BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Paving block merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal dan beton. Sekarang ini banyak yang memilih paving block dibandingkan perkerasan lain seperti cor beton maupun aspal. Meningkatnya minat konsumen terhadap paving block karena kontruksi perkerasan paving block ramah lingkungan dimana paving block sangat baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaannya yang lebih cepat, mudah dalam pemasangannya dan pemeliharaannya, memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya mudah dijangkau. Paving block adalah komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, air dan agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu dari beton tersebut.

Cangkang kemiri memiliki sifat keras, cukup tebal, dan berkayu merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan tanaman kemiri. Pemanfaatan cangkang kemiri saat ini masih terbatas pada penggunan untuk bahan bakar berupa briket arang sedangkan abunya digunakan sebagai pupuk. Pemanfaatan limbah padat kemiri dalam bidang teknologi bahan belum begitu banyak dilakukan khususnya penelitian mengenai pemanfaatan limbah padat kemiri sebagai material penguat komposit.

Silika atau Pasir kuarsa berasal dari tanah aluvial yang dihasilkan oleh erosi batuan yang mengandung sejumlah besar mineral kuarsa (SiO2) yang kemudian mengalami transpor alami, diangkut dengan alat transportasi (air / es) yang kemudian diendapkan dan terakumulasi di cekungan (danau, pantai, dan lainlain). Jenis pasir ini memiliki kekerasan 7.0 (skala Mohs) dengan berat jenis 2,60 – 2,66. Warna dari pasir ini adalah putih, transparan atau warna lain tergantung senyawa pengotornya.

Pasir silika adalah salah satu dari jenis pasir alam yang banyak ditemukan di Indonesia, Penggunaan pasir silika yang sering digunakan untuk pasir metalurgi yaitu pasir yang dihasilkan dari proses pengolahan suatu mineral atau logam dari pasir silika. Pasir silika banyak digunakan dalam kegiatan industri yang dalam pemanfaatanya digunakan sesuai dengan karakteristik diantaranya digunakan sebagai produksi pembuatan gelas, pembuatan keramik, penyaring (filter) produksi air bersih, pengecoran beton, sandblasting untuk membersihkan kerak karat besi seperti mesin, pipa, plat dan sebagainya. Dalam pengecoran beton agregat halus atau pasir silica digunakan sebagai unsur utama dalam pembuatan beton segar di batching plant, selain agregat kasar, semen dan air serta bahan tambah berupa additive. Sebelum digunakan material pasir silika di periksa di laboratorium untuk mengetahui kualitas dan komposisi campuran yang akan digunakan.

B. Rumusan Masalah

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Pengaruh subtitusi 50% agregat pasir silika terhadap kuat tekan paving block.

2. Bagaimana pengaruh subtitusi kombinasi variasi agregat 45%+5%, 40%+10%, 30%+20% campuran pasir silika bersama cangkang kemiri terhadap kuat tekan paving block.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh subtitusi 50% agregat pasir silika terhadap kuat tekan paving block.
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh subtitusi kombinasi variasi agregat 45%+5%, 40%+10%, 30%+20% campuran pasir silika bersama cangkang kemiri terhadap kuat tekan paving block.

D. Batasan Masalah

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

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare,
2. Material limbah cangkang kemiri yang akan digunakan diambil dari Kabupaten Enrekang,
3. Material pasir silika yang akan digunakan diambil di Kabupaten Barru,
4. Jumlah benda uji dari masing masing variasi adalah 3 buah,
5. Pengujian yang dilakukan hanya pada kuat tekan beton.
6. Standar pengujian kuat tekan benda uji menggunakan SNI 1974:2011.

7. Hasil pengujian kuat tekan terhadap seluruh varian, dikomparasi untuk mengukur sejauh mana pengaruh perbedaan komposisi campuran terhadap kuat tekan paving block.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan limbah cangkang kemiri sebagai material alternatif dalam campuran paving sehingga akan lebih ekonomis serta ramah lingkungan.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEKS) terutama dalam bidang Material Konstruksi.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan oleh pihak kampus dan pemerintah serta masyarakat umum khususnya pelaku usaha bidang konstruksi dalam mengatasi limbah cangkang kemiri.

F. Sistematika Penulisan

Dengan tujuan agar lebih fokus pada tujuan penelitian, maka secara garis penyajian hasil penelitian disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III METODE PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang hasil pengujian agregat, perencanaan adukan campuran paving blok (mix design), hasil analisis kuat tekan paving blok dan pembahasan hasil analisis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Paving block

Paving block merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal dan beton. Bahan bangunan ini biasanya digunakan untuk parkir mobil, jalan setapak, halaman parkir, dan pada jalan komplek perumahan. Paving block sekarang ini semakin banyak diminati oleh masyarakat dibanding bahan perkerasan yang lain. Minat konsumen terhadap paving block dikarenakan pelaksanaannya lebih cepat, mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan serta memiliki nilai estetika yang baik dan harganya yang mudah dijangkau. Selain itu paving block merupakan konstruksi yang ramah lingkungan karena sela-selanya akan memperlancar rembesan air sehingga sangat baik dalam konservasi tanah dan meminimalisasi terjadinya banjir. Akan tetapi peningkatan permintaan paving block ini tidak diimbangi oleh kualitas baik dari segi kekuatan, daya tahan, dan umur pakainya. Hal ini disebabkan mutu dan kualitas bahan yang tidak sesuai, komposisi bahan pembuatan yang tidak sesuai standar dan tekanan yang terlalu besar pada terhadap paving block tersebut. Sifat paving block berubah karena sifat dari bahan-bahan penyusunnya yaitu semen, pasir, dan air maupun campurannya.

Berdasarkan pembuatannya,paving block dapat dibedakan menjadi 3 jenis paving block yang berbeda berdasarkan kelas dan kuat tekan nya sebagai berikut :

1. Jenis paving block pres manual

Di produksi manual dengan tangan dan termasuk jenis beton kelas D dengan mutu (K50-100).

2. Jenis paving block pres mesin vibrasi

   Di produksi dengan mesin getar dan termasuk jenis beton C hingga B dengan mutu (K150-250).

3. Jenis paving block pres mesin hidrolik

   Diproduksi dengan press hidrolik dengan kuat tekan lebih dari 300 kg/cm2, dapat digolongkan pada paving block kualitas B-A (finishing block K300-K500). Menurut SNI 03-0691-1996, balok beton (pavers) adalah campuran bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau lem hidrolik sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mempengaruhi mutu lapisan. batu bata beton. Paver beton dapat dicat agar sesuai dengan warna aslinya atau ditambahkan pewarna dan digunakan pada teras dalam dan luar ruangan.

Pada dasarnya tuntutan utama dalam membuat campuran paving block adalah mengenai kekuatan tekan beton, keawetan, *workability*, dan harga yang seekonomis mungkin.



Gambar 2.2 Paving Block (*Sumber:Jurnal Google Scholar)*

B. Bahan Penyusun Paving Block

1. Agregat

Agregat ialah material natural ataupun buatan yang berperan sebagai bahan kombinasi beton. Agregat menempati+70% volume beton, sehingga sangat mempengaruhi terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian yang berguna untuk pembuatan beton. Mengingat kalau agregat ialah jumlah yang lumayan besar dari volume beton serta sangat pengaruhi sifat beton, sehingga perlu sesuatu material ini diberi atensi yang lebih detail serta teliti dalam tiap pembuatan suatu campuran beton. Disamping itu, agregat dapat bisa kurangi penyusutan akibat perkerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat temperatur panas, pemilihan tipe agregat yang akan dipilih bergantung pada kualitas agregat, ketersedianya di lokasi, harga dan tipe kontruksi yang akan memanfaatkannya.

Agregat digolongkan jadi 2 macam, ialah agregat alam serta agregat buatan, agregat alam ialah agregat yang wujudnya natural, tercipta bersumber pada aliran air sungai serta degradasi. Agregat yang tercipta dari aliran air sungai berbentuk bulat dan licin, ataupun agregat yang tercipta dari proses degradasi berbentuk kubus(bersudut) dan permukaanya kasar. Sedangkan agregat buatan ialah agregat yang berasal dari hasil sambingan pabrik- pabrik semen serta mesin pemecah batu.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan buti-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (fragmen-fragmen)

yang berfungsi sebagai bahan campuran atau pengisi dari suatu beton. Sedangkan menurut Tjokrodimulyo (1992) agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40mm
b. Kerikil, untuk besar butiran antara 5mm sampai 40mm
c. Pasir, untuk butiran antara 0,15mm sampai 5mm

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susunan beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat halus

Agregat halus merupakan seluruh butiran lolos saringan 4, 75 mm. agregat halus untuk beton bisa berbentuk pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, ataupun berbentuk pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh memiliki lumpur lebih dari 5%, dan tidak memiliki zat- zat organik yang bisa merusak beton. Manfaatnya merupakan untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar.

Ketentuan agregat halus secara umum berdasarkan SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut :

1) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2) Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena faktor cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.

3) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpurnya melebihi 5% maka pasir harus di cuci.

Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas berikut :

Tabel 2.1 Persentase lolos agregat pada ayakan (*Sumber : ASTM C-33)*

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9,60	100
4,80	95 – 100
2,40	80 – 100
1,20	50 – 85
0,60	25 – 60
0,30	10 – 30
0,15	2 – 10

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

2. Berat satuan dan kepadatan

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

3. Ukuran maksimum agregat

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

4. Gradasi agregat

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

Tabel 2.2 Batas-batas gradasi dari agregat kasar (*Sumber: British Standar)*

Lubang ayakan (mm)	Presentasi berat butir lewat ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 – 100
10	10 – 35	25 – 55
4,8	0 – 5	0 – 10

5. Kadar air agregat

Kandungan didalam agregat dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu :

a. Kering tungku, dimana agregat benar-benar tidak mengandung air sedikitpun atau dalam kondisi yang dapat secara penuh menyerap air.
b. Kering udara, dimana permukaan agregat kering tetapi memiliki sedikit air di dalam porinya.
c. Jenuh kering muka, yaitu tidak ada air dipermukaan agregat tetapi porinya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan begitu butiran tidak mampu menyerap dan menambah komposisi air jika dipakai dalam campuran beton.

d. Basah, dimana butiran mengandung banyak air baik dipermukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah komposisi air.

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

C. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri darisilikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebahagi bahan tambahan. Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara butiran-butiran agregat.

Semen Portland dihasilkan melalui beberapa tahapan, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesife serta kohesif. Semen dihasilkan dengan cara membakar kabonat atau batugamping yang mengandung alumunia dalam proporsi tertentu. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO4) kira-kira 2-4% sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambahan lain terkadang ditambahkan juga untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40kg / 50kg.

Tabel 2.3 Susunan oksida semen portland (*Sumber: www.ruang-sipil.com)*

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

Menurut SII 0031-81 (Tjokrodimulyo, 1996), semen Portland dibagi menjadi lima jenis, namun untuk penggunaan umum biasanya hanya digunakan jenis semen tipe 1 (satu) karena tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal serta cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0-0,10%.

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

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

D. Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk membentuk pasta semen. Air juga dipakai untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Pada umumnya air yang dapat diminum digunakan sebagai campuran beton. Ciri-ciri air yang baik untuk campuran beton adalah tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

1. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
2. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.
3. Air tanah, biasanya mengandung unsur kaiton dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdanpar unsur CO2, H2S dan NH3.
4. Air laut, air laut mengandung 30.000 – 36.000mg/liter gram (3 %-3,6 %) dapat digunakan sebagai air campuran beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangannya.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

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

E. Limbah cangkang kemiri

Kemiri adalah salah satu komoditi yang banyak ditanam di Indonesia dengan perkembangannya demikian pesat. Tumbuhan kemiri hidup di daerah tropis dan subtropik sehingga dapat ditanam di tanah rendah dan pegunungan, baik yang subur maupun tanah yang kurang subur. Pemanfaatan buah kemiri sebenarnya sudah banyak diteliti terutama bijinya yaitu untuk minyak rambut dan minyak lampu, sedangkan kulitnya dibuang.

Jumlah produksi buah kemiri di Indonesia pada tahun 2002 menurut Biro Pusat Statistik adalah sebesar 1.703.362 Kg (BPS, 2002). Untuk mengatasi peningkatan produksi sampah karena keterbatasan lahan tempat pembuangan akhir (TPA), maka upaya yang dikembangkan untuk mengolah beberapa hasil sampingan seperti tempurung kemiri agar dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi, seperti tempurung kemiri yang sangat potensial untuk diolah sebagai bahan tambah pada pembuatan paving block.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan tempurung kemiri sebagai bahan tambah pada agregat paving block. dimana tempurung kemiri yang

sebelumnya terbuang dan sedikit dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk paving block. Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa prosentase massa buah kemiri menjadi tempurungnya sebesar 64,57% dan tergolong sangat tinggi bila dibandingkan dengan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit yang tidak lebih dari 30%. Hal ini tentunya menunjukkan bahwa tempurung kemiri memang sangat potensial untuk dijadikan bahan tambah pada paving block.

Yang membedakan penelitian ini dengan penelitian – penilitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini proses pembuatan paving block yaitu sejauh mana pengaruh cangkang kemiri terhadap massa dan kuat tekan pada paving block yang akan di uji pada laboratorium struktur dan bahan.

1. Berat Jenis

Berat jenis cangkang kemiri beda signifikan dengan agregat kasar, yaitu 1650 kg/m3 untuk agregat cangkang kemiri sedangkan agregat kasar mempunyai berat jenis 2390 kg/m3. Dari hasil pengujian sampel, dapat dilihat bahwa berat jenis agregat kasar (batu pecah) dan cangkang kemiri memenuhi syarat berat jenis agregat kasar pada standard SNI 1970:2008 yaitu berkisar antara 1,6 – 3,3, Sehingga agregat kasar (batu pecah) dan cangkang kemiri tersebut dapat dipakai sebagai bahan campuran beton

2. Penyerapan Air

Nilai penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat cangkang kemiri cenderung lebih kecil yaitu 1,25% dibandingkan absorpsi agregat kasar sebesar 1,75%.

3. Berat Volume

Berat volume cangkang kemiri tidak beda signifikan dengan agregat kasar, yaitu 1300 kg/m3 untuk agregat cangkang kemiri sedangkan agregat kasar mempunyai berat jenis 1600 kg/m3

4. Kadar Air

Nilai kadar air pada agregat cangkang kemiri cenderung lebih kecil yaitu 1% dibandingkan absorpsi agregat kasar sebesar 1,25%.

F. Pasir silika

Silika atau Pasir kuarsa berasal dari tanah aluvial yang dihasilkan oleh erosi batuan yang mengandung sejumlah besar mineral kuarsa (SiO_2) yang kemudian mengalami transpor alami, diangkut dengan alat transportasi (air/es) yang kemudian diendapkan dan terakumulasi di cekungan (danau, pantai, dan lain-lain). Bagi kehidupan manusia, pasir silika merupakan salah satu jenis pasir yang memiliki banyak kegunaan. Misalnya, pasir silika dapat digunakan sebagai bahan baku kaca, keramik, bahkan filter air. Jenis pasir ini memiliki kekerasan 7.0 (skala Mohs) dengan berat jenis 2,60 – 2,66. Warna dari pasir ini adalah putih, transparan atau warna lain tergantung senyawa pengotornya. Warna kuning menandakan mengandung oksida Fe, dan merah mengandung oksida Cu. Ciri lain dari pasir ini yaitu memiliki garis-garis Putih dan kilap Vitrious + kaca dan mempunyai titik lebur yang berada pada 1715 °C. Penggunaan silika atau pasir kuarsa dalam kegiatan industri telah banyak dikembangkan, baik secara langsung sebagai bahan baku utama maupun sebagai produk sampingan. Sebagai bahan baku utama misalnya digunakan pada industri kaca / kaca, semen, ubin, keramik mozaik, bahan baku ferrous silicon, silicon karbida, bahan abrasif (ampelas dan

sandblasting).Sedangkan sebagai bahan tindak lanjut misalnya pada industri pengecoran, industri minyak dan pertambangan, batu bata tahan api (refraktori), dll.

1. Fungsi dan kegunaan pasir silika

a. Sebagai bahan baku utama semen

b. Pasir silika/kuarsa dalam produksi semen berfungsi sebagai pelengkap kandungan silika pada semen yang diproduksi. Kandungan silika untuk pabrik semen sekitar 21,3% SiO_2. Jika komposisi SiO_2 belum tercapai, ditambahkan pasir kuarsa. Penggunaan pasir kuarsa di sektor ini bervariasi sesuai dengan kandungan silika bahan baku lainnya, umumnya antara 6-7%.

c. Bahan pembuatan amplas dan *sandblasting*

d. Bahan baku pembuatan gelas, kaca dan keramik

e. Dalam industri keramik, pasir kuarsa membentuk badan keramik bersama dengan bahan baku lainnya, seperti kaolin, tanah liat, *feldspar*, dan pewarna. Pasir kuarsa memiliki sifat *glazing* pada permukaan keramik sehingga licin dan mudah dibersihkan. Selain itu, pasir kuarsa memiliki sifat sebagai handling agent yang dapat mempermudah proses pengeringan, pengendalian dan penyusutan serta memberikan struktur pada body keramik. Proses akhir dari pengolahan pasir kuarsa menjadi kaca dan kaca adalah dengan cara meleburnya dengan bahan lain seperti soda dan kapur dalam tungku peleburan. Sebagai bahan pembentuk kaca, kontribusi silika (SiO2) sangat dominan. Unsur lain seperti soda (Na2O) digunakan dalam proses likuifaksi,

sedangkan kapur (CaO dan MgO) berfungsi sebagai penstabil selama proses likuifaksi dan pembentukan kaca dan kaca.

f. Campuran sebagai pengeras dalam industri karet / ban / cat

g. Penggunaan pasir kuarsa pada industri lain yaitu sebagai pengeras pada pengolahan karet, bahan pengisi (industri cat), bahan ampelas (industri penggilingan), bahan penghilang karat (industri logam), bahan penyaring (industri pemurnian air) pembuatan ferrous silicon karbida , dan lain-lain seperti di industri microchip (elektronik).

h. Pasir silika untuk filter air

i. Pada pengolahan air minum atau air tanah pada air PDAM maupun air pegunungan pada industri pengolahan air, pasir silika/kuarsa (SiO_2) ini berfungsi untuk menghilangkan kandungan lumpur atau tanah dan sedimen.

j. Pasir silika untuk pembuatan lapangan sepak bola dalam ruangan

k. Selain untuk filter air, pasir silika juga mempunyai kegunaan di berbagai industri, seperti industri / pengolahan sandblasting atau pembuatan lapangan futsal dengan berbagai ukuran mata jaring.

l. Pasir silika untuk aquascape dan akuarium

m. Saat ini, pasir silika banyak digunakan untuk keperluan dekoratif di lanskap perairan dan pasir akuarium.

G. Sifat-Sifat Mekanis Beton

Sifat mekanik beton dibedakan menjadi dua bagian yaitu sifat mekanik jangka pendek dan sifat mekanik jangka panjang. Sifat mekanik jangka pendek adalah kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat geser beton dan modulus elastisitas

beton. Sekaligus mempengaruhi sifat mekanik jangka panjang yaitu penyusutan dan penyusutan beton.

1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton menahan tekanan sebagai gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton dapat diketahui dengan menguji balok beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dapat ditentukan setelah berumur 28 hari dan dinyatakan dalam satuan Mpa. Beton disimpan dan diawetkan selama 28 hari pada suhu dan kelembaban konstan. Adapun kuat tekan beton dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Dimana :

f'c = σ = Kuat tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas permukaan sampel (cm^2)

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

2. Penyerapan pada beton

"Pengukuran Laju Penyerapan Air Beton Semen Hidrolik" untuk mengetahui daya serap air (kapasitas serapan) beton semen hidrolik dengan melakukan pengukuran sampel II-2. diperoleh sebagai fungsi waktu ketika terkena air hanya pada satu permukaan.

H. Penelitian Terdahulu

1. Frederick Raymond (2015) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas paving block dengan penambahan partikel kemiri dengan perlakuan karbonisasi, evaluasi efek penambahan partikel dan perlakuan karbonisasi dan tentukan jumlah partikel dan perlakuan yang optimal. Variasi tujuan tersebut adalah komposisi partikel (5%, 7%,9%) dan perlakuan karbonisasi. Karakteristik paving block dengan perawatan berdasarkan SNI 03-0691-1996 komposisi partikel dan perlakuan karbonisasi adalah dari 24,21 sampai 62,53 MPa kuat tekan (kualitas A-B), penyerapan air 1,89% - 2,79% (kualitas A), ketahanan terhadap natrium sulfat 1,72% -2,82% (cacat) dan porositas 1,31% - 5,67%. Perlakuan tersebut berpengaruh signifikan pada kekuatan tekan, ketahanan terhadap natrium sulfat dan porositas tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap penyerapan air. Berdasarkan hasil analisis varians,perlakuan optimal adalah komposisi partikel 7% dengan perlakuan tanpa karbonisasi.
2. Moh. Abdul Basit Minanulloh (2020) Beton K-300 adalah beton yang mempunyai kuat tekan karakteristik sebesar 300 kg/cm². Banyak penelitian yang menggunakan bahan – bahan limbah perkebunan dan tambang yang terbuang begitu saja. Limbah tersebut berupa abu cangkang kemiri, abu sekam Padi, dan lain- lain. Pada penelitian ini menggunakan abu cangkang Kemiri sebagai bahan tambah semen, dengan variasi penambahan 5%, 10%, dan 15% dari berat semen terhadap mutu beton K-300. Uji tekan beton dilaksanakan pada umur 7 dan 28 hari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dan kuat tekan tertinggi. Kuat tekan karakteristik yang diperoleh

pada umur 28 hari pada variasi beton normal 304,127 kg/cm², variasi beton normal dengan penambahan 5% abu cangkang Kemiri 421,551 kg/cm², variasi beton normal dengan penambahan10% abu cangkang Kemiri 426,863kg/cm², dan variasi beton normal dengan penambahan 15% abu cangkang Kemiri 428,210 kg/cm². Hasil penelitian menunjukkan bahwa presentase optimum dari penambahan abu cangang Kemiri adalah sebesar15% dari berat semen dengan kuat tekan maksimum sebesar 428,210 kg/cm².

3. Dian Amri (2019) Beton merupakan bahan yang banyak digunakan dan menjadi unsur utama pada bangunan. Kelebihan beton antara lain memiliki kuat desak yang tinggi dibanding kuat tariknya, mudah dibentuk, tidak memerlukan perawatan khusus, bahan susun mudah didapat dari alam sekitar, dan lebih awet dibandingkan bahan bangunan lain. Semakin banyak beton digunakan sebagai bahan penyusun struktur beton, maka mendorong penelitian untuk mengembangkan material maupun cara pembuatan beton. Kulit kemiri merupakan salah satu jenis partikel yang bobotnya sangat ringan dalam keadaan kering dan cukup keras.Dimana kulit kemiri itu sendiri dikenal sebagai limbah yang banyak tertimbun dan cenderung menjadi sampah karena pemanfaatannya yang masih sedikit atau relatif kecil, sehingga perlu ditangani secara serius.Selain itu, dewasa ini kulit kemiri hanya dimanfaatkan untuk sebagian kecil kebutuhan saja. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui kuat tekan beton serta memanfaatkan limbah kulit kemiri sebagai bahan tambahan beton sebanyak 10%, 20%, serta 30% dengan mutu beton yang direncanakan K225, dengan umur rencana beton 28 hari, Penambahan

kulit kemiri pada campuran beton mengakibatkan penurunan kuat tekan beton normal disetiap variasi persentasenya. Hal ini di sebabkan campuran kulit kemiri tidak cukup kuat untuk menjadi pengganti agregat kasar, sehingga mengakibatkan penurunan kuat tekan beton.

4. Andy Eka Saputra (2019) Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Tanah dan Air dan Laboratorium Mekanisasi Pertanian Politeknik Negeri Lampung selama 6 bulan. Dalam hasil dari setiap pembuatan Paving block untuk setiap sampel, kuat tekan nilainya cukup stabil dan terus meningkat mulai hari ke-1 sampai hari ke-28. Semen sebagai a bahan pengikat berhasil mengikat fly ash dan bottom ash dengan sempurna karena adanya fly ash dan kadar abu dasar mencapai kepadatan standar laboratorium yang optimal dengan kadar kering berat 1,47 gr/cm3 dengan penambahan 3000cc air dengan perbandingan 1:4 membuat a penentu kekuatan paving block dengan mencapai kekuatan maksimum rata-rata 192 kg/cm2 atau K 190 dan 214 kg/cm2 atau K 200 pada umur 28 hari, dan termasuk dalam kelas B katogari SNI 03 -0691-1996, dengan hasil tersebut menunjukkan peningkatan mutu kelas D yang tinggi pada penelitian sebelumnya ditingkatkan menjadi mutu B dengan standar SNI.
5. Saufik Luthfianto (2020) Desa Penakir Kecamatan Pulosari Kabupaten Pemalang merupakan salah satu desa yang terletak di kaki gunung slamet yang menghasilkan tanaman kopi. Berdasar hasil survey yang telah dilakukan ditemukan beberapa masalah di desa Penakir yaitu sekitar 85% limbah plastik dan dan 75% limbah kulit kopi yang terbuang sia-sia, sisa 25% limbah kopi

digunakan untuk pakan ternak. Keberlanjutan program masyarakat mendaur ulang limbah plastik dan mengoptimalkan limbah kulit kopi menjadi salah satu program dengan cara memproduksi menjadi paving blok. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan pelatihan dan sosialisasi adalah total defects paving block dari limbah plastik dan kulit kopi adalah sebesar 21 unit dengan total unit sampel adalah 140 sample, defect rate atau rata-rata cacat adalah 0,15 unit dengan tingkat pemahaman dalam pembuatan paving block adalah sebesar 80%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil pengujian eksperimental dianalisis sesuai dengan standar prosedur pengujian laboratorium. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yaitu dengan membandingkan antara 5 variasi campuran untuk mengetahui bagaimana kuat tekan paving block.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan, pemeliharaan, dan pengujian atas benda uji dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare dan waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan mulai pada bulan Mei sampai Juli 2024.

C. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dan Bahan Penelitian Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Agregat

   Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus, limbah cangkang kemiri, dan pasir silika.

b. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland

c. Air

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

d. Limbah Cangkang Kemiri

Cangkang kemiri yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kab. Enrekang, Kec. Maiwa

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Saringan

Saringan yang digunakan untuk menentukan skala agregat adalah 25mm, 19,5mm, 9,5mm, 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 0,60mm, 0,30mm dan 0,15mm.

b. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan benda uji selama 1 x 24 jam

c. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan untuk membuat benda uji

d. Timbangan

Timbangan digunakan untuk timbang bahan benda uji

e. Cetakan beton

Cetakan beton yang digunakan adalah ukuran 21 cm x 10 cm 8 cm

f. Mesin Uji Universal

Digunakan untuk menguji kuat tekan sampel beton

g. Concrete mixer / mesin pencampur

Digunakan untuk mencampur seluruh komponen uji lapangan

D. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Primer

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Ekperimen dilakukan dengan memberikan variable yan diteliti sehingga dampak dari perlakuan tersebut didapatkan kesimpulan yang koresional dengan vaiabel-variabel yang diteleti.

Penelitian ini berfokus pada variasi campuran dari cangkang kemiri Bersama dengan pasir silika yang akan dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat. Dengan menyesuikan dalam Standar Nasional Indonesia SNI 03-0691-1996). Jumlah sampel yang dibutuhkan pada setiap variasi adalah:

a. Paving Block Normal (100% Agregat Abu Batu) sebanyak 3 buah
b. Paving Block dengan komposisi agregat: 50% pasir silika; sebanyak 3 buah benda uji.
c. Paving Block dengan komposisi agregat: pasir silika 45% bersama limbah cangkang kemiri 5%; sebanyak 3 buah benda uji.
d. Paving Block dengan komposisi agregat: pasir silika 40% bersama cangkang kemiri 10%; sebanyak 3 buah benda uji .
e. Paving Block dengan komposisi agregat: pasir silika 30% bersama cangkang kemiri 20%; sebanyak 3 buah benda uji.

Tabel 3.1 Persentase komposisi bahan *(data pribadi)*

Kode	semen	Abu Batu	Cangkang Kemiri	Pasir silika	Air
BN	100%	100%	0%	0%	100%
PS50%	100%	50%	0%	50%	100%
PS45%+CK5%	100%	50%	5%	45%	100%
PS40%+CK10%	100%	50%	10%	40%	100%
PS30%+CK20%	100%	50%	20%	30%	100%

2. Data Sekunder

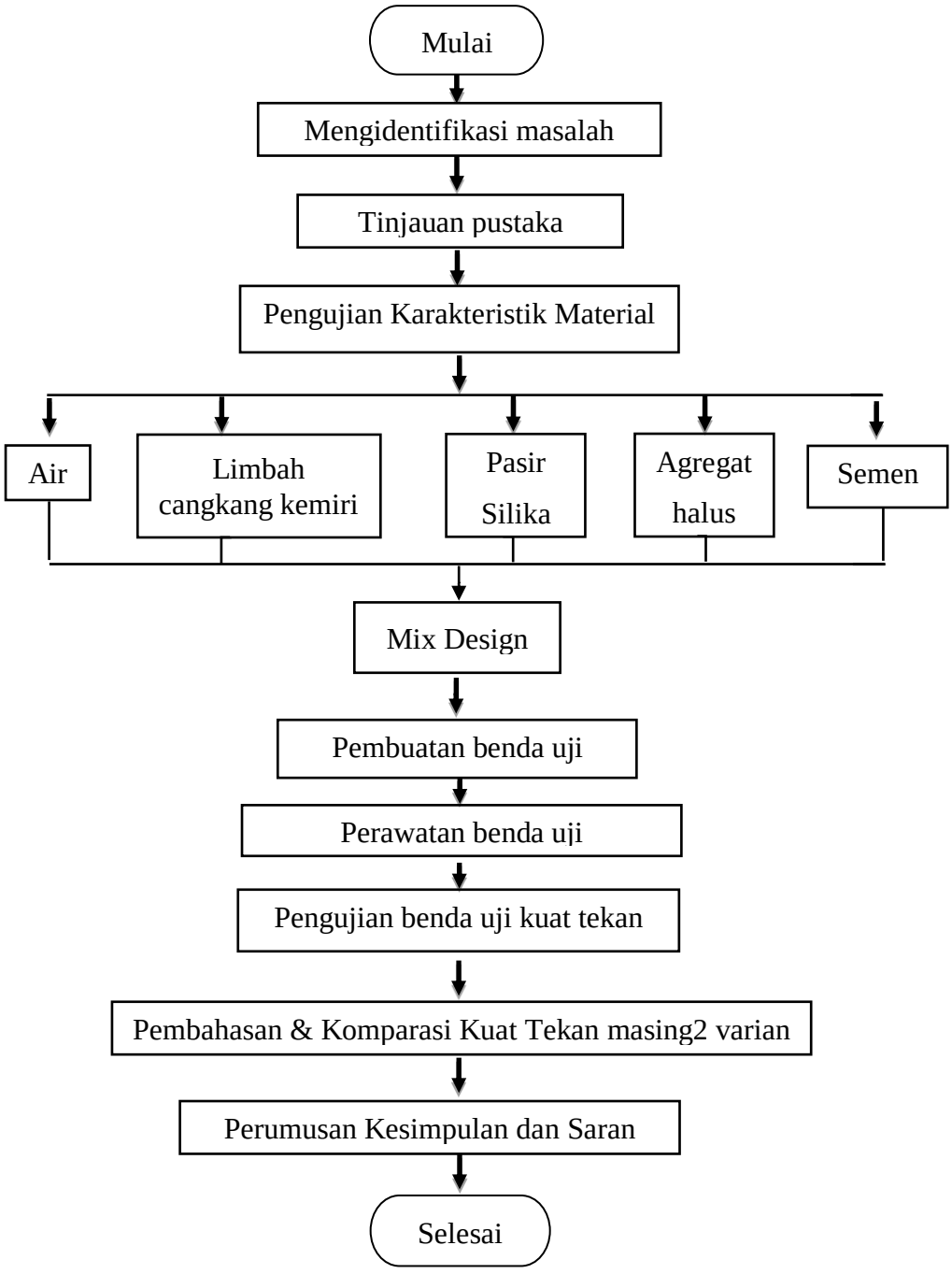
Data sekunder Data sekunder yang mendukung adalah deskripsi wilayah penelitian. Pengumpulan data sekunder merupakan pengumpulan data secara tidak langsung dari sumber/objek. Materinya diperoleh dari tulisan-tulisan seperti buku teori, buku laporan, peraturan dan dokumen, serta dari pihak terkait dan hasil penelitian kepustakaan

E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dipakai pada penelitian ini menggunakan analisa parametrik deskriptif. Data hasil uji kuat tekan beton diperoleh dari pembagian antara beban maksimum benda uji dengan luas penampang benda uji, selanjutnya data akan disajikan delam bentuk tabel maupun grafik. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Timbang sampel sebelum menguji kuat tekannya.
b. Ukur dan hitung volume dan luas sampel
c. Ukur kuat tekan sampel umur 28 hari dengan alat UTM
d. Analisis hasil pengujian sampel Pembahasan sampel dengan hasil pengujian analisis data

F. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian *(dokumen pribadi)*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Hasil Pengujian Agregat Pengujian agregat berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan dengan menggunakan agregat halus, cangkang kemiri dan pasir silika. Ringkasan hasil setiap tes ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus *(Sumber: hasil pengolahan data 2024)*

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	2.5%	2.1%	2.30%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 1	No. 1	1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.46%	2.04%	2.25%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1.45	1.43	1.44	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1.57	1.66	1.61	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	1%	2.25%	1.63%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	3.07	3.10	3.09	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2.23	2.31	2.27	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2.50	2.56	2.53	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3.87	3.68	3.77	Memenuhi

a. Kadar lumpur

Hasil pengujian kadar lumpur halus diatas adalah 2,30%, yang berarti kurang dari 5%, oleh karena itu agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

b. Kandungan Organik

Pengujian kandungan organik pada agregat halus tersebut menunjukkan bahwa kandungan organiknya bernilai 1, lebih rendah dari nilai no. 3, sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

c. Kandungan air

Hasil pengujian kadar air di atas adalah 2,25%, kurang dari 5%, sehingga agregat halus dapat digunakan dalam campuran mortar.

d. Kepadatan

Hasil pengujian kepadatan berongga agregat halus adalah 1,44, sedangkan hasil pengujian kepadatan padat adalah 1,61, nilai totalnya masih antara 1,6-1,9 kg/l, sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

e. Daya serap air

Uji daya serap air di atas memberikan hasil sebesar 1,63% berada dalam batas maksimal 2% yang digunakan sebagai campuran mortar.

f. Berat jenis

Hasil sebenarnya dari berat jenis adalah 3,09. Berat jenis kering adalah 2,27. Dan untuk berat jenis kering permukaan hasil pengujiannya adalah 2,53 yang masih merupakan nilai umum antara 1,6 dan 3,3 sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

g. Faktor kehalusan

Berdasarkan sifat SNI agregat kasar, kisaran modulus kehalusan adalah antara 1,5 dan 3,8. Namun hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut sesuai dengan spesifikasi 3,77. Oleh karena itu bahan tambahan ini dapat digunakan dalam campuran mortar.

B. Perencanaan Adukan Campuran Paving Block (Mix Design)

1. Volume *paving block*

Volume : p × l× t

Keterangan :

p = 21 cm

l = 10 cm

t = 8 cm

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

V = 21 cm × 10 cm × 8 cm = 1680 cm^3

2. Komposisi campuran *Paving block*

a. Kadar lumpur

Hasil pengujian kadar lumpur halus diatas adalah 2,30% yang berarti kurang dari 5%, oleh karena itu agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

b. Kandungan Organik

Pengujian kandungan organik pada agregat halus tersebut menunjukkan bahwa kandungan organiknya bernilai 1 yang lebih rendah dari nilai no. 3, sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

c. Kandungan air

Hasil pengujian kadar air di atas adalah 2,25%, kurang dari 5%, sehingga agregat halus dapat digunakan dalam campuran mortar.

d. Kepadatan

Hasil pengujian kepadatan berongga agregat halus adalah 1,44, sedangkan hasil pengujian kepadatan padat adalah 1,61, nilai totalnya masih antara 1,6-1,9 kg/l, sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

e. Daya serap air

Uji daya serap air di atas memberikan hasil sebesar 1,63%, berada dalam batas maksimal 2% yang digunakan sebagai campuran mortar.

f. Berat jenis

Hasil sebenarnya dari berat jenis adalah 3,09. Berat jenis kering adalah 2,27. Dan untuk berat jenis kering permukaan hasil pengujiannya adalah 2,53 yang masih merupakan nilai umum antara 1,6 dan 3,3 sehingga agregat halus dapat digunakan sebagai campuran mortar.

g. Faktor kehalusan

Berdasarkan sifat SNI agregat kasar, kisaran modulus kehalusan adalah antara 1,5 dan 3,8. Namun hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut sesuai dengan spesifikasi 3,77. Oleh karena itu bahan tambahan ini dapat digunakan dalam campuran mortar.

Penelitian ini menggunakan garnet pada BN0%, PS 50%, PS45% + CK5%, PS40% + CK40%, PS30% + CK20% untuk menggantikan abu batu, sehingga persamaan berikut digunakan untuk menentukan kebutuhan:

$$\textbf{Berat C. Kemiri} = \left(\frac{\textbf{jum. substitusi}}{\textbf{100}} \times \textbf{berat abu batu}\right)$$

Pengolahan data laboratorium digunakan untuk mengetahui massa bahan atau bahan yang digunakan pada setiap satuan uji variabel bebas untuk setiap bahan berdasarkan volume.

a. Untuk paving block normal

Volume *Paving Block*= p × l × t = 21 × 10× 8

= 1680 cm³

$$\text{Semen} = \left(\frac{1}{(1+3)} \times \text{Volume Paving Block}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{(1+3)} \times 1680\right)$$

= 420 cm³

= 0,42 liter

$$\text{Abu Batu} = \left(\frac{3}{(1+3)} \times \text{Volume Paving Block}\right)$$

$$= \left(\frac{3}{(1+3)} \times 1680\right)$$

= 1260 cm ³

= 1,26 liter

Tabel 4. 2 Mix Design Paving Block campuran Normal *(Sumber: hasil pengolahan data 2024)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	kebutuhan tiap benda uji (liter)	kebutuhan tiap benda uji (kg)	kebutuhan tiap 2 benda uji (kg)
Semen	1.18	0.42	0.50	1.61
Abu batu	1.61	1.26	2.03	6.61
Air	1.00		0.17	0.52

Berdasarkan hasil yang didapat di Laboratorium untuk perancangan campuran (*mix design*) untuk *paving block* campuran Normal untuk 2 (tiga) sampel yaitu semen 1,61 kg, Abu batu 6,61 kg, dan Air 0.52 kg.

b. Untuk paving block variasi 50 % Pasir Silika

$$\text{Pasir silika} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{50}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,63 liter

Abu Batu = (V.abu batu tiap benda uji – V.cangkang kerang)

= (1,26 – 0,63)

= 0,63 liter

Tabel 4. 3 Mix Design Paving Block substitusi Pasir Silika 50 *%*
(Sumber :hasil pengolahan data 2024)

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	kebutuhan tiap benda uji (liter)	kebutuhan tiap benda uji (kg)	kebutuhan tiap 2 benda uji (kg)
Semen	1.18	0.42	0.50	1.61
Abu batu	1.61	0.63	1.02	3.30
Pasir silika	1.42	0.63	0.89	2.91
Air	1.00		0.17	0.52

c. Untuk paving block variasi 5% cangkang kemiri dan 45% pasir silika

$$Cangkang\ Kemiri = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{5}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,06 liter

$$Pasir\ Silika = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{45}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,57 Liter

Tabel 4. 4 Mix Design Paving Block substitusi 5% cangkang kemiri dan 45% pasir silika *(Sumber :hasil pengolahan data 2024)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	kebutuhan tiap benda uji (liter)	kebutuhan tiap benda uji (kg)	kebutuhan tiap 2 benda uji (kg)
Semen	1.18	0.42	0.50	1.61
Abu batu	1.61	0.63	1.02	3.30
cangkang kemiri	0.79	0.06	0.05	0.15
Pasir silika 45%	1.42	0.57	0.81	2.62
Air	1.00		0.17	0.52

d. Untuk paving block variasi substitusi 10% cangkang kemiri dan 40% pasir silika

$$\text{Cangkang kemiri} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{10}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,13 liter

$$\text{Pasir silika} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{40}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,50 liter

Tabel 4. 5 Mix Design Paving Block Subtitusi 10% Cangkang Kemiri dan 40% Pasir silika *(Sumber :hasil pengolahan data 2024)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	kebutuhan tiap benda uji (liter)	kebutuhan tiap benda uji (kg)	kebutuhan tiap 2 benda uji (kg)
Semen	1.18	0.42	0.50	1.61
Abu batu	1.61	0.63	1.02	3.30
Cangkang kemiri 10%	0.79	0.13	0.10	0.31
Pasir silika 40%	1.42	0.50	0.72	2.33
Air	1.00		0.17	0.52

e. Untuk paving block variasi substitusi 20% cangkang kemiri dan 30% pasir silika

$$\text{Cangkang kemiri} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{20}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,25 liter

$$\text{Pasir silika} = \left(\frac{\text{jum. substitusi}}{100} \times \text{v. abu batu tiap benda uji}\right)$$

$$= \left(\frac{30}{100} \times 1{,}26\right)$$

= 0,38 liter

Tabel 4. 6 Mix Design Paving Block Subtitusi 20% Cangkang Kemiri dan 30% Pasir silika *(Sumber :hasil pengolahan data 2024)*

Bahan	Berat Volume (kg/liter)	kebutuhan tiap benda uji (liter)	kebutuhan tiap benda uji (kg)	kebutuhan tiap 2 benda uji (kg)
Semen	1.18	0.42	0.50	1.61
Abu batu	1.61	0.63	1.02	3.30
Cangkang kemiri 20%	0.79	0.25	0.20	0.62
Pasir silika 30%	1.42	0.38	0.54	1.74
Air	1.00		0.17	0.52

C. 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. Pengujian kuat rata-rata paving block 21x10x8 cm

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tekan paving block 21x10x8 variasi 0% sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Hasil pengujian kuat tekan paving blok variasi 0% *(Sumber: hasil pengolahan data 2024)*

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
28	3.690	320	15.238	16.58
28	3.445	355	16.905	
28	3.55	370	17.619	

Tabel di atas menunjukkan bahwa kuat tekan paving block variasi 0% ukuran 21x10x8 cm untuk umur perawatan 28 hari sebesar 16.58 Mpa

Tabel 4. 8 Hasil pengujian kuat tekan paving blok variasi PS50% *(Sumber: hasil pengolahan data 2024)*

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
28	3.613	495	23.571	22.540
28	3.168	475	22.619	
28	3.275	450	21.429	

Tabel di atas menunjukkan bahwa kuat tekan paving block variasi PS50%+AB50% ukuran 21x10x8 cm untuk umur perawatan 28 hari sebesar 22.54 Mpa

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tekan paving block 21x10x8 variasi PS45%+CK5% sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Hasil pengujian kuat tekan paving blok variasi PS45%+CK5% *(Sumber: hasil pengolahan data 2024)*

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
28	3.391	330	15.714	16.98
28	3.412	360	17.143	
28	3.75	380	18.095	

Tabel di atas menunjukkan bahwa kuat tekan paving block variasi PS45%+CK5% ukuran 21x10x8 cm untuk umur perawatan 28 hari sebesar 16.98 Mpa

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tekan paving block 21x10x8 variasi PS40%+CK10% sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Hasil pengujian kuat tekan paving blok variasi PS40%+CK10% *(Sumber: hasil pengolahan data 2024)*

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
28	3.422	345	16.429	15.79
28	3.410	320	15.238	
28	3.375	330	15.714	

Tabel di atas menunjukkan bahwa kuat tekan paving block variasi PS40%+CK10% ukuran 21x10x8 cm untuk umur perawatan 28 hari sebesar 15.79 Mpa

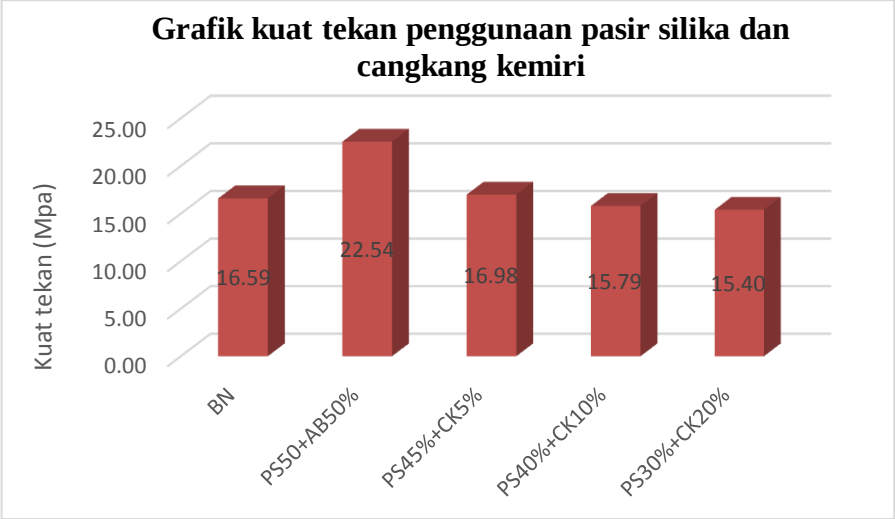
Berikut ini adalah tabel hasil pengujian kuat tekan paving block 21x10x8 variasi PS30%+CK20% sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Hasil pengujian kuat tekan paving blok variasi PS30%+CK20% *(Sumber :hasil pengolahan data 2024)*

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
28	3.329	355	16.905	15.40
28	3.321	285	13.571	
28	3.70	330	15.714	

Tabel di atas menunjukkan bahwa kuat tekan paving block variasi PS30%+CK20%ukuran 21x10x8 cm untuk umur perawatan 28 hari sebesar 15.40 Mpa.

Hasil analisis kuat tekan yang tersaji pada tabel 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 dan 4.11 selanjutnya dikomparasi melalui grafik sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.1, sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Grafik Komparasi Kuat Tekan untuk masing-masing varian

Berdasarkan gambar grafik komparasi kuat tekan paving blok 21x10x8 diatas, nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi PS30%+CK20% dengan nilai kuat tekan 15.40 Mpa, pada masa perawatan 28 hari sedangkan nilai tertinggi di dapat pada PS50%+AB50% dengan nilai kuat tekan 22.54 Mpa pada masa perawatan 28 hari. Gambar grafik di atas juga menjelaskan bahwa semakin tinggi persentase penambahan cangkang kemiri maka semakin kurang nilai kuat tekannya.

Grafik diatas menunjukkan bahwa penambahan cangkang kemiri mempengaruhi kuat tekan paving block. Nilai kuat tekan untuk variasi 0 %, PS50%+AB50%, PS45%+CK5%,PS40%+CK10% dan PS30%+CK20% untuk umur perawatan 28 hari yaitu 16.59 Mpa, 22.54 Mpa, 16.98 Mpa ,8.25415.79

Mpa dan 15.40 Mpa. Penggunaan Cangkang Kemiri cenderung menurunkan nilai kuat tekan Paving Block yang kemungkinan disebabkan oleh:

a. Tekstur permukaan limbah cangkang kemiri yang lebih licin dibandin material Abu Batu dan Pasir Silika.
b. Mengingat bahwa tidak ada penyesuaian jumlah penggunaan air terhadap masing-masing komposisi material karena tidak tersedia data terkait penyerapan air untuk Pasir Silika dan Cangkang Kemiri, sehingga jumlah volume air sama pada pencampuran untuk semua variasi komposisi campuran. Air yang tidak bereaksi dengan semen pada campuran merupakan air workability (pengencer) yang akan menguap dan meninggalkan rongga sehingga mengurangi nilai kuat tekan (diduga penyerapan air cangkang kemiri lebih kecil dibanding material lainnya).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian uji eksperimental penggunaan kulit kerang sebagai pengganti sebagian abu batu pada material *paving block* yang telah dianalisis di laboratorium bahan dan struktur Universitas Muhammadiyah Parepare, maka dapat disumpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil menunjukkan bahwa penambahan Pasir silika mempengaruhi kuat tekan paving block. Nilai kuat tekan untuk varian 0 % dan varian penambahan pasir silika 50% pada umur perawatan 28 hari masing-masing 16.59 Mpa dan 22.54 Mpa. Maka semakin tinggi presentase penambahan pasir silika maka semakin tinggi kuat tekannya.
2. Berdasarkan hasil kuat tekan paving block pada gambar grafik 4.1 diatas, menunjukkan bahwa nilai kuat tekan untuk varian PS45%+CK5%, PS40%+CK10%, dan PS30%+CK20% pada umur perawatan 28 hari masing-masing 16.59 Mpa, 22.54 Mpa, 16.98 Mpa, 15.79 Mpa, dan 15.40 Mpa. Maka semakin tinggi persentase penambahan cangkang kemiri maka semakin kurang nilai kuat tekannya.
3. Berdasarkan hasil kuat tekan pada penelitian ini menunjukan bahwa penambahan pasir silika bersama dengan cangkang kemiri dapat mempengaruhi kuat tekan paving block.

B. Saran

1. Disarankan untuk penelitian *paving block* tidak menggunakan pemakaian cangkang kemiri terlalu banyak karna mengurangi nilai kuat tekan pada paving block.
2. Disarankan untuk penelitian *paving block* menggunakan pemakaian pasir silika karna meningkatkan nilai kuat tekan pada paving block tetapi harga pasir silika yang lumayan mahal.
3. Disarankan untuk penelitian berikutnya dengan ukuran *paving block* yang berbeda.
4. Mengingat bahwa tidak ada penyesuaian jumlah penggunaan air terhadap masing-masing komposisi material karena tidak tersedia data terkait penyerapan air untuk Pasir Silika dan Cangkang Kemiri, sehingga jumlah volume air sama pada pencampuran untuk semua variasi komposisi campuran. Air yang tidak bereaksi dengan semen pada campuran merupakan air workability (pengencer) yang akan menguap dan meninggalkan rongga sehingga mengurangi nilai kuat tekan (diduga penyerapan air cangkang kemiri lebih kecil dibanding material lainnya).
5. Disarankan adanya penelitian kembali tentang cangkang kemiri dan pasir silika kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Aka Asyhar Setiawan, A. W. (2018). Pengaruh Pasir Kuarsa Sebagai Material Pengganti Semen Pada. *Rekayasa Teknik Sipil* , 160-166.

Andy Eka Saputra (2019). Peningkatan Uji Kuat Tekan Paving Block Dengan Bahan Limbah. Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung Jl. Soekarno Hatta, Rajabasa, Bandar Lampung

Anonim, (1999), Petunjuk Pengujian Beton, Pusat Penelitian MBT, Bandung.

Dian Amri & Irwan (2019). Pengaruh Penambahan Pecahan Kulit Kemiri Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Beton Terhadap Massa Dan Kuat Tekan Beton. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area Alamat:Jalan Kolam No. 1, Medan Estate, Medan

Etri Suhelmidawati, Z. M. (2022). Peningkatan Mutu Paving Block Usaha Empat Putra, CupakTangah Pauh Padang dengan Menggunakan Pasir Silika . *Jurnal ABDIMAS: Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat* , 01-11.

Fikram, Miasbahuddin (2022). Substitusi Agregat Paving Block Dengan Tambahan Serat Benrat. Jurnal Karajata Engineering Vol. 2 No. 2, Desember 2022, eISSN: 2775-5266, 50-53.

Frederick Raymond,Tito Sucipto,Irawati Azhar (2015). Pengaruh Perlakuan Pengarangan dan Penambahan Partikel Kemiri Terhadap Kualitas Paving Block. Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Jl. Tridharma Ujung No. 1 Kampus USU Medan.

Frederick Raymond, T. S. (n.d.). Pengaruh Perlakuan Pengarangan dan Penambahan Partikel Kemiri . *paving blocks, kemiri shell, carbonization, particle composition, quality.* , 1-7.

Ir. Nadia, MT, Anwar Fauzi, ST., (2018). *Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan* , Jurnal Konstruksia 3 (1):36.

Moh. Abdul Basit Minanulloh,Yosef Cahyo S.P (2020). Pengaruh penambahan abu cangkang kemiri terhadap kuat tekan beton k – 300. Fakultas Teknik, Universitas Kadiri.

Mulyono, T., (2005), *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Mulyati, A. A. (2019). Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive terhadap. *Jurnal Teknik Sipil ITP* , 38-35.

Nurzal, A. (2015). Pengaruh Variasi Lama Pengeringan Paving Blok. *Jurnal Teknik Mesin*, 127-132.

Nugroho, I. D. (2020). pemanfaatan abu batu dalam pembuatan paving block dengan metode tekanan.

Safrin Zuraidah, K. B. (2022). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi. *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 93-98.

Saufik Luthfianto,Nisrina Nurkhanifah,I'anatul Maula (2020). Inovasi Limbah Plastik dan Kulit Kopi Menjadi Paving Block di Desa Penakir Pemalang. Program Studi Teknik industri Universitas Pancasakti Tegal.

SNI 03-0691-1996, Standar bata beton (*paving block*), Dewan Standarisasi Nasional (DSN),

Sukirman, Silvia. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Grafika Yuana Marga

Tjokrodimulyo, K. (1992). Teknologi Beton. Gramedia : Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, K. (1996). Teknologi Beton. Nafiri: Yogyakarta.

Umurrudin, A. (2018). Pasir Kuarsa Tuban Sebagai Bahan Substitusi Semen Dan Batu Pecah Substitusi Pasir Untuk Campuran Paving. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi* .Vol 6 No.1,, 47-52.