerasan beton.
- c. Tipe C, *accelerating admixture* atau aditif percepatan, adalah zat tambahan yang mempercepat pengerasan beton dan meningkatkan kekuatan awalnya.
- d. Tipe D, *water-reducing and retarding admixture* , yaitu bahan tambah yang berfungsi menurunkan kadar air campuran beton dengan komposisi tertentu dan mencegah pengerasan beton.
- e. Tipe E, *water reducing and accelerating admixture* atau aditif penurun dan percepatan air, yaitu bahan tambahan yang mengurangi jumlah air untuk campuran beton dengan komposisi tertentu dan mempercepat pengerasan beton untuk merekatkan beton.
- f. 6. Tipe F, *water reducing hight range admixture* aditif pereduksi air, zat tambahan yang memotong air yang dibutuhkan untuk campuran beton dengan konsistensi tertentu sebesar 12%.
- g. 7. Tipe G, , *water reducing hight rangeand retarding admixture* aditif penurun air kisaran tinggi dan penghambat, suatu zat yang ditambahkan ke campuran beton yang menurunkan kadar air paling sedikit 12% sambil menunda pengerasan beton.

Fungsi *admixture* pencampuran dalam berbagai metode atau tindakan, seperti yang dinyatakan di bawah ini:

- a. Reaksi kimia yang terjadi selama proses hidrasi semen menyebabkan laju reaksi meningkat dan melambat selama fase semen.
- b. Permukaan semen mengalami penyerapan, yang sering mengakibatkan dispersi partikel (aksi plastisisasi atau aksi plastisisasi super).
- c. Jumlah *entrainment* udara meningkat ketika tegangan tarik pada permukaan air meningkat.

- d. Memodifikasi reologi air sering meningkatkan viskositas atau kohesi plastik campuran.
- e. Menambahkan bahan kimia ke beton keras yang dapat mengubah beberapa karakteristiknya, terutama korosi.
- f. Berdampak pada jumlah kebutuhan air yaitu melalui *plasticizing* dan *depleting water*.
- g. Mengubah laju pengerasan beton dapat mengakibatkan percepatan (*acceleration*) atau perlambatan (*retardation*).
- h. Mengubah kadar air (*air content*) campuran dengan memodifikasi tangkapan air (*air entrainment*).
- i. Memodifikasi viskositas plastik untuk meningkatkan kekompakan atau ketahanan terhadap *bleeding* dan segregasi campuran.

2.5 Pengujian Material Campuran Pada Paving Block

Apabila suatu material dinyatakan memenuhi persyaratan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), maka material tersebut telah lulus uji material dan dapat digunakan dalam kombinasi pembuatan paving block. Bahan-bahan tersebut harus melalui beberapa pengujian yaitu :

2.5.1 Pengujian berat jenis semen

Untuk memastikan apakah semen masih dalam batasan berat jenis semen yang diijinkan pada pelaksanaan struktural dan pelaksanaan lainnya, dilakukan pengujian berat jenis semen. Berat jenis semen yang diperbolehkan adalah antara 3 dan 3,2 gr/ml, sesuai SK SNI 15-2531-1991. Adapun prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Cara Laboratorium
 - 1) Menambahkan minyak tanah ke dalam botol Lie Chatelier 100 ml dari skala 0 sampai 1.
 - 2) Rendam botol Lie Chaterlier tersebut ke dalam bak air selama 10 menit.
 - 3) Menimbang semen sebanyak 25 gram.

- 4) Setelah 10 menit, tambahkan 25 gram semen Portland secara bertahap kedalam botol Lie Chatelier.
- 5) Tutup botol tersebut setelah itu putar hingga gelembung udara hilang.
- 6) Pengulangan langkah no 2 namun kali ini di amkan selama 20 menit.

b. Cara Lapangan.

- 1) Tuang minyak tanah 40 ml ke dalam gelas ukur 100 ml dengan
- 2) Selama 10 menit, gelas ukur yang berisi minyak tanah tersebut di rendam dalam water bath
- 3) Timbang semen sebanyak 25 gram.
- 4) Gelas ukur tersebut dikeluarkan setelah 10 menit, kemudian catat sebagai V1.
- 5) 25 gram semen dimasukan kedalam gelas ukur 100 ml.
- 6) Tutup botol tersebut setelah itu putar hingga gelembung udara hilang
- 7) Masukan kembali gelas ukur tersebut kedalam water bath selama 20 menit lalu dikeluarkan serta ukur volumenya dan catat sebagai V2.

Adapun rumus pengujian sebagai berikut :

$$Bj \text{ Semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{V2 - V1} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

V2 : volume kenaikan

V1 : volume awal

Bj air : 1 gr/ml

2.5.2 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus Cara Lapangan

Untuk memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar berdasarkan SNI 03-4141-1996 untuk agregat halus maksimum yang diperbolehkan mengandung kadar lumpur 5% (bagian yang lolos saringan 0,060 mm), dilakukan pengujian kandungan lanau agregat halus dengan cara penelitian lapangan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kandungan lanau tergantung dari agregat halus yang akan digunakan. Kandungan lanau yang tinggi pada suatu agregat mengakibatkan diperlukan lebih banyak semen untuk mengikat permukaan masing-masing agregat,

lumpur dapat menyerap air lebih banyak, dan campuran beton berubah pada saat beton masih muda sehingga merusak ikatan antara pasir atau kerikil sehingga dapat membuat kuat tekan beton semakin rendah.

Perhitungan kadar lumpur agregat halus cara lapangan dilakukan dengan menghitung tebal lapisan lumpur yang mengendap dipermukaan agregat halus pada koordinat 4 titik di setiap sisi gelas ukur. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Isi botol ukur 1000 ml dengan agregat halus (Pasir) setinggi 60 mm dan Tutup rapat botol dan kocok 25 kali sebelum didiamkan selama 24 jam.
- b. Hitung ketebalan lapisan lumpur yang terbentuk pada permukaan agregat pada empat lokasi berbeda.
- c. diratakan.
- d. Masukkan air bersih kedalam gelas ukur sampai 3/4 volume gelas ukur.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{\left(\frac{\sum T}{4} \right)}{\text{Tinggi Agregat Halus}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5.3 Pengujian Kadar Lumpur dan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar Cara Laboratorium

Menentukan jumlah (%) lumpur dalam suatu agregat yang digunakan untuk membuat campuran *paving block* adalah tujuan dari menguji kandungan lumpur dalam agregat. Kisaran kandungan lumpur maksimum adalah 5%, sesuai dengan definisi SNI 03-4142-1996 tentang sifat-sifat agregat halus. Sedangkan standar SNI 03-1971-1990 untuk sifat kadar air mengatur kadar air 5,0%. Tujuan dari uji kadar air adalah untuk mengetahui berapa banyak air yang dimiliki oleh pecahan atau kerikil. Adapun cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Timbang agregat kasar dan agregat halus sebanyak 300 gram catat sebagai W1.
- b. Agregat halus hasil oven dioven selama 24 jam pada suhu 110±5° C.
- c. Setelah agregat halus atau kasar dingin dan mencapai suhu kamar, timbang catat W2.

- d. Bilas agregat dengan air sampai air bilasan jernih. Untuk agregat halus, gunakan saringan No. 200; untuk agregat kasar, gunakan Pan.
- e. Lalu kembali oven agregat tersebut dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}$ C.
- f. Keluarkan dari oven, biarkan dingin hingga beratnya stabil, dan timbang sebagai W3.

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(W2 - W3)}{W3} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Kadar air} = \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

W1 : berat awal kondisi lapangan

W2 : berat agregat setelah dioven

W3 : berat agregat setelah dicuci dan dioven

2.5.4 Penentuan Berat jenis dan Penyerapan Pada Agregat Halus

Karena agregat biasanya memiliki pori-pori, kita harus menentukan berat jenis dalam hal berat jenis curah atau kering, berat jenis kering permukaan lengkap dan berat jenis semu diperlukan. Persiapan campuran paving block sambil menambahkan air tergantung pada berat jenis dan penyerapan masing-masing agregat halus dan agregat kasar. Penyerapan air, dinyatakan dalam persentase. Penyerapan adalah berat air yang dapat diserap terhadap berat agregat kering. Kisaran berat jenis berkisar antara 1,6 hingga 3,3 gram berdasarkan parameter karakteristik agregat berdasarkan SNI 1970-2008. Sedangkan persyaratan untuk penyerapan berkisar antara 0,2% sampai 4,0%. Cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Menimbang agregat halus yang lolos saringan sebanyak 500 gram sebagai W1.
- b. Masukkan air bersih ke dalam gelas ukur 500 ml sampai volume gelas ukur 500 ml dan ditimbang sebagai W4.
- c. Keluarkan air dari gelas ukur dan masukkan agregat halus ke dalam gelas ukur 500 ml dan masukkan air bersih sampai 100% volume gelas ukur 500 ml dan direndam selama 24 jam sebagai W3.

- d. Keluarkan agregat halus dan masukkan agregat halus dalam oven untuk dikeringkan selama 24 Jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ} \text{ C}$
- e. Setelah 24 jam kemudian keluarkan dan diamkan hingga dingin kemudian timbang sebagai W2.

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{W1}{W4 + W1 - W3} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

W1 : Berat sampel awal

W2 : Berat agregat setelah di oven

W3 : Berat gelas ukur + agregat kasar + air

W4 : Berat air + berat gelas ukur

2.5.6 Penentuan Berat jenis dan Penyerapan Pada Agregat Kasar

Bila agregat dalam keadaan basah sudah terpenuhi, maka digunakan berat jenis curah berdasarkan SNI 1969-2008 yang dihitung dari kondisi kering-permukaan jenuh. Ketika suatu agregat dianggap telah bersentuhan dengan air dalam waktu yang cukup untuk air menyerapnya sepenuhnya, perubahan berat yang dihasilkan dari air yang merembes ke dalam pori-pori antara partikel utama dibandingkan dengan keadaan kering dihitung dengan menggunakan laju penyerapan. Kisaran berat jenis berkisar antara 1,6 hingga 3,3 gram berdasarkan parameter karakteristik agregat berdasarkan SNI 1969-2008. Sedangkan persyaratan untuk penyerapan berkisar antara 0,2% sampai 4,0%. Cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Menimbang agregat kasar dalam keadaan SSD sebanyak 500 W1 gram.
- b. Masukkan agregat kasar yang ditampung pada pan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- c. Keluarkan agregat kasar yang telah di oven ditimbang sebagai W2 gram.
- d. Masukkan agregat kasar ke dalam gelas ukur 500 ml dan juga masukkan air bersih sampai 100% volume gelas ukur.

- e. Kemudian gelas ukur diputar dan diguncang-guncang sampai gelembung udara habis, bila volume berkurang maka tambahkan air setelah itu diamkan selama 24 jam.
- f. Kemudian timbang agregat dan air didalam gelas ukur tersebut dan kurangi dengan berat air bersih yang dimasukkan ke dalam gelas ukur 500 ml kemudian catat sebagai W3.

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{W2}{W2 - W3} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W2 - W1}{W1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- W1 : Berat agregat kering oven
- W2 : Berat agregat jenuh kering permukaan
- W3 : berat agregat dalam air

2.5.7 Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Analisa agregat ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari agregat yang akan digunakan sebagai material dalam pembuatan campuran paving block. Analisa saringan halus dilakukan untuk mengetahui gradasi dan modulus kehalusan pasir. Analisa saringan agregat halus untuk penentuan gradasi pada agregat halus pembuatan paving block. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus dan agregat kasar diayak terlebih dahulu dan ditimbang sebanyak 2 kg.
- b. Agregat dimasukkan ke dalam oven Selama 24 jam dengan suhu 110 ± 5 °C.
- c. Menyaring agregat halus selama ± 10 menit menggunakan sieve shaker dengan menggunakan saringan no 16, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 200 dan Pan. Untuk agregat kasar menggunakan saringan No. 3/4,1/2,3/8,1/4,4,8,10,16,20 dan Pan.
- d. Menimbang agregat yang masih tertahan pada masing-masing saringan.

- e. Menghitung persentase agregat halus yang tertinggal dan yang lolos pada masing - masing saringan.
- f. Menentukan ukuran maksimum agregat halus yang disaring.

Untuk masing – masing perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini

$$\text{Komulatif Berat Tertinggal} = A + B \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

A : Berat tertinggal saringan n

B : Berat tertinggal saringan sebelumnya

$$\% \text{ Tertinggal} = \frac{\text{Komulatif Berat Tertinggal}}{\sum \text{Berat Tertinggal}} \times 100 \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\% \text{ Lolos} = 100\% - \% \text{ Tertinggal} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.5.8 Pengujian Keausan Menggunakan Mesin Los Angeles

Tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan mesin Los Angeles untuk menilai ketahanan aus agregat kasar. Keausan adalah persentase berat bahan aus yang melewati No. 12 terhadap berat awal sampel. Agregat yang layak digunakan pada bangunan gedung memiliki nilai keausan sekitar 40%, menurut SNI 03-2417-1991. Adapun cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

- 1) Siapkan agregat kasar sebanyak 5 kg, kemudian agregat kasar dicuci sampai bersih.
- 2) Setelah agregat kasar dicuci, kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- 3) Setelah dioven selama 24 jam, agregat dikeluarkan kemudian dimasukkan kedalam mesin Los Angeles
- 4) Masukkan 12 buah granding ball dan diputar sebanyak 500 putaran.
- 5) Kemudian di saring menggunakan saringan No. 12 dan ditimbang.

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100 \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

A : Massa Awal

B : Massa Setelah dilakukan pengujian

2.6 Penyebab Kerusakan Pada *Paving Block*

a. *Paving block* retak atau pecah

Ini adalah jenis kerusakan yang paling umum hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu sebagai berikut :

- 1) Beban yang harusnya dipikul melebihi kapasitas beban yang harus diterima. Lapisan yang bebannya melebihi persyaratan kekuata secara alami akan lebih cepat rusak dari pada lapisan yang penggunaannya memenuhi persyaratan kuat tekan.
- 2) Cuaca yang berubah-ubah juga mempengaruhi rusaknya *paving block*. Sinar UV dapat merusak lapisan perekat sehingga membuat *paving block* lapuk atau dapat merusak ikatan antar semen.
- 3) Air yang menggenang diatas lapisan *paving block* dapat menyebabkan kerusakan paving karena iar tersebut akan masuk ke pori-pori perkerasan dan menyebabkan keretakan.
- 4) Paving yang tidak dirawat juga menyebabkan kerusakan, seperti tumbuhnya lumut maupun tanaman lainnya. Pemeliharaan rutin diperlukan untuk menjaga permukaan jalan dalam kondisi optimal.



Gambar 2.5 : Paving block ditumbuhi rumput
(Sumber : hand book on concrete block paving,2019)

b. *Paving block* Tidak rata

Sebagian besar paving bengkok di daerah ini berbentuk cembung, cekung, atau cekungan.. Tonjolan ini biasanya disebabkan oleh kesalahan desain atau manufaktur. Hal ini terjadi jika pondasi atau alas *paving block* tidak dibangun dengan benar, karena penurunan dapat menyebabkan paving block menjadi tidak rata.



Gambar 2.6 Paving block tidak rata

(Sumber : hand book on concrete block paving,2019)

2.7 Fase *curing* atau Metode Perawatan

Saat memproduksi *paving block*, fase *curing* digunakan untuk menjaga tingkat kelembapan dan suhu yang tepat. Hal ini karena karakteristik *paving block* secara langsung dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Proses curing membuat semen lebih terhidrasi dan mencegah air menguap dari mortar. Setelah dicetak, *paving block* perlu melalui prosedur curing untuk meningkatkan kualitasnya. Untuk membuat permukaan *paving block* dapat menopang beban besar. Berbagai proses *curing* dijelaskan sebagai berikut :

2.7.1 *Curing* Air

Curing air adalah perawatan beton yang paling sering digunakan. Pendekatan ini ideal untuk membangun rumah dan tidak membutuhkan peralatan atau pengetahuan khusus.. Jika *curing* ini dilakukan diluar ruangan tentunya proses

penguapan air menjadi cepat sehingga mungkin memerlukan biaya yang mahal. Oleh karena itu, curing beton merupakan metode untuk menghemat air, tetapi mengharuskan beton terlindung dari matahari dan angin agar air tidak cepat menguap. Selain itu, menutupinya dengan kain goni, rumput, plastik, atau daun membantu mengurangi penguapan air.

2.7.2 Curing uap air

Curing uap air dilakukan apabila air sulit diperoleh. Proses ini dikenal sebagai steam curing. Ide dasar di balik penyembuhan uap air adalah menjaga agar produk semen tetap hangat dan lembab. Agar matahari dapat meningkatkan energi panas dari ruang pemanas dan mencegah air menguap pada ketinggian air yang tinggi, diperlukan pembangunan ruangan untuk pemanasan sederhana dengan dinding penahan air dan lantai yang dilapisi plastik. Ketinggian air harus dijaga antara 5 dan 8 cm di atas lantai agar prinsip pengoperasian sistem evaporasi dapat berfungsi.

2.7.3 Curing uap panas

Sebagian besar fasilitas produksi modern yang menghasilkan produk semen dalam jumlah besar menggunakan perawatan uap panas. Energi yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem ini dan menyediakan panas yang dibutuhkan untuk uap panas sangatlah mahal. Barang curing, bagaimanapun, tidak boleh digunakan selama 24 hingga 36 jam setelah pembuatan. Hal ini merupakan keunggulan dibandingkan *curing* sistem lainnya. Pada dasarnya semua aturan dan regulasi untuk pembuatan beton secara benar harus diikuti, kekuatan beton dapat diperoleh seiring dengan waktu. Bagaimanapun, tingkat kenaikan kekuatan akan berkurang dengan waktu.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya tentang kuat tekan dan penyerapan air pada paving block dengan bahan tambahan atau campuran dilakukan untuk menganalisis dan memahami dampak pada sifat-sifat yang telah dilakukan peneliti sebelumnya. Namun penelitian sebelumnya menggunakan zat maupun bahan yang berbeda serta variasi yang berbeda untuk setiap campurannya sehingga akan mempengaruhi hasil uji dari sampel tersebut. Berikut beberapa pengujian terdahulu mengenai *paving block* :

No	Nama Penulis dan Tahun	Judul	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Syifah, D.J., Gumilang, P.D., Lestari, A.D., Gunawan, L.I., Safarizki, H.A. (2019)	PABLOCK : Paving Block Dengan Bahan Tambah Limbah Kertas.	Tujuan Untuk membuat paving block lebih inventif dan ramah lingkungan, Penelitian ini akan mengkaji efek penambahan kertas pada paving stone..	Penelitian ini dilakukan di laboratorium bahan konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo. Campuran bubur kertas pada penelitian ini 0%,5%,9%,15%. Setelah itu dikeringkan selama 28 hari hari.	Hasil penelitian yaitu dengan penambahan kertas 0% kuat tekan rata- rata 18,16 Mpa, campuran 5% sebesar 8,77 Mpa, 9% sebesar 5,33 Mpa dan 15% sebesar 5,97 Mpa. Kesimpulan dari penelitian ini adalah variasi tersebut belum dapat meningkatkan kuat tekan paving. Penambahan kertas dalam penelitian ini hanya dapat mengurangi limbah kertas dan menjadikan paving lebih ringan.
2	Hadi, S. (2018).	Analisis Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kuat tekan beton ringan menggunakan	Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji di Laboratorium Bahan Bagunanan Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar Mataram.	Hasil penelitian ini adalah campuran beton normal kuat tekan sebesar 17,342 Mpa campuran beton 10% didapatkan kuat tekan sebesar 20,324 mpa, dan campuran limbah kertas 20%

			campuran kertas bekas dan penambahan % sampah kertas.	Benda uji yang dicetak berupa cetakan silinder dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. persentase penambahan kertas sebesar 10% dan 20% untuk masing-masing sampel masing-masing 3 buah dengan total 9 buah. Pengujian beton dilakukan pada umur 28 hari`	didaptkan kuat tekan sebesar 18,874 Mp. Dengan variasi 0%,10% dan20% ternyata menghasilkan kuat tekan maksimum terjadi pada penambahan limbah kertas 10% dan setelah diadakan penmabahan 20%.
3	Sonata, H.M.S., Shinta, D.Y., Mulyadi. (2021)	Pemanfaatan Abu Limbah Kertas Pada Pembuatan Batu Bata.	Tujuan penelitian ini adalah menganalisis konsentrasi penambahan abu limbah kertas terhadap kekuatan batu bata.	Peneltian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITP Padang. Dimana benda uji yang dipakai adalah abu limbha kertas dimana variasi campuran limbah kertas adalah 3%,5% dan 7% masing-masing variasi campuran	Berdasarkan hasil penelitian, beton normal memiliki kuat tekan rata-rata 37,28 kg/cm2 untuk campuran 3%, 40,10 kg/m2 untuk campuran 5%, 61,48 kg/m2 untuk campuran 7%, dan 64,12 kg/ m2 rata-rata untuk campuran 7% kuat tekan. Variasi dengan kombinasi limbah abu kertas 7% melampaui 60 kg/m2

				jumlah benda uji 6 buah maka totalnya 24 buah	(kelas kuat tekan III) SNI 15-2094-2000 dari campuran 3%, 5%, dan 7% campuran limbah abu kertas.
4	Ansbarasi, R., Vinodhoni, M. (2021)	Experimental Investigation On Concrete By Using Paper Waste.	Tujuan dari penelitian ini adalah pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan tambahan campuran beton untuk digunakan pada berbagai proyek konstruksi memastikan beton yang dihasilkan memiliki kuat tekan beton yang sesuai untuk mengetahui	Penelitian dilakukan dengan variasi campuran 0%, 10%, 15% dan 20%. Untuk setiap persentase dibuat benda uji masing-masing tiga buah berbentuk kubu. Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan, densitas, penyerapan air dan workability. Perawatan benda uji dilakukan selama 7 hari dan 28 hari. Total sampel adalah sebanyak 24 buah.	Hasil penelitian ini adalah kuat tekan untuk campuran 0% kuat tekan untuk umur 7 hari rata-rata sebesar 31,111 N/mm ² dan untuk 28 hari sebesar 35,41 N/mm ² untuk campuran 10% kuat tekan rata-rata sebesar 32,44 N/mm ² dan pada umur 28 hari sebesar 36,47 N/mm ² untuk campuran 15% kuat tekan yang dihasilkan 31,56 untuk umur 7 hari sedangkan umur 28 hari 35,92 N/mm ² dan kuat tekan rata-rata campuran 20% kuat tekan 7 hari 30,22 N/mm ² dan umur 28 hari sebesar 34,75 N/mm ² . Sedangkan densitas untuk

			<p>karakteristik dasar beton, perbandingan hasil berbagai karakteristik dengan campuran control, untuk meminimalkan biaya produksi beton dengan menambahkan limbah kerts dengan campuran beton.</p>		<p>campuran beton normal densitas untuk umur 7 hari sebesar 2387 N/mm² dan 28 hari sebesar 2433 N/mm² untuk campuran 10% besar densitasnya umur 7 hari adalah 2399 N/mm² dan 28 hari besarnya 2446 N/mm², campuran sebesar 15% adalah 2390 N/mm² sedangkan untuk umur 28 hari densitasnya adalah 2347 N/mm² dan campuran 20% densitas sebesar 2383 N/mm² untuk 7 hari sedangkan 2479 N/mm² untuk 28 hari. Untuk kadar penyerapan air variasi campuran 0% sebesar 13,3%,, untuk campuran beton 10% penyerapan sebesar 13,2%, campuran beton 15% penyerapan sebesar 13,1% dan campuran beton 20% penyerapan air sebesar 12,9%. Untuk pengujian</p>
--	--	--	---	--	--

					workability didapatkan hasil campuran beton 0% ,10%,15% dan 20% nilai slump test berturut-turut yaitu 80mm,75mm,75mm,70mm. Campuran beton 10% dan 15 % mengalami peningkatan 3% dan 1,4% dibandingkan beton normal sedangkan untuk campuran 20% mengalami penurunan sebesar 1,9%. Pada penelitian ini campuran 10% menghasilkan kuat tekan yang optimum.
5	Arya., R.K., Kansal, R. (2013).	Utilization Of Waste Paper to Produce Ecofriendly Bricks.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan bahan limbah kertas untuk menggantikan bata bangunan	Benda uji pada penelitian berukuran 230 mmX 110 mm X 80 mm. kertas yang akan dijadikan bahan tambah kerta-kertas tersebut dipotong menjadi kecil-kecil kemudian direndam selama 3-4 hari	Hasil pada penelitian ini adalah sebagai berikut untuk kuat tekan umur 14 hari yaitu 4,82 N/mm ² , 5,13 N/mm ² dan 5,22 N/mm ² untuk umur 21 hari adalah 7,31 N/mm ² , 7,11 N/mm ² dan 7,47 N/mm ² sementara kuat tekan untuk 28 hari adalah 11,30

			<p>konvensional yang mahal dan langka dan memenuhi karakteristik.</p>	<p>kemudian dimasukan ke mesin pengadukan untuk dijadikan bubur kertas. Kombinasi campuran semen :pasir : kertas adalah (1:1:3) setelah dicetak kemudian dikeringkan selama 14,21 dan 28 hari. Total sampel 9 buah.</p>	<p>N/mm² 10,90 N/mm² dan 11,38 N/mm². Untuk hasil penyerapan air nya adalah untuk beton umur 7 hari penyerapan sebesar 27%, 14 hari penyerapan sebesar 26% dan umur 28 hari sebesar 28%. Dari hasil nilai kuat tekan tentunya dengan variasi ini dapat menyediakan block beton yang ramah lingkungan. Karena memiliki bobot yang ringan maka ini cocok untuk daerah rawan gempa sebab beban mati yang dihasilkan lebih sedikit.</p>
6	Zulfi, E.K., Zainuri., Soehardi, F. (2021)	Kualitas paving block dengan menggunakan limbah plastic polyprolyne terhadap kuat tekan	Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan nilai kuat tekan yang optimum dengan bahan perekat dari limbah plastik	Metode penelitian ini adalah metoda eksperimen. Dengan perencanaan pencampuran adalah sebagai berikut plastik polypropylene : komposisi pasir adalah (100 : 0),	Hasil dari penelitian dengan variasi campuran tersebut memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang diurutkan sebagai berikut : 9,01 Mpa, 3,55 MPa, 6,97 Mpa, 4,67 Mpa, 5,79 Mpa, 11,31 Mpa, 10,16 Mpa, 16,11

			<p><i>polypropylene</i> dan agregat halus sebagai substitusi semen dengan berbagai variasi.</p>	<p>(80 : 20),(70 : 30),(60 : 40), (50 : 50), (40 : 60), (30 : 70), (20 : 80) dan (10 : 90). Benda uji adalah cetakan ukuran 5 cm X 5cm X 6 cm. Total sampel adalah 50 buah.</p>	<p>Mpa, 13,95 Mpa dan 11, 98 Mpa. Dari penelitian yang menguji kuat tekan mengenai campuran antara plastik polypropylene dan pasir dengan 10 buah variasi. Campuran dengan variasi 30% plastik polypropylene dan pasir 70 % memberikan nilai maksimum dengan nilai uji kuat tekan sebesar 16,11 Mpa. Nilai uji kuat tekan ini termasuk dalam persyaratan mutu <i>paving block</i> kelas C dan dapat digunakan untuk pejalan kaki.</p>
7	<p>Pebriyanto, S., Amiwarti, Alzahri, S. (2021)</p>	<p>Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Bubur Kertas Koran terhadap Kuat Tekan Beton</p>	<p>Tujuan percobaan ini ialah untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton K-225 Tujuan percobaan ini ialah untuk</p>	<p>Metode yang digunakan pada penelitian ini uji coba di laboratorium. dengan benda uji kubus ukurana 15 cm x 15cm x15 cm. dilakukan perataan selama 28 hari</p>	<p>Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa penambahan pulp koran dan abu ampas tebu menurunkan kuat tekan beton. Penambahan abu ampas tebu dan ampas koran untuk meningkatkan kuat tekan</p>

		Mutu K-225	mengetahui perbandingan kuat tekan beton K-225 dengan tambahan abu ampas tebu dan bubur kertas koran dengan kuat tekan beton normal.		beton diperoleh hasil AAT 5% + BK 3% = K-200, AAT 5% + BK 5% = K-175, AAT 5% + BK 7% = K-137, dan AAT 5% + BK 9% = K-113. Nilai kuat tekan yang dihasilkan menurun ketika campuran ampas tebu ditambahkan lebih banyak..
8	Mulyati, Yulandi, W. (2021)	Pemanfaatan Abu Kertas Dan Serbuk Cangkang Lokan Pada Campuran Beton Normal Dengan Menggunakan Sikacim Concrete Additive	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kuat tekan beton yang dihasilkan dari penggunaan bahan tambahan beton sicacim dan serbuk cangkang lokan sebagai pengganti pasir.	Benda uji menggunakan cetakan kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan kuat tekan beton rencana K-250 pada umur pengujian 28 hari. Variasi benda uji menggunakan abu kertas 0,25% dari berat semen, dan serbuk cangkang lokan 0%, 10%, 20%, 30% dari berat pasir, serta additive 0,7% dari volume air	Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton, ditentukan kuat tekan beton sebesar 276,6 kg/cm ² untuk beton normal, 0,25 persen abu kertas, 0% lempung selongsong, dan 0,07 persen bahan tambahan 362,6 kg/cm ² , 0,25 persen abu kertas, tempurung 10%, dan bahan tambahan 0,07 persen sebesar 300,53 kg/cm ² , dan abu kertas 0,25 persen, tempurung kelapa 30%, dan bahan tambahan 0,07

					persen sebesar 250,16 kg/cm ² .
9	Sudarno, Nicolaas, S., Assa, V. (2021)	Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Pembuatan Paving Block.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan kombinasi pembuatan paving block yang optimal sekaligus mengurangi pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah plastik selama proses pembuatannya. Selain itu, waspadai kekuatan tekan dan lentur batu paving.	Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado. Ukuran benda uji adalah 20 cm X 10 cm X 8 Cm. perbandingan campuran plastik : kerikil adalah 100%, 50% : 50%, 80%:20%, 60%:40%, dan 40% :60%	Hasil penelitian ini adalah sebagai berikut untuk campuran 100% kuat tekan yang dihasilkan 31,72 Mpa dan kuat lenturnya 7,57 Mpa beton ini termasuk mutu B. campuran 80%:20% kuat tekannya 24,38 Mpa dan kuat lenturnya 1,89 Mpa termasuk mutu B, campuran 60% : 40% kuat tekan 49,45 Mpa dan kuat lentur 2,82 Mpa termasuk ke dalam mutu A. Campuran 50%: : 50% nilai kuat tekan 50,97 Mpa dan kuat lentur 1,73 Mpa tergolong ke dalam mutu A dan campuran 40% : 60% kuat tekan yang dihasilkan adalah 39,77 Mpa dan kuat lenturnya 2,13 Mpa tergolong ke dalam mutu B. semakin tinggi nilai kuat

					tekan maka nilai kuat lentur akan semakin turun.
10	Purwanto, H. (2021)	Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gergaji Dan Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Tanpa Perlakuan Khusus	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk gergaji dan limbah kertas terhadap kuat tekan beton yang tidak diberi perlakuan.	Pencampuran ini dilakukan dengan 5,5 kg semen, 12,8 kg pasir, 17,3 kg kerikil. penambahan volume campuran limbah serbuk gergaji dan kertas dengan cara mengurangi volume campuran beton normal, yaitu sebagai berikut : (1) Campuran serbuk gergaji 5% dan kertas 5%; (2) Campuran serbuk gergaji 5% dan kertas 10%; (3) Campuran serbuk gergaji 5% dan kertas 15%; (4) Campuran serbuk gergaji 10% dan kertas 5%; (5) Campuran serbuk gergaji 15% dan	Dari hasil pengujian diperoleh kuat tekan beton normal (tanpa penambahan serbuk gergaji dan kertas) sebesar 144,46 kg/cm ² , penambahan serbuk gergaji 5% dan kertas 5% kuat tekan 132,61 kg/cm ² , penambahan serbuk gergaji 5% dan kertas 10% kuat tekan 89,28 kg/cm ² , penambahan serbuk gergaji 5% dan kertas 15% kuat tekan 82.30 kg/cm ² , penambahan serbuk gergaji 10% dan kertas 5% kuat gergaji 104.05 kg/cm ² , penambahan serbuk gergaji 15% dan kertas 5% kuat tekan 110,67 kg/cm ² . Dari hasil pengujian kuat tekan beton tersebut, terjadi penurunan kuat tekan dari setiap campuran,

				<p>kertas 5%. Dan adukan beton normal yang digunakan adalah adukan 1:2:3 sesuai standar SNI (K.175).</p>	<p>dan kuat tekan beton terbesar yaitu 132,61 kg/cm² terjadi di komposisi campuran beton normal ditambah serbuk gergaji 5% dan kertas 5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa campuran beton normal ditambah serbuk gergaji dan kertas dengan pelaksanaan tanpa perlakuan khusus tidak mencapai mutu beton K.175 adukan 1:2:3 yang diharapkan.</p>
--	--	--	--	--	--

2.8 Keaslian Penelitian

Validitas penelitian ini didukung oleh sejumlah penyelidikan sebelumnya yang memiliki banyak ciri yang sama dari segi kuat tekan maupun tingkat penyerapan air, meskipun berbeda dari segi penambahan bahan tambah, dan variasi setiap campuran bahan tambah. Tugas akhir ini dilakukan dalam bentuk studi eksperimen, pada pekerjaan paving block dibuat dengan menggunakan limbah kertas HVS sebagai bahan tambahan yang diambil dari persentase pasir. Berdasarkan persyaratan SNI-03-0691-1996, temuan tugas akhir ini menganalisis proporsi bahan tambahan untuk memenuhi kuat tekan dan daya serap air *paving block*.. Sehingga dapat diketahui dengan eksperimen menambahkan limbah kertas HVS pada pengujian paving block. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, varian kombinasi yang paling banyak dipakai adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% saat menambahkan limbah kertas HVS ke dalam *paving block*. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah pada pencampuran limbah kertas HVS 10% kita mencapai nilai kuat tekan tertinggi dan kemudian melihat penurunan nilai tersebut pada campuran 15%. Untuk nilai kadar penyerapan air semakin banyak persentase pencampuran limbah kertas HVS maka nilai penyerapan air semakin tinggi. Nilai kadar penyerapan air yang optimum pada campuran limbah kertas 15%.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh berbagai perlakuan terhadap paving block, penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental. Tujuan dari desain penelitian ini adalah untuk memastikan bagaimana penambahan limbah kertas ke dalam proses pembuatan *paving block* akan mempengaruhi kuat tekan dan kapasitas penyerapan air pada paving block. Dalam penelitian ini, benda uji berbentuk persegi panjang berukuran 21 x 10,5 x 6 cm digunakan. Untuk umur pemeliharaan paving block yaitu 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. 36 paving bricks menjadi unit kajian penelitian ini. Penambahan limbah kertas sebanyak 7,5%, 10%, dan 12,5%.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan pembuatan benda uji dan pengujian *paving block* ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, Sumatera Barat.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai selesai.

3.3 Data dan Sumber data

Sebagai pedoman dalam pembuatan Tugas Akhir ini diperlukan data-data pendukung, adapun data pendukung dapat diperoleh sebagai berikut :

3.3.1 Data primer

Data primer merupakan salah satu sumber data yang dikumpulkan secara langsung dari sumber data atau informasi dari tangan pertama. Data primer dari penelitian ini didapatkan dari kegiatan di laboratorium. Dalam penelitian ini data primer meliputi :

- a. Pengujian berat jenis semen.
- b. Penentuan kadar lumpur agregat halus cara lapangan.

- c. Penentuan kadar lumpur dan kadar air agregat halus dan agregat kasar cara laborotorium.
- d. Penentuan berat jenis (SSD) dan penyerapan pada agregat halus dan agregat kasar.
- e. Pemeriksaan Keausan agregat kasar dengan mesin Los Angelas.
- f. Analisa saringan agregat halus dan agregat kasar.
- g. Perhitungan formula campuran beton.
- h. Pengujian kuat tekan beton.

3.3.2 Data sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang diambil dari penelitian sebelumnya atau biasa disebut dengan studi literatur. Studi literatur bertujuan untuk memperoleh teori-teori yang lebih sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian ini menggunakan jurnal -jurnal yang berkaitan, buku serta mengacu pada SNI 03-0691 -1996 tentang *Paving Block*.

3.4 Peralatan dan Bahan

3.4.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Ayakan atau saringan dengan No. 3/4, 1/2, 3/8, 1/4, 4, 8, 10, 16, 20,30, 40, 50, 60, 70, 100, 200 dan *Pan*
- b. Timbangan
- c. Piknometer
- d. Oven
- e. Sekop
- f. Ember
- g. Molen
- h. Mould segi empat dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 6 cm
- i. *Sieve Shacker*
- j. Mesin *Los Angelas*
- k. Blender

- l. *Electrical concrete machine* / mesin uji kuat tekan
- m. *Compressive streingth hidraulyc of cemen mortar*
- n. Sendok semen

3.4.2 Bahan

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I yaitu semen *Portland Composite Cement (PCC)* dengan merek Semen Padang.

b. Agregat halus

Agregat halus yang dugunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami yang berasal dari daerah Pauh, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

c. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis batu pecah (*split*) yang berasal dari Indarung, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

d. Air

Air yang digunakan adalah air tipe suling yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Putera Indonesia “YPTK” Padang.

e. Limbah kertas

Limbah kertas yang digunakan adalah jenis kertas HVS yang dikumpulkan dari tempat fotocopian, kantor dan limbah HVS yang tidak terpakai. Kemudian kertas tersebut diolah menjadi bubur kertas dan direndam selama satu hari kemudian dihaluskan memakai blender.

3.6 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini berbentuk balok dengan ukuran panjang 21 cm, lebar 10,5 cm dan tinggi benda uji 6 cm. Untuk setiap variasi penambahan limbah kertas dibuat sebanyak tiga buah sampel benda uji. Adapun langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pengujian bahan dan material dimaksud agar mengetahui apakah bahan dan material tersebut layak digunakan atau tidak.
- b. Menentukan *job mix formula* pembuatan adukan dengan mutu K-100. Hasil dari *job mix formula* tadi akan menghasilkan komposisi campuran *paving block* yaitu :
 - 1) Semen : 1,68 Kg
 - 2) Agregat Halus: 3,78 Kg
 - 3) Agregat kasar : 4,71 Kg
 - 4) Air : 0,9 Kg
- c. Kemudian mempersiapkan cetakan *paving block* lalu cetakan diolesi oli.
- d. Kemudian campuran tersebut diaduk menggunakan molen.
- e. Kemudian lakukan pencetakan, untuk pemadatan benda uji menggunakan alat *compressive streingth hydraulic of cemen mortar* tumbukan dilakukan sebanyak 25 kali tumbukan kemudian dipukul dengan palu karet.

3.7 Perawatan Benda Uji

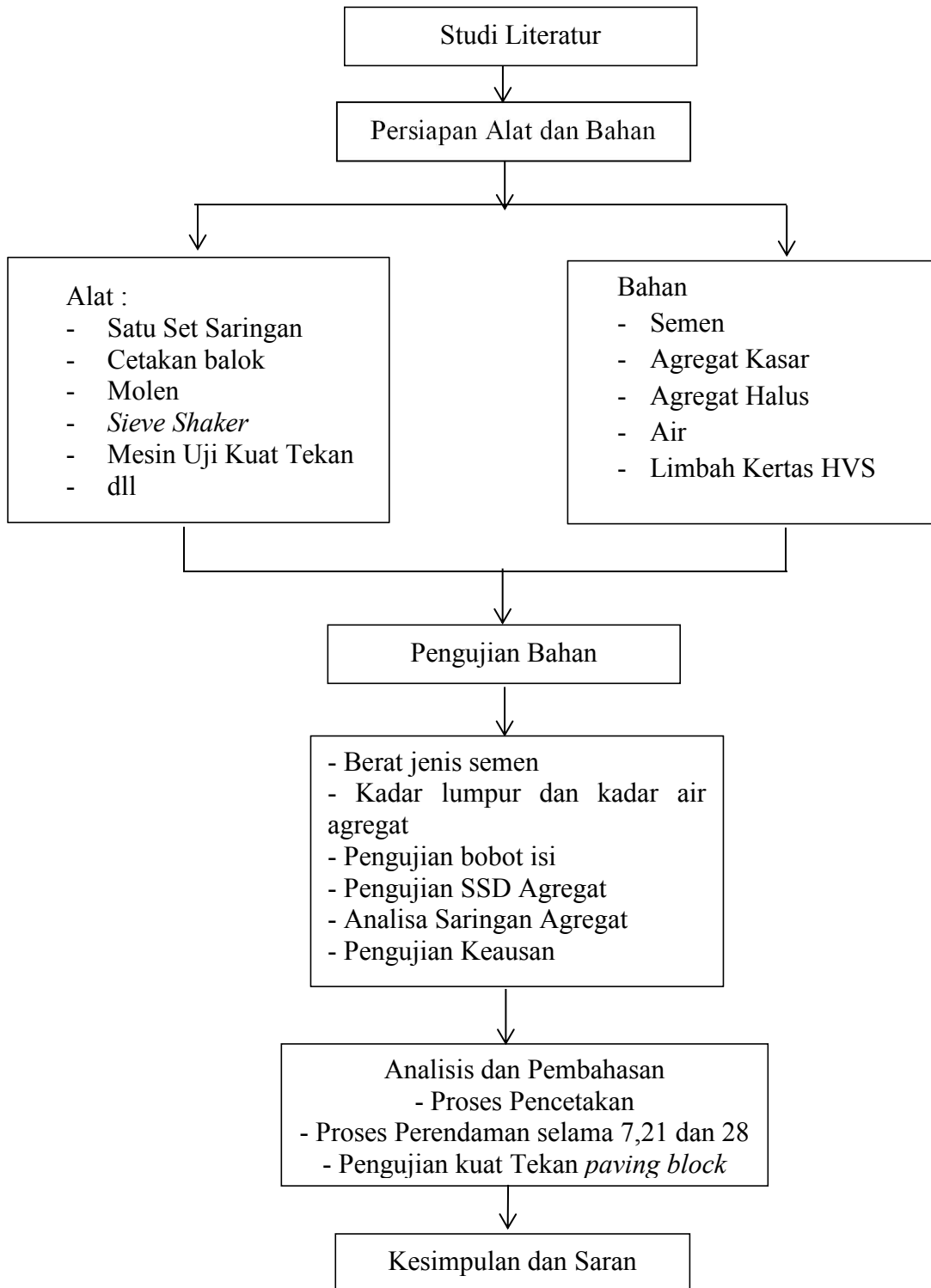
Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak berisi air. Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Adapun langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Pembongkaran benda uji dilakukan setelah \pm 24 jam setelah benda uji dicetak.
- b. Setelah itu Benda uji direndam selama 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Dan pastikan bak selalu terisi dengan air.
- c. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.8 Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan setelah perawatan benda uji selama 7 hari, 21 hari dan 28 hari menggunakan mesin kuat tekan (*electrical compressive streingth machine*) di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang.

3.9 Diagram Alir Penelia



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Pengujian Material dalam Campuran *Paving Block*

Uji material adalah pengujian yang dilakukan terhadap bahan yang akan digunakan dalam campuran pembuatan *paving block* dimana bahan tersebut dapat dapat dinyatakan memenuhi syarat dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Adapun pengujian bahan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Berat Jenis Semen

Tabel 4.1 Pengecekan Berat Jenis Semen

Pengujian	Semen (gram)	V1 (ml)	V2 (ml)
Cara Laboratorium	25	100	108,25
Cara Lapangan	25	40	48

Berdasarkan tabel 4.1 semen yang digunakan dalam pengujian sebanyak 25 gram untuk volume awal berat jenis cara laboratorium 100 ml setelah ditambahkan semen volumenya menjadi 108,25 ml. Sedangkan untuk pengujian berat jenis cara lapangan volume awalnya 40 ml setelah ditambah semen volume nya menjadi 48 ml. Berat jenis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 pada Bab II :

$$\begin{aligned} \text{Bj Semen cara laboratorium} &= \frac{\text{Berat Semen}}{V2 - V1} \\ &= \frac{25\text{gram}}{108,25\text{ ml} - 100\text{ ml}} \times 1\text{ gr/ml} \\ &= 3,03\text{ gr/ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj Semen cara lapangan} &= \frac{\text{Berat Semen}}{V2 - V1} \\ &= \frac{25\text{ gram}}{48\text{ ml} - 40\text{ ml}} \times 1\text{ gr/ml} \\ &= 3,13\text{ gr/ml} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diperoleh berat jenis untuk cara laboratorium nilai berat jenis semen cara laboratorium sebesar 3,03 gr/ml dan untuk cara

lapangan didapatkan nilai sebesar 3,13 gr/ml ini sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SK SNI 15-2531-1991 berkisar antara 3 - 3,2 gr/ml. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semen tersebut masih layak digunakan.



Gambar 4.1 Pengujian berat jenis semen



Gambar 4.2 Pengujian berat jenis semen

Pada gambar 4.1 adalah proses perendaman minyak tanah dengan wadah yang berisi air selama 10 menit yang bertujuan untuk menyamakan dengan suhu minyak tanah dengan suhu ruangan. Gambar 4.2 merupakan gambar

minyak tanah yang telah ditambahkan semen sebanyak 25 gram kemudian direndam 20 menit setelah itu amati kenaikan minyak tanah.

b. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus Cara Lapangan

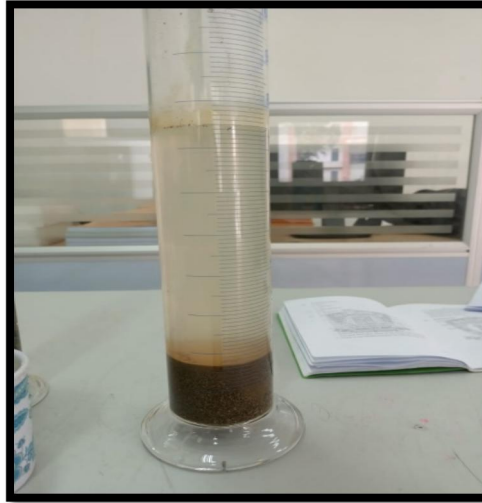
Tabel 4.2 Pengecekan kadar lumpur

Pengukuran Ketebalan Lumpur Dalam Gelas Ukur			
No	Koordinat	Tebal lumpur	Satuan
1	T1	2	mm
2	T2	2	mm
3	T3	1	mm
4	T4	2	mm

Berdasarkan tabel 4.2 hasil nilai tebal lumpur didapatkan berdasarkan endapan lumpur empat titik, pada koordinat pertama, kedua dan keempat tebal lumpur 2 mm dan pada koordinat ketiga tebal lumpur 1 mm. kemudian dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4 pada bab II.

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{\left(\frac{\sum T}{4}\right)}{\text{Tinggi Agregat Halus}} \times 100\% \\ &= \frac{\left(\frac{7}{4}\right)}{60} \times 100\% \\ &= 2,92\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kadar lumpur didapatkan 2,92% berdasarkan SNI 03-4141-1996 untuk agregat halus maksimal yang diperbolehkan mengandung kadar lumpur sebesar 5%. Jadi agregat halus tersebut dapat digunakan dan tidak perlu dicuci.



Gambar 4.3 Pengecekan kadar lumpur agregat halus cara lapangan

Pada gambar 4.3 merupakan pasir sebanyak 200 ml yang direndam di dalam air sebanyak 750 ml setelah itu didiamkan selama 24 jam kemudian diukur tebal lumpur sebanyak empat titik.

c. Pengujian Kadar Lumpur dan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar
Cara Laboratorium

Tabel 4.3 Penentuan kadar lumpur agregat halus

Penentuan Kadar Lumpur dan Air Agregat Halus			
No	Nama Agregat	Berat	Satuan
1	Berat Agregat Lapangan (W1)	300	gram
2	Berat Agregat Setelah di Oven (W2)	288,9	gram
3	Berat Agregat Setelah dicuci (W3)	280,5	gram

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan nilai W1 merupakan berat sampel awal pengujian yaitu sebesar 300 gram, nilai W2 didapatkan setelah agregat dioven selama 24 jam berkurang beratnya menjadi 288,9 gram, untuk nilai W3 merupakan nilai yang didapatkan dari agregat yang setelah dioven kemudian dicuci kemudian dioven lagi setelah itu ditimbang, nilainya yaitu 280,5 gram. Untuk perhitungan nilai kadar lumpur dan kadar air menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6 pada Bab II.

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{(W2 - W3)}{W3} \times 100\% \\ &= \frac{(288,9 - 280,5)}{280,5} \times 100\% \\ &= 2,91\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100\% \\ &= \frac{(300 - 288,9)}{300} \times 100\% \\ &= 3,7\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus standar SNI 03-4142-1996 interval untuk kadar lumpur yaitu maksimal 5%. Jadi nilai kadar lumpur yang diperoleh dari hasil pengujian 2,91% sesuai dengan spesifikasi. Sehingga bahan tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton. Berdasarkan spesifikasi karakteristik kadar air SNI 03-1971-1990 dengan interval untuk kadar air antara 5,0%. Jadi kadar air yang diperoleh 3,7% sesuai dengan spesifikasi. Sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Tabel 4.4 Penentuan kadar lumpur agregat kasar

Penentuan Kadar Lumpur dan Air Agregat Kasar			
No	Nama Agregat	Berat	Satuan
1	Berat Agregat Kasar Lapangan (W1)	300	gram
2	Berat Agregat Setelah di Oven (W2)	296,5	gram
3	Berat Agregat Setelah dicuci (W3)	291,6	gram

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan nilai W1 merupakan berat awal sampel yaitu 300 gram, nilai W2 didapatkan setelah agregat dioven selama 24 jam berkurang beratnya menjadi 296,5 gram, untuk nilai W3 merupakan nilai yang didapatkan dari agregat yang setelah dioven kemudian dicuci kemudian dioven lagi setelah itu ditimbang, nilainya yaitu 291,6 gram. Untuk perhitungan nilai kadar lumpur dan kadar air menggunakan persamaan 2.5 dan 2.6 pada Bab II.

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{(W2 - W3)}{W3} \times 100\% \\ &= \frac{(296,5 - 291,6)}{291,6} \times 100\% \\ &= 1,65\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{(W1 - W2)}{W1} \times 100\% \\ &= \frac{(300 - 296,5)}{300} \times 100\% \\ &= 1,17\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus standar SNI 03-4142-1996 interval untuk kadar lumpur yaitu maksimal 1%%. Jadi nilai kadar lumpur yang diperoleh dari hasil pengujian 1,65% sesuai dengan spesifikasi. Berdasarkan spesifikasi karakteristik kadar air SNI 03-1971-1990 untuk kadar air 5,0%. Jadi kadar air yang diperoleh 1,17% belum sesuai dengan spesifikasi, maka agregat tersebut harus dicuci dahulu. Sehingga agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.



Gambar 4.4 Pencucian kadar lumpur dan kadar air agregat halus



Gambar 4.5 Pengujian Kadar lumpur dan kadar air agregat kasar

Gambar 4.4 merupakan sampel setelah agregat halus yang dicuci menggunakan saringan No 200, kemudian dikeringkan menggunakan oven. Gambar 4.5 merupakan sampel agregat kasar yang telah disaring menggunakan pan kemudian dioven.

d. Penentuan Berat jenis dan Penyerapan Pada Agregat Halus dan Agregat Kasar

Untuk menentukan nilai berat jenis keadaan SSD, berat jenis kering dan penyerapan pada agregat dapat menggunakan persamaan 2.7, 2.8 dan persamaan 2.9 pada Bab II.

Tabel 4.5 Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Penentuan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus			
No	Nama	Berat	Satuan
1	Berat Agregat Halus SSD (W1)	500	gram
2	Berat Agregat Halus Setelah di Oven (W2)	493	gram
3	Berat Gelas Ukur + Agregat halus + Air (W3)	1150,7	gram
4	Berat Gelas Ukur + Air (W4)	854,6	gram

Berdasarkan Tabel 4.5 diatas W1 merupakan berat sampel awal agregat kasar sebanyak 500 gram, nilai W2 agregat kasar dioven selama 24 jam didapatkan nilainya sebesar 493 gram. Sedangkan untuk nilai W3 nilai berat

dari gelas ukur 500ml ditambah agregat halus kemudian ditambah air 500 ml beratnya 1150,7 gram. Kemudian nilai W4 merupakan nilai gelas ukur 500 ml dan air 500 ml beratnya adalah 854,6 gram.

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{W1}{W4 + W1 - W3} \\ &= \frac{500}{854,6 + 500 - 1150,7} \\ &= 2,45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 493}{500} \times 100\% \\ &= 1,42\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat berdasarkan SNI 1970-2008 interval untuk berat jenis berkisar antara 1,6 - 3,3 gram. Jadi nilai berat jenis dalam keadaan *SSD* (*saturated surface dry*) diperoleh adalah 2,45 gram. Sedangkan spesifikasi untuk penyerapan yaitu berada pada interval 0,2% - 4,0% , nilai kadar penyerapan diperoleh 1,42% . berdasarkan standar spesifikasi afregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Tabel 4.6 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Penentuan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar			
No	Nama Agregat	Berat	Satuan
1	Berat Agregat Kering Oven(W1)	489,8	gram
2	Berat Agregat Jenuh Kering Permukaan (W2)	500	gram
3	Berat Agregat Dalam Air (W3)	310,1	gram

Berdasarkan Tabel 4.6 diatas W1 merupakan berat sampel awal agregat kasar yang dioven selama 24 jam didapatkan nilainya sebesar 489,8 gram. Untuk nilai W2 didapatkan dari berat sampel awal dimana keadaan agregat tersebut kering jenuh kering permukaan. Sedangkan untuk nilai W3 nilai berat dari agregat kasar didalam air dimana didapatkan nilainya 310 gram.

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= \frac{W_2}{W_2 - W_3} \\ &= \frac{500}{500 - 310,1} \\ &= 2,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 489,8}{500} \times 100\% \\ &= 2,08\% \end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat berdasarkan SNI 1969-2008 interval untuk berat jenis berkisar antara 1,6 - 3,3 gram. Jadi nilai berat jenis dalam keadaan SSD (saturated surface dry) diperoleh adalah 2,63 gram. Sedangkan spesifikasi untuk penyerapan yaitu berada pada interval 0,2%-4,0% , nilai kadar penyerapan diperoleh 2,08% . berdasarkan standar spesifikasi afregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.



Gambar 4.6 Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat



Gambar 4.7 Sampel agregat halus setelah direndam dan dioven



Gambar 4.8 Sampel agregat halus setelah direndam dan dioven

Gambar 4.6 merupakan gambar pada saat agregat halus dan agregat kasar direndam selama 24 jam. Sedangkan gambar 4.7 dan 4.8 merupakan agregat yang telah direndam kemudian di oven selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}$ C.

e. Analisa Saringan Agregat Halus

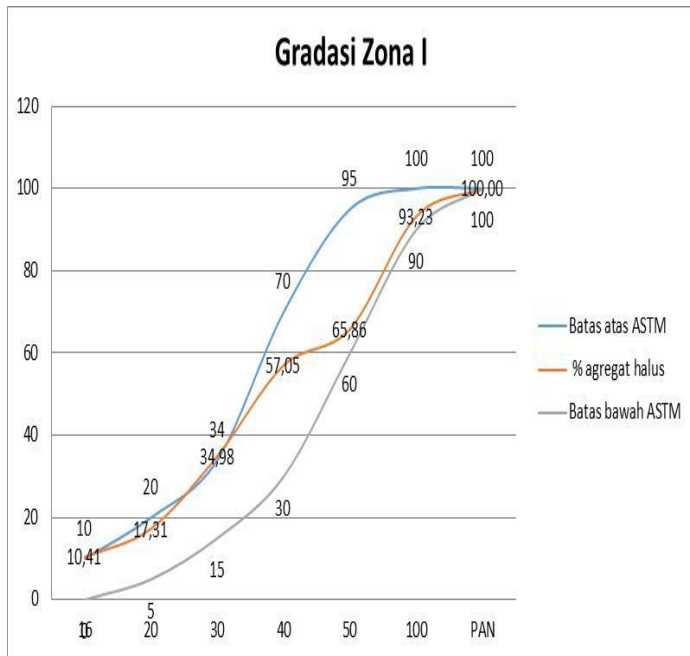
Untuk menentukan nilai dari besaran nilai untuk berat tertinggal, komulatif berat tertinggal, % tertinggal dan % lolos dapat dihitung

menggunakan persamaan rumus pada pada persamaan No 2.10, 2.11,dan persamaan No 2.12 pada Bab II.

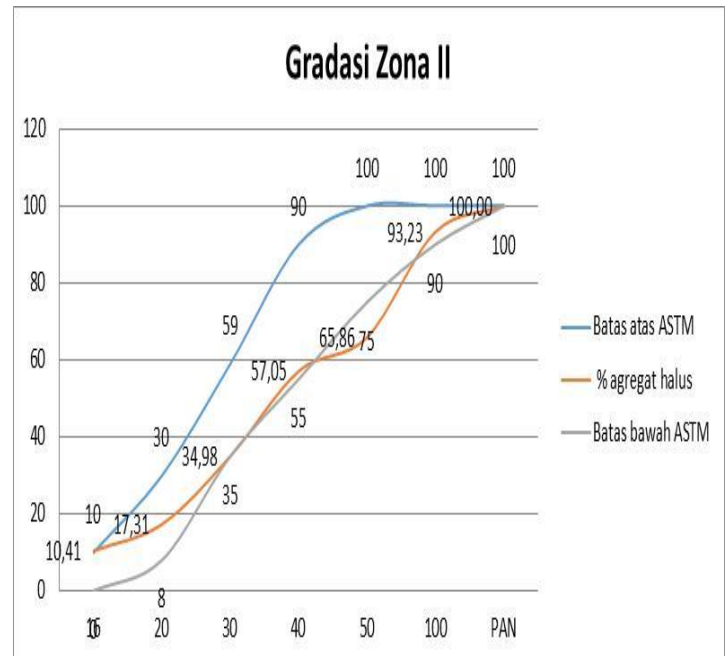
Tabel 4.7 Analisa saringan agregat halus

Agregat Halus				
Saringan	Berat Tertinggal	Kom. Berat tertinggal	% Tertinggal	% lolos
16	194,1	194,1	10,41	89,00
20	128,8	322,9	17,31	81,70
30	329,4	652,3	34,98	63,04
40	411,5	1063,8	57,05	39,72
50	164,4	1228,2	65,86	30,41
60	419,9	1648,1	88,38	6,61
100	90,3	1738,4	93,23	1,50
PAN	26,4	1764,8	100,00	0,00
Jumlah	1764,8			

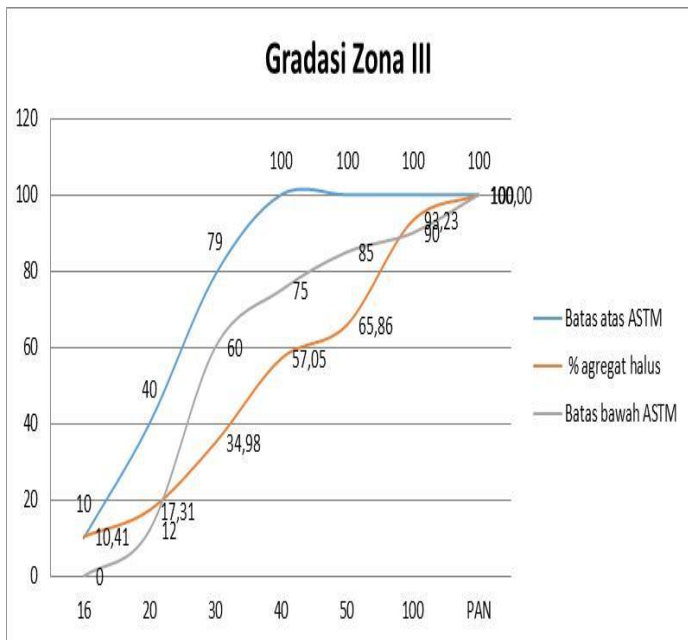
Berdasarkan nilai dari % tertinggal kita dapat menentukan gradasi agregat halus yang akan dipakais. Maka hasil tersebut kita analisa ke dalam grafik agregat halus yang terdapat zona I,II,III dan zona IV.



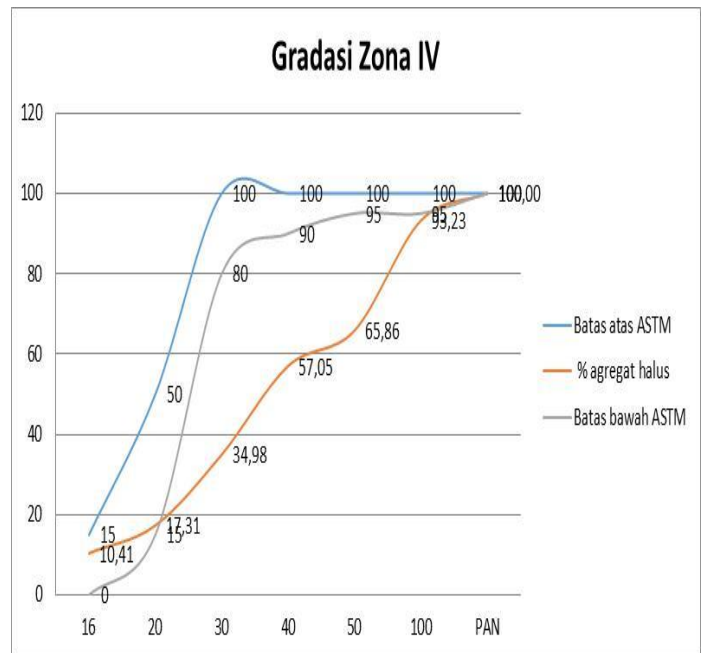
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.9 Gradasi Agregat Halus (a) Gradasi Zona I, (b) Gradasi Zona II, (c) Gradasi Zona III dan (d) Gradasi Zona IV.



Gambar 4.10 Analisa saringan agregat halus

Gambar 4.9 merupakan gambar gradasi agregat halus dimana nilai yang digunakan dalam menentukan gradasi yang dipakai adalah nilai dari persen tertinggal dari perhitungan analisa saringan agregat kasar. Berdasarkan

hasil analisa saringan agregat halus gradasi yang dipakai adalah gradasi zona I. Sedangkan untuk gambar 4.10 merupakan gambar satu set saringan agregat halus yaitu nomor saringan 16, 20, 30, 40, 50, 60, 100 dan Pan.

Tabel 4.8 Analisa Saringan Agregat Kasar

Agregat Kasar				
Saringan	Berat Tertinggal	Kom. Berat tertinggal	% Tertinggal	% lolos
3/4	194,1	194,1	10,41	89,59
1/2	128,8	322,9	17,33	82,67
3/8	329,4	652,3	35,00	65,00
1/4	411,5	1063,8	57,08	42,92
4	164,4	1228,2	65,90	34,10
8	419,9	1648,1	88,43	11,57
12	0	1648,1	88,43	11,57
16	90,3	1738,4	93,28	6,72
20	99,9	1838,3	98,64	1,36
Pan	25,4	1863,7	100	0
Jumlah	1863,7			

Berdasarkan Tabel 4.8 kita dapat mengetahui distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat kasar setiap masing-masing saringan.



Gambar 4.11 Analisa Saringan Agregat Kasar

Gambar 4.11 merupakan satu set saringan agregat kasar terdiri dari No saringan 3/4, 1/2, 3/8, 1/4, 4, 8, 10, 16, 20 dan Pan. kemudian diayak menggunakan mesin *sieve shaker* selama 20 menit.

f. Pengujian Keausan Menggunakan Mesin Los Angelas

Hasil nilai pengujian keausan agregat menggunakan mesin los angelas dapat diperhitungkan menggunakan rumus 2.13 pada bab II.

Tabel 4.9 Pengujian keausan

No	Bahan	Berat (kg)
1	A (Berat Awal Benda Uji)	5
2	B (Berat Akhir Benda Uji pada Mesin Los angelas)	3,7

Berdasarkan Tabel 4.9 merupakan sampel agregat kasar sebanyak 5 kg. kemudian agregat tersebut dicuci kemudian dioven selama 24 jam, berat akhir benda uji setelah pengujian menggunakan mesin los angelas dan diayak menggunakan saringan No 12 adalah 3,7 kg. kemudian kita hitung berapa persentase keausan agregat tersebut

$$\begin{aligned}\text{Keausan} &= \frac{A - B}{A} \times 100 \\ &= \frac{5 - 3,7}{5} \times 100 \\ &= 26\%\end{aligned}$$

Berdasarkan spesifikasi karakteristik keausan agregat kasar SK SNI 2417-1991 nilai keausan agregat maksimal 40%. Hasil perhitungan diperoleh nilai keausan sebesar 26% jadi agregat tersebut dapat digunakan untuk campuran paving block.



Gambar 4.12 Pengujian keausan agregat kasar

Gambar 4.12 merupakan gambar alat dari pengujian keausan agregat menggunakan mesin los angelas, dan *grinding ball* sebanyak 12 buah dimana fungsinya untuk penggerus agregat pada mesin abrasi.

4.1.2 Formula Campuran *Paving Block*

Campuran beton dirancang menggunakan modul perkerasan tahun 2017 yang dimana berdasarkan SNI-03-2834-2000. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan hasil penelitian yang telah didapat dari hasil pengujian bahan. Berikut Desain Mix Formula :

Tabel 4.10 Formula Campuran Paving Block

Formulir Perencanaan Campuran Beton					
No	Data	Nilai	Satuan		
				bj agregat halus	2,45
1	Kuat Tekan yang disyaatkan benda uji slind	9,00	Mpa	bj agregat kasar	2,6
2	Deviasi Standar	5,50	Mpa		
3	Nilai Tambah margin	9,02	Mpa	% agregat kasar	55,5
4	Kekuatan Rata-Rata yang ditargetkan	18,02	Mpa		
5	Jenis Semen	Semen indonesia			
6	Jenis Agregat	Semen indonesia		volume Paving Blocl	1323 cm ³
	Agegat Kasar	Batu Pecah			0,0013 m ³
	Agregat Halus	Alami			
7	Faktor Air Semen bebas	0,54			
8	Faktor Air Semen maximum	0,60			
9	Slump	30-60	mm		
10	Ukuran Agregat Maximum	20,00	mm		
11	Kadar Air Bebas	190,00	kg/m ³		
12	Jumlah Semen	351,85	kg/m ³		
13	susunan besar butir agregat halus	gradasi 1			
14	Persen Agregat halus	44,50	%		
15	Berat jenis relatif agregat kering permukaan	2,53			
16	Berat Isi Beton	2323,00	kg/m ³		
17	Kadar agregat gabungan	1781,15			
18	Kadar agregat Halus	792,61			
19	Kadar agregat Kasar	988,54			
20	Kadar Semen	351,85			
21	Kadar Air Bebas	190,00			
22	Kadar Agregat halus	792,61			
23	Kadar Agregat Kasar	988,54			
	Pengecekan				
	Pengecekan Volume	0,00			
24	0,003969		Pembulatan		
	Kadar Semen	1,40	1,40	0,28	1,68
	Kadar Air Bebas	0,75	0,75	0,15	0,90
	Kadar Agregat Halus	3,15	3,15	0,63	3,78
	Kadar Agregat Kasar	3,92	3,92	0,78	4,71

Berdasarkan tabel formula campuran diatas didapatkan formula untuk campuran beton adalah semen sebanyak 1,68 kg, agregat halus sebanyak 3,78 kg, sedangkan untuk agregat kasar sebanyak 4,71 kg dan untuk air sebanyak 0,9 kg.

4.1.3 Penambahan limbah kertas sebagai bahan tambah

Sebelum dicampur dengan adukan *paving block* limbah kertas harus mengalami proses berikut ini agar dapat dijadikan sebagai bahan tambah sebagai :

- a. Limbah kertas hvs dipotong menjadi bagian-bagian yang agak kecil.



Gambar 4.13 Limbah kertas hvs dipotong menjadi bagian kecil

- b. Limbah kertas direndam, kemudian didiamkan selama 24 jam.



Gambar 4.14 Limbah kertas hvs direndam selama 24 jam

- c. Setelah direndam selama 24 jam limbah kertas kemudian diblender sampai halus.



Gambar 4.15 Limbah kertas di blender

Gambar 4.13 merupakan proses limbah kertas diolah menjadi bubur kertas pertama-tama limbah kertas dipotong menjadi bagian yang kecil-kecil untuk mempermudah proses penghancuran. Kemudian gambar 4.14 adalah limbah kertas yang telah dipotong kemudian dimasukkan ke dalam ember dan direndam selama 24 jam. Pada gambar 4.16 dimana kertas yang telah direndam kemudian diblender untuk membuat tekstur bubur kertas lebih halus.

Penambahan limbah kertas sebagai bahan tambah dilakukan pengurangan pada agregat halus dan didapat hasil perhitungannya sebagai berikut :

Tabel 4.11 Penambahan limbah kertas

Persentase Penambahan Agregat Halus				
Kadar Agregat Halus	0%	7,50%	10,0%	12,50%
3,78	3,78	0,28	0,38	0,47

Pada Tabel 4.7 merupakan banyaknya jumlah limbah kertas hvs yang dimasukkan ke dalam campuran *paving block*. Dimana persentase campuran diambil dari Agregat halus

4.1.3 Pencetakan *Paving Block*

Pencetakan *paving block* yang digunakan dalam perencanaan ini merupakan cetakan *paving block* segi empat dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 6 cm. Pencetakan pengujian ini sebanyak 36 sampel yang dimana untuk 0% terdapat 9 sampel, 2,5% terdapat 9 sampel, 5% terdapat 9 sampel dan 7,5% terdapat 9 sampel. Campuran *paving block* yang sudah dicetak didiamkan selama \pm 24 jam, lalu dibuka dari cetakan dan ditimbang.

Untuk 9 cetakan *paving block* menggunakan jumlah agregat:

- a. Semen : $0,48 \text{ kg} \times 9 = 4,32 \text{ kg}$
- b. Agregat Halus : $0,96 \text{ kg} \times 9 = 8,64 \text{ kg}$
- c. Agregat Kasar : $1,45 \text{ kg} \times 9 = 13,05 \text{ kg}$
- d. Air : $\pm 2,7 \text{ kg}$



Gambar 4.16 Pencampuran Beton Segar *Paving Block*

Gambar 4.16 merupakan gambar pencampuran agregat halus, agregat kasar, semen, air dan maupun penambahan limbah kertas HVS menjadi campuran yang homogen sebelum dicetak.

4.1.4 Perawatan Benda Uji *Paving Block*

Perencanaan benda uji yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu perendaman (*Curing*), dimana dalam penelitian ini setelah *paving block* dicetak maka didiamkan selama \pm 24 jam lalu *paving block* direndam dalam bak yang berisi air sampai umur

paving block yang direncanakan. Pada saat umur rencana yang dirancang maka beton dikeluarkan dan ditimbang kembali, lalu di jemur dan ditimbang kembali dari situ kita bisa mengetahui berapa penyerapan beton pada saat perawatan benda uji.



Gambar 4.17 Proses *curing paving block*

Gambar 4.17 merupakan gambar proses curing paving block dimana proses curing dimaksud untuk Mencegah kehilangan air pada beton karena penguapan dan menjaga kestabilan struktur beton.

4.2 Pengolahan Data

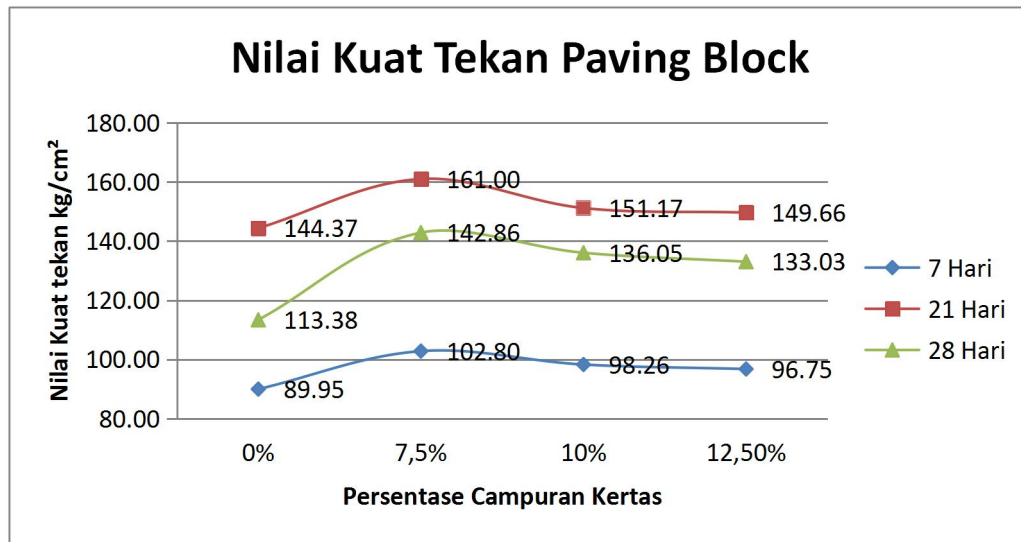
4.2.1 Pengeolahan Data Uji Kuat Tekan *Paving Block*

Perhitungan kuat tekan *paving block* terdapat dalam persamaan 2.1 pada Bab II. Berikut data hasil pengujian kuat tekan paving block dengan dan tanpa campuran limbah kertas HVS.

Tabel 4.12 Nilai kuat tekan dari *paving block*

Benda uji Balok 210 cm x 105 cm x 60 cm Campuran kertas 0 %									
NO	Hari	Kg			Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)			Rata-Rata
1	7	22000	20000	17500	220,5	99,77	90,70	79,37	89,95
2	21	32500	33500	29500	220,5	147,39	151,93	133,79	144,37
3	28	23000	21000	31000	220,5	104,31	95,24	140,59	113,38
Benda uji Balok 210 cm x 105 cm x 60 cm Campuran kertas 7,5 %									
NO	Hari	Kg			Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)			Rata-Rata
1	7	23000	22000	23000	220,5	104,31	99,77	104,31	102,80
2	21	35000	35000	36500	220,5	158,73	158,73	165,53	161,00
3	28	31500	31000	32000	220,5	142,86	140,59	145,12	142,86
Benda uji Balok 210 cm x 105 cm x 60 cm Campuran Kertas 10 %									
NO	Hari	Kg			Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)			Rata-Rata
1	7	20000	21000	24000	220,5	90,70	95,24	108,84	98,26
2	21	33000	34000	33000	220,5	149,66	154,20	149,66	151,17
3	28	31000	30000	29000	220,5	140,59	136,05	131,52	136,05
Benda uji Balok 210 cm x 105 cm x 60 cm Campuran Kertas 12,5 %									
NO	Hari	Kg			Luas Alas (cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)			Rata-Rata
1	7	21000	19000	24000	220,5	95,24	86,17	108,84	96,75
2	21	33000	37000	29000	220,5	149,66	167,80	131,52	149,66
3	28	29000	28000	31000	220,5	131,52	126,98	140,59	133,03

Hasil Analisa kuat tekan dari paving block normal dan yang dicampur dengan limbah kertas HVS, dapat disajikan dalam bentuk grafik berikut ini :



Gambar 4.19 Nilai Hasil Kuat Tekan

Berdasarkan dari hasil Tabel 4.8 dan Gambar 4.19 dan didapatkan hasil untuk kuat tekan paving block normal atau tanpa campuran limbah kertas dengan umur rencana berturut-turut 7 hari, 21 hari dan 28 hari adalah sebagaia berikut 89,947 kg/cm², 144,369 kg/cm², dan 113,379 kg/cm². Untuk paving block dengan menambahkan limbah kertas 7,5 % didapatkan hasil 102,797 kg/cm², 160,998 kg/cm² dan 138,322 kg/cm². Selanjutnya untuk campuran paving block dengan limbah kertas HVS 10% adalah 98,262 kg/cm², 151,172 kg/cm² dan 136,054 kg/cm². Sedangkan untuk campuran 12,5 % didapatkan nilai kuat tekan sebagai berikut 96,750 kg/cm² 149,660 kg/cm² dan 133,031 kg/cm².

Hasil kuat tekan yang paling optimum didapatkan pada campuran 7,5% limbah kertas HVS dan yang memiliki umur rencana 21 hari yaitu sebesar 160,988 kg/cm², sedangkan pada campuran 10 % sudah mengalami penurunan yaitu 151,172 kg/cm² dan pada pada campuran 12,5 % mengalami penurunan jika dibandingkan dengan campuran limbah kertas HVS 10%. Hasil nilai kuat tekan yang minimum dapat dilihat dari tanpa campuran limbah kertas HVS yaitu sebesar 89,947 kg/cm² pada umur rencana 7 hari.

Dari tabel dan grafik dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan *paving block* yang dicampur dengan limbah kertas HVS lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* normal tanpa penambahan limbah kertas. Walaupun pada pencampuran 10 % dan

12,5 % sudah mengalami penurunan kuat tekan namun nilai kuat tekan campuran tersebut masih memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* yang normal.

Kuat tekan yang optimum terjadi umur rencana 21 hari, namun berdasarkan peraturan PBI seharusnya kuat tekan meningkat seiring dengan bertambahnya umur rencana beton, hal ini bisa terjadi karena kesalahan pada pencetakan dan faktor *curing*. Dan dengan menambahkan limbah kertas dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton hal ini dikarenakan bubuk kertas yang dijadikan campuran *paving block* menunjukkan adanya pori-pori yang tidak beraturan dan berserat. Bubur kertas menahan kelembapan pada pori-pori ini. Sifat berserat dapat memberikan kemampuan menyerap energy yang sangat tinggi dan karenanya kekuatan yang tinggi.



Gambar 4.18 Pengujian Kuat Tekan *Paving Block* Sampai Beton Retak

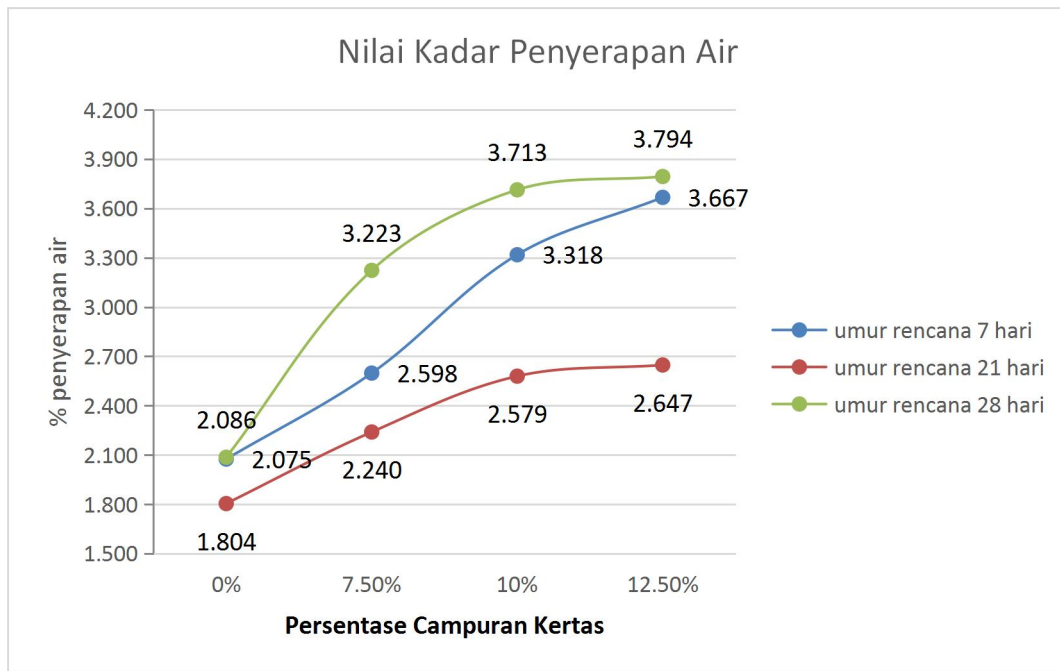
4.2.2 Pengolahan Data Daya Serap *Paving Block*

Untuk kadar penyerapan air pada *paving block* dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2 pada bab II. Berikut hasil data penyerapan pada *paving block* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil Analisis Data Penyerapan Air Pada *Paving Block*

Paving Block Normal					
	Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Kadar Penyerapan	Rata- rata penyerapan
PB normal umur rencana 28 hari	A	2877,7	2832,7	1,589	2,086
	B	2855,2	2816	1,392	
	C	3150	3050	3,279	
PB normal umur rencana 21 hari	A	2852	2802,4	1,770	1,804
	B	2789,1	2738,7	1,840	
	C	2586,6	2540,8	1,803	
PB normal umur rencana 7 hari	A	2719,5	2656	2,391	2,075
	B	2669,2	2638,3	1,171	
	C	2414,4	2351,8	2,662	
Paving Block Dengan campuran 7,5 %					
	Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Kadar Penyerapan	Rata- rata penyerapan
PB kertas 7,5 % umur rencana 28 hari	A	2715,7	2637,1	2,981	3,223
	B	2571,7	2479,5	3,718	
	C	2505,7	2433,4	2,971	
PB kertas 7,5 % umur rencana 21 hari	A	2874,7	2813,6	2,172	2,240
	B	2794,1	2734,5	2,180	
	C	2693,8	2631,5	2,367	
PB kertas 7,5 % umur rencana 7 hari	A	2534,2	2479,5	2,206	2,598
	B	2639,7	2575,2	2,505	
	C	2634,8	2556	3,083	
Paving Block Dengan Campuran 10%					
	Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Kadar Penyerapan	Rata- rata penyerapan
PB kertas 10 % umur rencana 28 hari	A	2390,8	2313,9	3,323	3,713
	B	2662,5	2588,7	2,851	
	C	2666,4	2540,3	4,964	
PB kertas 10 % umur rencana 21 hari	A	2753,6	2687,3	2,467	2,579
	B	2822,2	2749,9	2,629	
	C	2568,5	2502,4	2,641	
PB kertas 10 % umur rencana 7 hari	A	2451,8	2360	3,890	3,318
	B	2520,5	2450	2,878	
	C	2548,7	2470	3,186	
Paving Block Dengan Campuran 12,5%					
	Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Kadar Penyerapan	Rata- rata penyerapan
PB kertas 12,5 % umur rencana 28 hari	A	2388,9	2299,3	3,897	3,704
	B	2462,5	2376,6	3,614	
	C	2564,1	2475	3,600	
PB kertas 12,5,5 % umur rencana 21 hari	A	2879,8	2812,2	2,404	2,647
	B	2770,8	2705,4	2,417	
	C	2848,3	2762,1	3,121	
PB kertas 12,5,5 % umur rencana 7 hari	A	2679,4	2586,7	3,584	3,667
	B	2561,6	2469,4	3,734	
	C	2624,2	2531	3,682	

Hasil Analisa daya serap dari paving block normal maupun paving block yang dicampur dengan limbah kertas HVS, dapat disajikan dalam bentuk grafik berikut ini :



Gambar 4.22 Nilai Kadar Penyerapan *Paving Block*

Berdasarkan dari hasil Tabel 4.9 dan Gambar 4.22 didapatkan hasil daya serap *paving block* normal atau tanpa campuran limbah kertas dengan umur rencana berturut-turut 7 hari, 21 hari dan 28 hari adalah sebagaia berikut 2,075 %, 1,804 % dan 2,086 %. Untuk *paving block* dengan menambahkan limbah kertas 7,5 % didapatkan hasil 2,598 % , 2,240 % dan 3,223 %.. Selanjutnya untuk campuran *paving block* dengan limbah kertas HVS 10% adalah 3,318 % , 2,579 % , dan 3,713 %. Sedangkan untuk campuran 12,5 % didapatkan nilai kadar penyerapan air sebagai berikut 3,667 % , 2,647 % , dan 3,794 %.

Hasil daya serap yang paling optimum didapatkan pada campuran 12,5% limbah kertas HVS dan yang memiliki umur rencana 28 hari yaitu 3,794 %, sedangkan pada campuran normal, 7,5 % dan campuran kertas HVS 10% memiliki nilai kadar penyerapan yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil campuran limbah kertas 12,5 %. Hasil nilai penyerapan minimum yang minimum dapat dilihat dari tanpa campuran limbah kertas HVS yaitu sebesar 2,075 % untuk *paving block*

normal pada umur rencana 7 hari. Hasil nilai kadar penyerapan air pada paving block menunjukkan hasil bahwa *paving block* yang tidak ditambahkan kertas sama sekali dalam campurannya memiliki nilai kadar penyerapan air paling rendah dibandingkan paving block yang ditambahkan limbah kertas HVS dalam campurannya.



Gambar 4.20 *Paving block* dalam keadaan basah



Gambar 4.21 *Paving block* dalam keadaan kering

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada pelaksanaan penelitian pembuatan *paving block* dan hasil analisa *paving block* dengan campuran limbah kertas hvs. Yang dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Fakultas Teknik Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, penulis menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dengan adanya penambahan limbah kertas HVS pada pembuatan paving dapat meningkatkan mutu dari paving block yang tidak dicampur dengan limbah kertas. Meskipun pada campuran limbah kertas 10 % dan 12,5% sudah mengalami penurunan kuat tekan namun paving block tersebut memiliki mutu diatas paving block normal. Penambahan limbah kertas yang memiliki nilai kuat tekan optimum berada pada campuran *paving block* limbah kertas hvs sebesar 7,5 % yaitu sebesar 160,988 kg/cm² pada umur rencana 21 hari dan yang paling minimum pada campuran *paving block* normal yaitu 89,947 Kg/cm² pada umur rencana 7 hari. Dan dengan adanya penambahan limbah kertas HVS dapat mengurangi limbah dan dimanfaatkan secara optimal.
2. Penambahan limbah kertas HVS dapat meningkatkan daya serap dari *paving block* tersebut semakin banyak penambahan limbah kertas yang ditambah maka nilai daya serap juga bertambah. Dari perhitungan daya serap *paving block*, daya serap yang paling optimum didapatkan dari hasil campuran limbah kertas 12,5 % yaitu sebesar 3,794 % pada umur rencana 28 haridan paling minimum berada campuran *paving block* normal yaitu 1,804 % pada umur renacana 21 hari.

5.2 Saran

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis dapat memberikan saran dari hasil penelitian, agar tidak mengalami kendala dalam perencaan *paving block*, agar pengerjaannya dapat lebih maksimal lagi oleh peneliti lain :

1. Sebaiknya peneliti menyiapkan bahan dan alat secara lengkap, agar nantinya tidak ada kendala dengan bahan dan alat, dan waktu pengerjaannya lebih efektif.
2. Untuk penelitian yang lebih akurat maka akan lebih baik jika pihak laboratorium menyediakan mould yang sesuai dengan SNI, dikarenakan pada saat ini mould yang digunakan belum memenuhi standar sehingga hasil yang didapatkan kurang akurat.
3. Untuk alat pengujian diharapkan untuk dapat memakai alat yang sudah terkalibrasi, sehingga nilai dari hasil pengujian lebih akurat dan tepat.
4. Untuk penelitian selanjutnya untuk variasi campuran dalam penelitian pengaruh campuran limbah kertas HVS lebih ditingkatkan untuk mengetahui pengaruh dari *paving block* apakah masih memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan pada paving block normal.