

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resapan air merupakan wilayah yang menjadi tempat air hujan dapat masuk ke dalam lapisan rongga – rongga tanah dan terkunci di dalamnya, sehingga air tersebut tidak langsung mengalir ke daerah aliran sungai atau ke laut. Biasanya wilayah resapan air ini memiliki ekosistem tumbuhan yang baik sehingga air yang terdapat dalam wilayah tersebut dapat terkunci dengan baik. Resapan air akan dapat mencegah terjadinya banjir dan juga dapat menyimpan air dan menguncinya untuk bisa digunakan di kemudian waktu. Namun kenyataannya sekarang ini menunjukkan bahwa wilayah dengan adanya resapan air ini sudah mulai berkurang, terlebih di daerah perkotaan yang akan sangat sulit untuk menemukan wilayah resapan air. Dengan begitu, permasalahan utama adalah tingginya intensitas penggunaan lahan di wilayah sempadan sungai yang merubah fungsi utama dari wilayah sempadan sebagai wilayah resapan air (Farid, 2018).

Kabupaten Lamongan yang merupakan salah satu daerah yang berada di Jawa Timur dan di daerah tersebut terdapat banyak sekali pembangunan yang otomatis wilayah resapan pada daerah tersebut akan berkurang. Di Lamongan sendiri banyak perumahan atau bangunan pada jalan yang menggunakan perkerasan jalan rigid beton. Padahal jika memakai paving sebagai lantai jalan banyak sekali keuntungan yang didapatkan seperti berkurangnya resapan air dan dapat terjadinya genangan air atau banjir. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasinya, salah satunya pembuatan paving block yang digunakan untuk trotoar, area parkir, halaman rumah, dan juga untuk perkerasan jalan.

Salah satu bahan *additive* yang sangat baik digunakan adalah semen atau *paving block* (kezdi, 1979). Semen sebagai bahan *additive* untuk stabilisasi tanah, pertama kali digunakan pada tahun 1953 di Johnsonville (*South Carolina, USA*), dan sampai saat ini telah banyak digunakan pada konstruksi jalan raya. Oleh karena itu, semen memiliki sifat alami yang sulit menyerap air. Untuk itu, dalam membuat *paving*, diperlukan penambahan bahan pengganti semen.

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen atau bahan Portland atau bahan perekat hidraulis lainnya, air dan agregat dengan bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut (03-0691-1996, 1996). Proses pembuatan *paving block* yang banyak dilakukan di Indonesia adalah *home industri*, baik dengan sistem penekanan yang konvensional maupun memakai mesin tekan hidrolis. Pembuatan *paving block* cara konvensional dilakukan dengan menggunakan alat pukul dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap orang yang mengerjakan sehingga terdapat kekurangan jika menggunakan *paving block* konvensional seperti kuat tekanannya rendah dan tidak stabil, sekali cetak hanya menghasilkan satu buah *paving*, dan tidak dapat diproduksi secara massal.

Dalam hal ini biasanya pembuatan paving block menggunakan Semen, Air dan Pasir untuk campuran paving normal. Penulis mempunyai ide atau gagasan dengan mencampurkan bahan tambah Abu Bonggol Jagung. Dikarenakan kandungan yang terdapat pada Abu Bonggol Jagung mengandung serat jagung sekitar 30-45%, lignin sekitar 15-25%, selulosa sekitar 20-30%, hemicellulose sekitar 15-25%, dan silika sekitar 0,5-2,5% dari berat bonggol jagung.

Menurut (Rahmat, 2019). Tongkol jagung adalah limbah alam yang dapat dijadikan komposit alami sebagai pemanfaatannya. Pada umumnya tongkol jagung mengandung bahan selulosa murni yang dapat menjadi bahan pengisi alternatif karena sifat seratnya yang kuat (modulus tinggi). Antara rantai-rantai selulosa terdapat ikatan hidrogen yang kuat, sehingga menghasilkan struktur kristalin.

Dengan adanya penyerapan air pada sela-sela *paving block* maka akan membantu mengurangi jumlah air yang berada di jalan karena selain air dapat mengalir ke saluran drainase jalan, air juga dapat menyerap ke *paving block* digun akan meneruskan ke dalam tanah. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi bahan *paving block* dengan bonggol jagung dapat menghasilkan pori-pori yang baik untuk menyerap dan meneruskan air ke tanah. Pada penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block K200* adalah semen, pasir, air, dan abu bonggol jagung sebagai bahan tambah pengikat semen. Bahan organik pembuat pori, yang akan terdegradasi ditambahkan

dalam campuran semen dan pasir dengan variasi persentase 0%, 2%, 5%, dan 8%.

Dengan adanya ruang pori yang cukup, *paving block K200* ini dapat mencapai performa yang sangat baik dalam meneruskan air ke dalam tanah. *Pavingblock K200* ini memiliki keunggulan dalam penyerapan dan peresapan air yang baik, serta ketahanan terhadap retakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *paving block* konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat di ambil dari uraian latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik *pavingblock* berbahan dasar pasir dan semen dengan campuran Bonggol Jagung, di bandingkan *pavingblock* yang hanya berbahan dasar semen dan pasir?
2. Berapa nilai uji kuat tekan *pavingblock* dengan tambahan Bonggol Jagung.
3. Berapa nilai uji penyerapan air *pavingblock* dengan tambahan Bonggol Jagung.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah agar peneliti terarah dan sesuai tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Membuat campuran *pavingblock* dengan bahan tambah Bonggol Jagung.
2. Hanya membahas uji kuat tekan dan daya resap *pavingblock*.
3. Hanya melakukan pengujian paving dengan menambahkan abu Bonggol Jagung sebagai pengganti agregat halus / semen sebesar 0% ,2%, 5% dan 8%.
4. Klasifikasi *pavingblock* menurut SK SNI T-04-1990-F
5. Tidak membahas uji kuat tarik.
6. Pembuatan *paving block* dilakukan di Gudang Paving Fajar Mulia Jaya.

7. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas maka dapat disusun tujuan penelitian ini, adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan abu bonggol jagung pada *paving block*.
2. Untuk mengetahui nilai uji kuat tekan *paving block* K200 dengan tambahan abu bonggol jagung sebagai pengganti semen sebesar 0%, 2%, 5% dan 8%.
3. Memanfaatkan limbah bonggol jagung untuk pembuatan *paving block*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi nilai kuat tekan *pavingblock* dengan tambahan Bonggol jagung.
2. Memberikan refrensi untuk bahan tambah untuk campuran *pavingblock*.
3. Memberikan refrensi untuk peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

1. Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block Porous

(Pratama, 2023) Universitas Lampung. Pada penelitian ini Rancangan percobaan terdiri dari 4 perlakuan yaitu C1, C2, C3, dan C4. Hasil uji densitas didapat nilai dengan rata-rata $1,327 \text{ g/cm}^3 - 1,628 \text{ g/cm}^3$. Untuk uji infiltrasi didapat nilai sebesar 0,274 mm/s. Sedangkan untuk uji tampak diperoleh dengan bentuk tekstur *paving* yang sesuai di dapat pada faktor C4 dikarenakan tekstur yang dihasilkan bagus dan tidak ada celah atau cacat pada saat *paving* telah di cetak.

Nilai tertinggi dari uji penyerapan air terjadi pada perlakuan C4 dengan nilai sebesar 23,91%. Uji kuat tekan menunjukkan bahwa nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan C1 sebesar 6,47 MPa Pengaruh limbah bonggol jagung terhadap *paving block porous* pada penelitian ini adalah semakin banyak menggunakan serat limbah bonggol jagung maka rongga pori-pori pada *paving block porous* akan semakin banyak, begitu pula sebaliknya jika menggunakan serat limbah bonggol jagung yang lebih sedikit maka rongga pori- pori yang dihasilkan pada *paving block porous* akan semakin sedikit.

2. Tinjauan Kuat Tekan Dan Lentur Dari Campuran Beton Yang Menggunakan Abu Bonggol Jagung Sebagai Pengganti Agregat halus

(Nasution, 2021) Politeknik Negeri Medan. Pengujian kuat tekan beton dengan penambahan abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton menghasilkan peningkatan kekuatan pada variasi 2% dan persen paling optimum 4% dengan nilai masing-masing sebesar 31,23 MPa serta 33,16 MPa. Nilai kuat tekan beton normal yang didapat juga memenuhi $f'c$ rencana yaitu sebesar 28,80 MPa. Pada variasi 8 % dan 10 % kekuatan beton mengalami penurunan kekuatan.

Pada pengujian kuat lentur beton memberikan pengaruh yaitu dengan semakin bertambahnya variasi abu bonggol jagung yang digunakan maka kekuatan lentur semakin menurun, yaitu pada variasi 4%, 8% dan 10%. Variasi yang menghasilkan peningkatan kekuatan hanya pada variasi 2% dengan nilai 3,80 MPa , dengan nilai peningkatan kekuatan dari beton normal sebesar 3,64%.

Penggunaan abu bonggol jagung sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran beton membuat peningkatan kekuatan pada kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal yang ada, sehingga limbah abu bonggol jagung dapat digunakan pada campuran perkerasan kaku (rigid pavement), karena berdasarkan ketentuan dan hasil kuat tekan beton menunjukkan kekuatan rata-rata diantara $f'c$ 24 MPa-33 MPa (Beton mutu sedang). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari hubungan model analisa regresi polynomial sederhana terhadap kuat lentur dan kuat tekan menunjukkan nilai R^2 mendekati 1, hal ini berarti bahwa adanya suatu keterkaitan yang kuat antara kedua variabel yang dianalisis yaitu kuat lentur dan kuat tekan dan juga penambahan abu bonggol jagung.

3. Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada *Paving Block*

(Lis Ayu, 2020) Universitas Malikussaleh. Dalam penelitian ini limbah serbuk kayu merbau diolah dengan dibakar menggunakan furnace suhu 800°C. Abu yang dihasilkan diayak dengan menggunakan saringan no 200.

Benda uji dicetak menggunakan mesin press vibrasi dengan variasi penambahan 10%, 15%, 20%, dan 25% dan direndam selama 28 hari. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan per variasinya adalah 11,979 Mpa, 13,281 Mpa, 14,792 Mpa dan 13,594 Mpa. Dengan daya serap air 4,345%, 3,529%, 2,555% dan 3,063%. Paving block dengan penambahan abu serbuk kayu mengalami penurunan kuat tekan dari paving block normal yaitu 17,760 Mpa. Paving block tersebut termasuk kategori mutu C, bisa digunakan untuk pejalan kaki. Sehingga perlu dilakukannya penelitian lanjutan untuk variasi

penambahan dan jenis kayu lainnya untuk mendapatkan paving block dengan mutu yang lebih baik.

4. Desain Campuran Paving Block Dengan Limbah Abu Bonggol Jagung Dan Limbah Abu Batu

(Mahendra Kurnia, 2022) Universitas Negeri Surabaya. Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan variasi proporsi abu bonggol jagung sebesar 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10% terhadap berat semen dan abu batu sebesar 0%; 15%; 20%; 25%; 30% terhadap berat pasir mengakibatkan penurunan mutu kuat tekan dan penyerapan air. Namun untuk ketahanan aus mengalami kenaikan pada hasil pengujian lebih baik.

5. Study Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Semen Untuk Beton Normal

(Prisilia, 2021) Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Hubungan antara tegangan dan regangan pada variasi 0% terjadi tegangan maksimum sebesar 33,104 MPa dengan nilai regangan 0,00187 dan terdapat pada sampel 1, pada variasi 5% terjadi tegangan maksimum sebesar 31,124 MPa dengan nilai regangan 0,00167 dan terdapat pada sampel 1, pada variasi 10% terjadi tegangan maksimum sebesar 20,938 MPa dengan nilai regangan 0,00123 dan terdapat pada sampel 3, dan pada variasi 15% terjadi tegangan maksimum sebesar 14,430 MPa dengan nilai regangan 0,00103 dan terdapat pada sampel.

Komposisi campuran beton menggunakan abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi semen diperoleh nilai perbandingan semen, pasir, dan kerikil sebesar 1 : 1,387 : 2,373 dengan berat abu bonggol jagung sesuai presentase variasinya. Penggunaan abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi semen diketahui bahwa abu bonggol jagung tidak dapat meningkatkan nilai karakteristik beton pada variasi 5%, 10% dan 15%. Pada penggunaan abu bonggol jagung, nilai optimal dapat diperoleh hanya pada variasi dibawah 5%.

6. Penggunaan Limbah Ampas tebu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pori Pada Paving Block Porous

(Febriani, 2022) Universitas Lampung. Pengaruh limbah ampas tebu terhadap paving block porous standar mutu D. Komposisi ampas tebu : pasir dan semen yang sesuai dengan standar tersebut adalah perlakuan 1 yaitu 2,5% : 97,5%. Serat limbah ampas tebu tersebut menghasilkan rongga pori-pori pada paving block. Semakin banyak menggunakan serat limbah ampas tebu maka rongga pori-pori tersebut akan semakin banyak, begitu sebaliknya jika menggunakan serat limbah ampas tebu sedikit maka rongga pori-pori yang dihasilkan akan semakin sedikit.

Rongga pori-pori ini akan sangat berpengaruh terhadap kualitas paving tersebut. 2. Setelah dilakukan pengujian pada paving block porous, yang memenuhi standar mutu D SNI 03-0691-1996 yaitu perlakuan P1, hal ini dilihat dari hasil pengujianya pada P1 memperoleh nilai resap air yang paling mendekati sebesar 12,99% dan pengujian kuat tekan sebesar 18,18 MPa. Semakin banyak porositas yang terdapat pada paving maka semakin rendah kekuatannya, begitu pula sebaliknya semakin sedikit porositas yang terdapat pada paving maka semakin tinggi kekuatannya.

7. Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200

(Hepiyanto, 2019) Universitas Islam lamongan. Dari hasil penelitian yang di lakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (UNISLA) sebagai berikut : Kuat tekan kedua desain campuran mengalami peningkatan nilai kuat tekanya melebihi beton normal standar yang telah ditetapkan yaitu 16,9 Mpa. Seiring dengan kenaikan persentase substitusi abu bonggol jagung pada beton akan meningkatkan kuat tekan pada beton.

Nilai beton 28 hari beton normal (19,96 Mpa) 203,24 (kg/cm²) sedangkan dengan substitusi abu bonggol jagung 4% (33,04 Mpa) 336,80 (kg/cm²), 8% (30,79 Mpa) 313,57 (kg/cm²), 12% (28,20 Mpa) 287,44 (kg/cm²). Maka dapat di simpulkan seluruh varian melebihi target yang di

inginkan nilai optimum dari substitusi abu bonggol jagung terdapat pada varian 4% yaitu 33,04 Mpa, 336,80 (kg/cm²).

8. Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi

(Sumajouw, 2014) Universitas Sam Ratulangi Manado. Berdasarkan hasil penelitian dihasilkan grafik hubungan antara variasi umur beton terhadap nilai kuat tekan beton. Trend menunjukkan bahwa semakin lama umur beton mutu tinggi terjadi peningkatan kuat tekan beton, dimana kuat tekan maksimum terjadi pada umur beton 28 hari.

Kuat tekan beton mutu tinggi umur 28 hari sebesar 62.64 MPa. Kuat tekan pada umur 3 hari mencapai 58%, 7 hari mencapai 78%, umur 14 hari mencapai 88% dan umur 21 hari mencapai 93% dibandingkan dengan kuat tekan pada umur 28 hari.

9. Pemanfaatan Abu Terbang Limbah Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Dan Tingkat Porositas Paving Stone Berpori

(Saputra, 2016) Universitas Negeri Surabaya. Pada penelitian ini akan dibuat paving stone berpori dengan penambahan bahan abu terbang limbah batu bara dengan komposisi 10-50% dari berat semen untuk mengetahui nilai permeabilitas serta nilai kuat tekan. Pembuatan benda uji akan menggunakan cetakan paving dengan ukuran 21x10.5x8 cm, dimana tiap komposisi *paving stone* berpori akan dibuat 12 buah benda uji. Pengujian kuat tekan paving stone berpori dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari, sedangkan untuk pengujian permeabilitas dilakukan pada umur 28 hari.

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan abu terbang limbah batu bara (*fly ash*) akan mempengaruhi nilai dari kuat tekan benda uji, nilai permeabilitas dan nilai porositas. Hasil dari benda uji kuat tekan yang paling baik adalah benda uji paving berpori dengan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) 10% yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata 14.44 MPa, untuk nilai porositas yang paling baik adalah benda uji paving berpori dengan bahan tambah abu terbang (*fly ash*) 40% & 50% dengan nilai porositas rata-rata 25.30%. (Amna, K., Wesli, & Hamzani. 2014).

10. Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Coconut Fiber) Terhadap Kuat Tekan , Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Pada Beton

(Ghary Rivaldo Lumban Tobing, 2019) Universitas Negri Surabaya. Beton terdiri dari bahan campuran semen, kerikil, pasir, air dan bahan tambah. Penggunaan bahan tambah berupa serat alam yakni serat sabut kelapa diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanik beton terkhususnya beton normal. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi penambahan serat sabut kelapa yang meningkatkan nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan merancang komposisi campuran beton untuk masing-masing tambahan serat serabut kelapa kemudian membuat sampel beton berbentuk silinder dan balok untuk kemudian dilakukan pengujian terhadap beton Penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana $f'c$ 24,90 N/mm².

Benda uji berupa silinder beton berukuran 15x30 cm dan balok beton berukuran 15x15x60 cm. Proses pengujian kuat tekan , kuat tarik belah, dan kuat lentur dilakukan pada umur beton 7 , 14, 21, dan 28 hari. Serat serabut kelapa sebagai bahan tambahan berupa serat dengan ukuran panjang 25-40 mm dan dengan persentase 2%, 4%, dan 6%. Hasil penelitian menunjukkan penambahan serat serabut kelapa 2% mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tarik belah dan kuat lentur, namun mengalami penurunan kuat tekan. Sehingga, kadar optimum penambahan serat serabut kelapa terhadap kuat lentur dan kuat tarik belah tertinggi terjadi pada penambahan sebesar 2% diperoleh rata-rata kuat tarik belah sebesar 2,38 MPa dan kuat lentur sebesar 5,705 MPa.

11. Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton

(Samsudin, 2017). Proses pembuatan benda uji dimulai dengan membersihkan concrete mixer dari kotoran dengan cara membilas dengan air bersih. Hal ini dilakukan untuk menjaga mutu beton yang akan di buat agar

tidak berkurang. Masukkan agregat kasar (kerikil) ke dalam concrete mixer kemudian agregat halus (pasir). Setelah agregat halus dan agregat kasar tercampur rata masukan semen Portland dan abu sekam padi, tunggu hingga tercampur rata. Masukkan air hingga semua material tersebut tercampur rata kemudian masukan beton ke dalam cetakan silinder.

Berdasarkan hasil dari data pada bab sebelumnya, penggunaan abu sekam padi pada campuran beton dengan variasi penambahan 0%, 8%, 10%, dan 12% dari berat semen berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yaitu 11.218 Mpa, 10.142 Mpa, 9.527 Mpa, dan 8.759 Mpa. Maka penelitian ini berbanding terbalik dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa semakin banyak prosentase abu sekam padi maka semakin kuat pula kuat tekan beton yang di hasilkan.

12. Analisa Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Sifat Fisis Semen Organik Terbuat Dari Bahan Limbah Daur Ulang

(Syarif, 2018) Universitas Muhammadiyah Makasar. Dari hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton silinder yang menggunakan konsentrat semen organik telah diperoleh indikasi kemampuan menahan beban tekan dan tarik serta memiliki sifat fisis yang menyerupai kemampuan daya dukung pada beton semen portland meskipun kemampuan daya tahan semen organik masih berada dibawah daya tahan semen portland yang dalam hal ini digunakan sebagai sampel pembandingan.

Adapun hasil pengujian sifat fisis yang dimiliki semen organik berdasarkan kajian empiris adalah mendekati acuan normatif pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan ASTM. Untuk memperoleh pendekatan kelayakan yang lebih maksimal terhadap semen organik sebagai semen alternatif maka dipandang perlu untuk melakukan kajian eksperimental lanjutan agar kualitas semen organik dapat sesuai yang diharapkan berdasarkan acuan American Standard Testing And Material (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

13. Optimasi Kuat Tekan, Resapan, Dan Keausan Paving Blok Abu Vulkanik Dengan Pendekatan The Fuzzy Logics

(Putra, 2012) Insitut Sepuluh November Surabaya. Hasil analisis varian yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa Faktor A komposisi abu vulkanik, Faktor B faktor air semen (FAS), Faktor C umur perawatan paving dan pada interaksi antar faktor BxC masing-masing memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketiga variabel respon. Sedangkan interaksi AxB dan AxC tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Hasil dari perhitungan mean setiap level pada masing faktor yang signifikan maka didapat kondisi optimal baru yaitu A3B3C3 dengan nilai taksiran SN Ratio Kuat Tekan optimum sebesar 32,621 dB atau nilai taksiran rata-rata Kuat Tekan optimum sebesar 42,588 Mpa, nilai taksiran SN Ratio Resapan optimum sebesar -18,427dB atau nilai taksiran rata-rata Resapan optimum sebesar 8,348%, nilai taksiran SN Ratio Keausan optimum sebesar 32,024 dB atau nilai taksiran rata-rata Keausan optimum sebesar 0,0023 mm/menit.

Hasil perbandingan metode standart dengan hasil metode fuzzy logic dapat diketahui bahwa dari kondisi optimum yang dihasilkan metode fuzzy logic menghasilkan nilai prediksi yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan kondisi optimum metode standart.

Dapat diketahui nilai rata-rata pada respon Kuat Tekan dengan karakteristik kualitas larger is better mengalami kenaikan dimana metode fuzzy logic memiliki nilai 42,588 Mpa > 41,038 Mpa dibandingkan dengan metode standart dengan selang kepercayaan 95% rata-rata kuat tekan metode fuzzy logic terletak antara 40,427 Mpa dan 44,749 Mpa, sedangkan nilai taksiran rata-rata kuat tekan metode standart 41,039 Mpa terletak dalam selang kepercayaan antara 38,878 Mpa dan 43,200 Mpa yang artinya kedua selang kepercayaan tersebut saling berpotongan maka dapat dikatakan bahwa metode fuzzy logic tidak jauh berbeda dengan metode standart dan dapat mengoptimalkan respon kuat tekan.

14. Pengujian Sifat Mekanis Batako Pejal Dengan Serat Kelapa Dengan Variasi 1,5 Cm, 2 Cm Dan 2,5 Cm

(Samsul, 2019) Universitas Negri Pontianak. Bata adalah bahan pengisi yang terbuat dari campuran semen, pasir, dengan atau tanpa tambahan bahan dan air. Banyaknya limbah serabut kelapa yang belum diolah secara maksimal wilayah Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat memunculkan ide untuk memanfaatkannya sebagai bahan dalam campuran batu bata. Dengan pertimbangan tersebut maka akan dihasilkan batu bata yang bersifat addet material batu bata, penelitian ini bertujuan untuk itu. Komposisi campuran yang digunakan dalam hal ini penelitian adalah 1 pc : 6 ps dengan variasi panjang serabut kelapa 1,5 cm, 2 cm dan 2,5 cm bata volume.

Pencampuran dilakukan secara manual dan pencetakan menggunakan cetakan batu bata padat dimensi 10 cm x 20 cm x 40 cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 3, 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan sabut kelapa dengan panjang serabut 2 cm dan a persentase serat 10% dari volume batako, menghasilkan tekan maksimum kekuatan 4,210 MPa dibandingkan dengan variasi lainnya. Nilai meningkat dalam rasio kuat tekan balok beton lebih dari 17,389% bata biasa

15. Pengaruh Penambahan Abu Jerami Padi Terhadap Kuat Tekan Beton

(Aditya Eko Sutrisno, 2017) Universitas Islam Lamongan. Proses penambahan abu jerami pada campuran beton dimulai dengan pembuatan benda uji yang tersusun dari material utama berupa semen Portland, air, agregat kasar dan halus. Bersihkan concrete mixer dari kotoran dengan cara membilas dengan air bersih.

Hal ini dilakukan untuk menjaga mutu beton yang akan dibuat agar tidak berkurang. Masukkan agregat kasar (kerikil) ke dalam concrete mixer kemudian agregat halus (pasir). Setelah agregat halus dan agregat kasar tercampur rata masukkan semen portland dan abu jerami padidengan variasi penambahan 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen, tunggu hingga tercampur rata. Masukkan air hingga semua material tersebut tercampur rata kemudian masukkan beton segar tersebut ke dalam cetakan silinder. Proses

tersebut dilakukan secara bergantian menurut prosentase abu jerami yang telah ditentukan. Setiap prosentase dihasilkan 3 buah benda uji.

Berdasarkan hasil dari data pada bab sebelumnya, penggunaan abu jerami padi pada campuran beton dengan variasi penambahan 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan yang diperoleh pada umur 28 hari yaitu 18.440 Mpa, 15.366 Mpa, 13.948 Mpa, dan 12.530 Mpa.

16. Analisa Pengaruh Penggunaan Limbah Kain Jeans Sebagai Serat Terhadap Kuat Lentur Beton

(Rio Rahma Dhana, 2018) Universitas Islam Lamongan. Dalam penelitian ini mengatakan bahwa Dari hasil pengujian, hasil menunjukkan bahwa rata-rata kekuatan lentur adalah sebagai berikut: campuran beton kain denim 0,1% (I), kekuatan lentur rata-rata 1,91 Mpa, 0,2% (II), kekuatan lentur rata-rata 2,15 Mpa, 0,8% (III), kekuatan lentur rata-rata 1,81 Mpa, 0,9% (IV), kekuatan lentur rata-rata 1,44 Mpa, sedangkan skor kekuatan lentur sesuai dengan standar dalam hal kekuatan tekan adalah 2,36 Mpa. Hasil yang diperoleh tidak memenuhi standar yang ada. Oleh karena itu, dalam tahap pengujian bahan campuran, bahan campuran harus diukur lebih tepat untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

17. Pengaruh Variasi Penambahan Abu Serbuk Gergaji Kayu Pada Pasta Semen Terhadap Uji Bahan Semen

(Samsul Arif, 2019) Universitas Islam Lamongan. Dari hasil penelitian dan pembahasan di simpulkan bahwa uji bahan semen dan campuran adalah 1. Variasi penambahan campuran serbuk kayu berpengaruh terhadap waktu pengikatan awal sedangkan pada waktu pengikatan akhir pasta semen tidak berpengaruh (ada pengaruh tapi sangat kecil) 2.

Penambahan prosentase serbuk kayu selalu menunjukkan adanya penambahan terhadap waktu pengikatan awal maupun akhir pasta semen hal ini terlihat pada hubungan waktu ikat dan prosentase semen.

18. Optimalisasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Menggunakan Campuran Lateks

(Prastowo, 2021) Universitas Kadiri. Pada pengujian kuat tekan didapatkan hasil optimum pada campuran lateks 10% sebesar 9,96 MPa dan campuran lateks 30% sebesar 2,32 MPa. Pada pengujian kuat lentur pada beton campuran lateks tidak mempengaruhi kuat lentur, pada beton normal mempunyai nilai 5,33 Mpa, pada campuran lateks 10% mengurangi penurunan 2,133 Mpa, dan beton campuran lateks 30% mengurangi penurunan 3,6 Mpa.

Penambahan lateks tidak dapat mencapai kuat tekan optimum, karena saat di tambahkan campuran lateks beton mengalami penurunan kuat tekan yang sangat besar. Dari kesimpulan tersebut dapat diketahui bahwa penambahan lateks pada pembuatan beton mengakibatkan penurunan kekuatan baik secara kuat tekan maupun kuat lentur yang besar pada beton. Perlu adanya penelitian kembali untuk mendapatkan hasil kuat tekan dan kuat lentur yang diinginkan dengan prosentase lain yaitu dibawah 10%.

19. Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton K-250

(Amiwarti, 2023) Universitas PGRI Palembang. Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan bahwa abu ampas tebu tidak dapat dijadikan bahan tambah sebagai campuran beton untuk menambah dari kuat tekan beton, Semakin tinggi penambahan dari abu ampas tebu pada komposisi pembentuk beton maka semakin rendah hasil dari kuat tekan beton tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian, untuk bahan tambah abu ampas tebu pada campuran beton mengalami penurunan pada kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal K-250 pada umur beton 28 hari. Hasil kuat tekan beton normal dan campuran dapat dilihat berikut ini: beton normal = 252,37 Kg/cm² , beton campuran abu ampas tebu 3% = 234,91 Kg/cm² ,

beton campuran abu ampas tebu 5% = 157,53 Kg/cm² , beton campuran abu ampas tebu 7% = 156,69 Kg/cm² .

20. Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton

(Irma Aswani Ahmad, 2009) Universitas Negri Makassar. Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan, Kuat tekan beton menurun dengan adanya kenaikan temperatur. Beton yang telah dipanasi pada temperatur 200o C, kuat tekan rata-ratanya sisa 85,83% dari beton normal. Jika dibakar sampai temperatur 400o C, kuat tekan rata-ratanya sisa 58,40%. Kekuatan ini akan terus menurun hingga sisa 35,08% pada temperatur 600o C.

Model regresi yang dihasilkan jika berbentuk regresi linier persamaannya adalah $y = -0,2802x + 248,79$ dengan nilai $R^2 = 0,8539$; sedangkan model regresi berbentuk regresi polinomial derajat 2 persamaannya adalah $y = 10^{-4} x^2 - 0,3402x + 255,65$ dengan nilai $R^2 = 0,8576$.

Tabel 2.1 Persamaan Dan Perbedaan Pada Penelitian Terdahulu

NO.	JUDUL JURNAL	PENULIS	PERSAMAAN & PERBEDAAN
1.	Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block Porous	(Pratama, 2023)	Persamaan: sama menggunakan bonggol jagung Perbedaan: kuat tekan dan daya resap
2.	Tinjauan Kuat Tekan Dan Lentur Dari Campuran Beton Yang Menggunakan Abu	(Nasution, 2021)	Persamaan: menggunakan campuran bonggol

NO.	JUDUL JURNAL	PENULIS	PERSAMAAN & PERBEDAAN
	Bonggol Jagung Sebagai Pengganti Agregat halus		jagung dan kuat tekan Perbedaan: paving block
3.	Pengaruh Penggunaan Abu Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada <i>Paving Block</i>	(Lis Ayu, 2020)	Persamaan: Kuat tekan dan daya resap Perbedaan: Bahan Tambah Campuran
4	Desain Campuran Paving Block Dengan Limbah Abu Bonggol Jagung Dan Limbah Abu Batu	(Mahendra Kurnia, 2022)	Persamaan: Bahan Tambah Campuran Perbedaan: Kuat Tekan dan Daya Resap
5	Study Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Semen Untuk Beton Normal	(Prisilia, 2021)	Persamaan: Bahan Tambah Campuran Perbedaan: Kuat Tekan Dan Resap Paving block
6	Penggunaan Limbah Ampas tebu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Pori Pada Paving Block Porous	(Febriani, 2022)	Persamaan:Paving Block Perbedaan: Bahan Tambah Campuran

NO.	JUDUL JURNAL	PENULIS	PERSAMAAN & PERBEDAAN
7.	Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200	(Hepiyanto, 2019)	Persamaan: Nilai kuat tekan dan Bahan Tambah Perbedaan: Paving Block
8	Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi	(Sumajouw, 2014)	Persamaan: Nilai kuat tekan Perbedaan: bahan tambahan yang digunakan dan Paving block
9	Pemanfaatan Abu Terbang Limbah Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Dan Tingkat <i>Porositas Paving Stone</i> Berpori	(Saputra, 2016)	Persamaan: Nilai Kuat Tekan Perbedaan: bahan tambahan yang digunakan
10	Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (Coconut Fiber) Terhadap Kuat Tekan , Kuat Tarik Belah Dan Kuat Lentur Pada Beton	(Ghary Rivaldo, 2019)	Persamaan: Nilai kuat tekan beton Perbedaan: bahan campuran yang digunakan
11	Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir	(Ginting, 2019)	Persamaan: kuat tekan beton Perbedaan: bahan yang digunakan

NO.	JUDUL JURNAL	PENULIS	PERSAMAAN & PERBEDAAN
	Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Berserat		penelitian Paving Block
12	Analisa Kuat Tekan, Kuat Tarik Dan Sifat Fisis Semen Organik Terbuat Dari Bahan Limbah Daur Ulang	(Syarif)	Persamaan: Nilai kuat tekan Perbedaan: bahan campuran yang digunakan
13	Optimasi Kuat Tekan, Resapan, Dan Keausan Paving Blok Abu Vulkanik Dengan Pendekatan The Fuzzy Logics	(Putra, 2012)	Persamaan: Nilai kuat tekan Paving Block Perbedaan: obyek bahan campuran yang digunakan
14	Pengujian Sifat Mekanis Batako Pejal Dengan Serat Kelapa Dengan Variasi 1,5 Cm, 2 Cm Dan 2,5 Cm	(Samsul, 2019)	Persamaan: nilai kuat tekan Perbedaan: bahan tambah atau bahan campuran yang digunakan
15	Pengaruh Penambahan Abu Jerami Padi Terhadap Kuat Tekan Beton	(Aditya Eko Sutrisno, 2017)	Persamaan: nilai kuat tekan Perbedaan: obyek bahan tambahan yang dipakai

NO.	JUDUL JURNAL	PENULIS	PERSAMAAN & PERBEDAAN
16	Analisa Pengaruh Penggunaan Limbah Kain Jeans Sebagai Serat Terhadap Kuat Lentur Beton	(Rio Rahma Dhana, 2018)	Persamaan: nilai kuat tekan Perbedaan: bahan campuran yang digunakan
17	Pengaruh Variasi Penambahan Abu Serbuk Gergaji Kayu Pada Pasta Semen Terhadap Uji Bahan Semen	(Samsul Arif, 2019)	Persamaan: nilai kuat tekan yang digunakan Perbedaan: bahan tambahan yang digunakan berbeda
18	Optimalisasi Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Menggunakan Campuran Lateks	(Prastowo, 2021)	Persamaan: pengaruh nilai kuat tekan Perbedaan: bahan tambahan yang digunakan
19	Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Beton K-250	(Amiwarti, 2023)	Persamaan: nilai kuat tekan Perbedaan: bahan campuran yang digunakan
20	Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton	(Irma Aswani Ahmad, 2009)	Persamaan: nilai kuat tekan beton Perbedaan: bahan tambahan yang dipakai

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Paving Block

Beton digunakan sebagai struktur dalam teknik sipil dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Konstruksi bangunan menggunakan struktur beton untuk pondasi, kolom, balok dan pelat. Struktur beton juga digunakan untuk bendung, bendungan, struktur hidrolis seperti drainase perkotaan, dan struktur jalan untuk konstruksi perkerasan keras. Beton digunakan di hampir semua bidang struktural dan teknik sipil. Beton adalah campuran agregat, semen, dan air yang bersifat plastis dan mudah dikerjakan. Sifat-sifat ini memungkinkan beton mudah dibentuk sesuai keinginan pengguna. Reaksi kimia terjadi segera setelah campuran dicampur. Ini umumnya hidrasi, menghasilkan pengerasan dan peningkatan kekuatan (Sugeng Dwi Hartantyo, 2017).

Paving block adalah bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air, sehingga karakteristiknya hampir mendekati dengan karakteristik mortar. Mortar adalah bahan bangunan yang dibuat dari pencampuran antara pasir dan agregat halus lainnya dengan bahan pengikat dan air yang didalam keadaan keras mempunyai sifat-sifat seperti batuan (Artiyani, 2010).

Paving block adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut (SNI, 1996) .

Paving block memiliki nilai estetika yang bagus, karena selain memiliki bentuk segiempat ataupun segibanyak dapat pula berwarna seperti aslinya ataupun diberikan zat pewarna dalam komposisi pembuatan. Paving block adalah solusi terbaik untuk lahan resapan saat hujan dan banjir. Pemasangannya tidak susah dan perawatannya pun mudah. Pemasangan dengan motif yang baik akan menambah keindahan bangunan sekitarnya.

Penggunaan paving block sangat mendukung program *go green* yang telah dikampanyekan secara global karena daya serap air pada pemasangan

paving block berongga dapat memaksimalkan daya serap air tanah (Adibroto, 2014).

2.2.2 Syarat Mutu Paving Block

Menurut (SNI, 1996), syarat mutu bata beton (*Paving block*) sebagai berikut:

a. Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

b. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal 60 mm dengan toleransi + 8%.

c. Sifat Fisika

Bata beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisika seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Persyaratan Mutu Paving Block

Mutu	Kuat Tekan (Mpa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks %
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber : SNI-03-0691-1996

d. Ketahanan terhadap natrium sulfat

Bata beton apabila diuji tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%.

2.2.3 Klasifikasi Paving Block

Dari peraturan (SNI, 1996), klasifikasi Paving block adalah tercantum sebagai berikut :

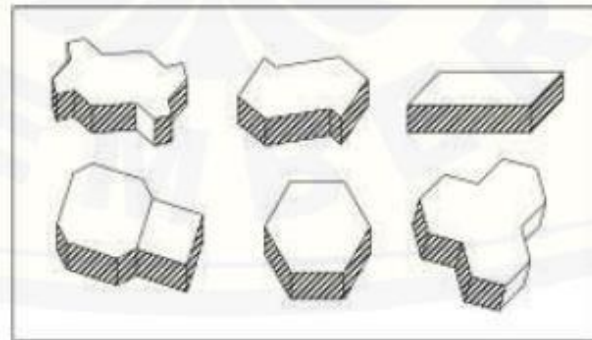
- a. Bata beton (*paving block*) mutu A dengan kuat tekan rata-rata 40 Mpa, ketahanan aus rata-rata 0,090 mm/menit dan penyerapan air rata-ratamaksimum 3 % digunakan untuk jalan.
- b. Bata beton (*paving block*) mutu B dengan kuat tekan rata-rata 20 Mpa, ketahanan aus rata-rata 0,130 mm/menit dan penyerapan air rata-ratamaksimum 6 % digunakan untuk peralatan parkir.
- c. Bata beton (*paving block*) mutu C dengan kuat tekan rata-rata 15 Mpa, ketahanan aus rata-rata 0,160 mm/menit dan penyerapan air rata-ratamaksimum 8 % digunakan untuk pejalan kaki.
- d. Bata beton (*paving block*) mutu D dengan kuat tekan rata-rata 10 Mpa, ketahanan aus rata-rata 0,219 mm/menit dan penyerapan air rata-ratamaksimum 10 % digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Sedangkan berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, klasifikasi paving block didasarkan atas bentuk tebal kekuatan dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain :

Bentuk paving block secara garis besar terbagi atas 2 macam yaitu :

- a. Paving block bentuk segi empat
- b. Paving block bentuk segi banyak

Seperti yang terdapat pada **Gambar 2.1** di bawah ini :



Gambar 2.1 Macam - Macam Bentuk Paving Block

Sumber : SK SNI T-041990-F

Klasifikasi berdasarkan ketebalan :

Paving Block yang di produksi secara umum mempunyai ketebalan 60 mm, 80 mm, dan 100 mm. Dalam penggunaannya dari masing - masing ketebalan *paving block* dapat disesuaikan dengan kebutuhan sebagai berikut :

- a. Paving block dengan ketebalan 60 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas ringan yang frekuensinya terbatas pada pejalan kaki dan kadang-kadang sedang.
- b. Paving block dengan ketebalan 80 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas sedang yang frekuensinya terbatas pada pick up, truck, dan bus.
- c. Paving block dengan ketebalan 100 mm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas berat seperti ;*crane, loader*, dan alat berat lainnya. *Paving block* dengan ketebalan 100 mm ini sering dipergunakan di kawasan industri dan pelabuhan.

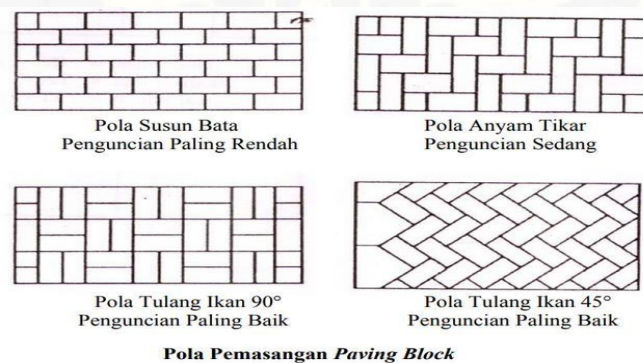
Kombinasi antara pola pemasangan, mutu dan tebal *paving block* sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola yang umum digunakan adalah susunan bata (*stracher*), anyaman tikar (*basket weave*), dan tulang ikan (*herring bone*). Kombinasi tersebut harus esuai dengan peraturan yang telah ditetapkan berdasarkan SK SNI T-041990-F dapat dilihat pada **Tabel 2.3** dibawah ini :

Tabel 2.3 Kombinasi Pola Pemasangan , Mutu dan Tebal *Paving Block*

No	Penggunaan	Kombinasi		
		Kelas	Tebal (mm)	Pola
1	Trotoar dan Pertamanan	II	60	SB, AT, TI
2	Tempat parkir dan Garasi	II	60	SB, AT, TI
3	Jalan lingkungan	I/II	60/80	TI
4	Terminal bus	I	80	TI
5	<i>Cointainer yard, Taxy way</i>	I	100	TI

Sumber : SK SNI T-04-1990-F

Keterangan Pola : SB = Susunan Bata, AT = Anyaman Tikar, TI = Tulang Ikan

**Gambar 2.2** Pola Pemasangan *Paving Block*

Sumber : Maulana, 2018

2.3 Material Penyusun *Paving Block*

2.3.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*hardened concrete*).

Semen berdasarkan Standar Nasional Indonesia nomor 15-2049-2004 adalah bubuk halus yang memiliki sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Arti dari bahan pengikat adalah suatu reaksi semen mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengi Bahan tambah

adalah zat yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama atau selama proses pencampuran. Fungsi bahan ini adalah untuk memodifikasi sifat-sifat beton agar lebih cocok untuk tugas-tugas tertentu atau untuk menghemat biaya (Andika, R., & Safarizki, H. A. 2019).

Bahan Tambahan, sebagaimana didefinisikan dalam Definisi Standar Istilah untuk Beton dan Agregat Beton (ASTM C.125-1995:61) dan Persyaratan Semen dan Beton (ACI SP-19), adalah zat selain air, agregat dan tekanan hidrolik . adalah zat dari Semen dicampur ke dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pencampuran. Untuk memudahkan identifikasi dan pemilihan campuran, kategori dan klasifikasi harus diketahui terlebih dahulu :

1. Bentuk 1 mm atau kurang selama pencampuran beton atau mortar mengurangi Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan pekerjaan dan meningkatkan kekuatan awal beton.
2. Chemical Admixture (ASTM C 494) Cairan kimia yang ditambahkan untuk mengontrol (memperlambat atau mempercepat) setting time, mengurangi kebutuhan air, memudahkan pengerjaan beton, dan meningkatkan setting.
3. Bahan tambahan mineral adalah bahan tambahan yang dimaksudkan untuk meningkatkan kinerja beton Manfaatnya meliputi :
 - a. Meningkatkan kemampuan kerja, meningkatkan kekuatan dan daya tahan tekan beton, dan mengurangi porositas dan daya serap beton. Contohnya termasuk pozzolan, fly ash, hose, dan silica fume.
 - b. Bahan Tambahan Lainnya (Other Additives) Bahan tambahan campuran seperti jenis polimer (polypropylene, pulp, serat bambu, sabut kelapa, dll), zat anti korosi, bahan tambahan untuk perekat (binder).

Bahan-bahan ini menambah atau menggantikan sebagian campuran beton untuk berbagai tujuan, termasuk mengurangi penggunaan semen, agregat halus dan kasar. Penggunaannya juga berbeda, seperti mengganti sebagian agregat

atau menambahkannya ke dalam campuran untuk mengurangi penggunaan agregat. si rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Definisi semen portland (portland cement) merupakan bahan perekat hidrolis yang sangat penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat hidrolis yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau grout bila bersenyawa dengan air dapat mengeras dan jika bereaksi dengan agregat halus biasa disebut dengan mortar (Tjokrodinuljo, 2007).

Tabel 2.4 Bahan utama semen Portland

Nama Kimia	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	20 - 25
Oksida Besi (Fe ₂ O ₃)	7 - 12
Alumina (Al ₂ O ₃)	7 - 12

(Sumber : Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022)

2.3.2 Agregat Halus

Agregat umumnya menempati 70% sampai 80% dari volume beton sehingga memiliki pengaruh penting terhadap sifat-sifat beton. Selain penggunaannya sebagai pengisi yang ekonomis, agregat umumnya menghasilkan beton dengan stabilitas dimensi yang lebih baik dan tahan aus. Pada *workability* perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Perbandingan agregat halus yang baik adalah perbandingan yang dapat masuk ke dalam kurva standar seperti yang terdapat pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton.

Proporsi berat agregat halus terhadap berat agregat total diperoleh berdasarkan: butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berat agregat kasar diperoleh dari berat

agregat total dikurangi berat agregat halus. Terlalu tinggi nilai perbandingan volume antara agregat kasar terhadap agregat halus dapat mengakibatkan segregasi dan *workability* yang rendah, campuran kasar dan tidak mudah dalam penyelesaian. Sebaliknya, terlalu banyak agregat halus menyebabkan *workability* tinggi, tetapi campuran yang kelebihan pasir membuat rendah daya tahan beton (Ginting et al., 2003).

Sifat yang paling penting dari suatu agregat halus ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Limun, 1971).

Agregat halus dijadikan alternatif penambahan kekuatan beton membentuk beton yang lebih bermutu. Agregat halus dan dengan ukuran yang bervariasi, maka volume pori beton menjadi kecil. Hal ini disebabkan butiran yang lebih kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan beton memiliki kemampuan yang tinggi. Selain itu, gradasi agregat juga merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan campuran beton, karena akan berpengaruh terhadap sifat-sifat workabilitas adukan tersebut. Susunan untuk butiran (gradasi) yang baik akan dapat menghasilkan kepadatan (*density*) (Purwati, A, S. As'ad, 2014).

Perbandingan berat agregat halus mempengaruhi berat volume beton. Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. (Ginting e, Dkk., 2003)

Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

1. Pasir halus: \emptyset 0 -1 mm
2. Pasir kasar: \emptyset 1-5 mm

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semendalam beton. Fungsi agregat dalam *design* campuran beton adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka beton yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat. Maksud

penggunaan agregat halus didalam adukan beton adalah :

1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan beton.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

Dari bentuk fisiknya, agregat halus mempunyai butiran yang tajam, keras dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan sumber agregat halus dapat ditemukan pada sungai, galian dan laut. Hasil penghancuran batu pecah jugadisebut sebagai agregat halus. Namun untuk beton, agregat dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi SNI 03-2834-2000, yaitu :

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

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam **Tabel 2.5**.

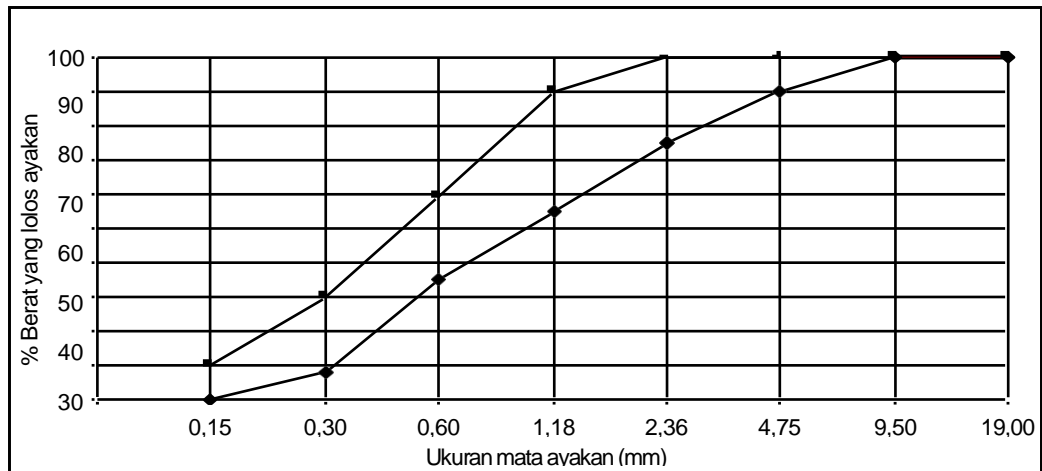
Tabel 2.5 Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000).

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : *Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022*)

Keterangan: - Daerah gradasi I = Pasir kasar

- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



Gambar 2.3 Daerah Gradasi Pasir Sedang (SNI 03-2834, 2000)

(Sumber : Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022)

2.3.3 Agregat Kasar

Dalam kuat tarik Agregat kasar berfungsi sebagai pengisi volume rongga yang berkurang. Agregat kasar sangat penting dalam pencampuran beton karena akan menghasilkan beton yang padat sehingga membuat beton kuat terhadap pembebanan. Pemilihan batas gradasi kerikil atau koral diameter maksimum 37,5 mm sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (SNI 03-2834, 2000), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. (Armiyanti, L., Pribadi, G., & Rodji, A. P. 2020).

Menurut (SNI 03-2834, 2000) agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

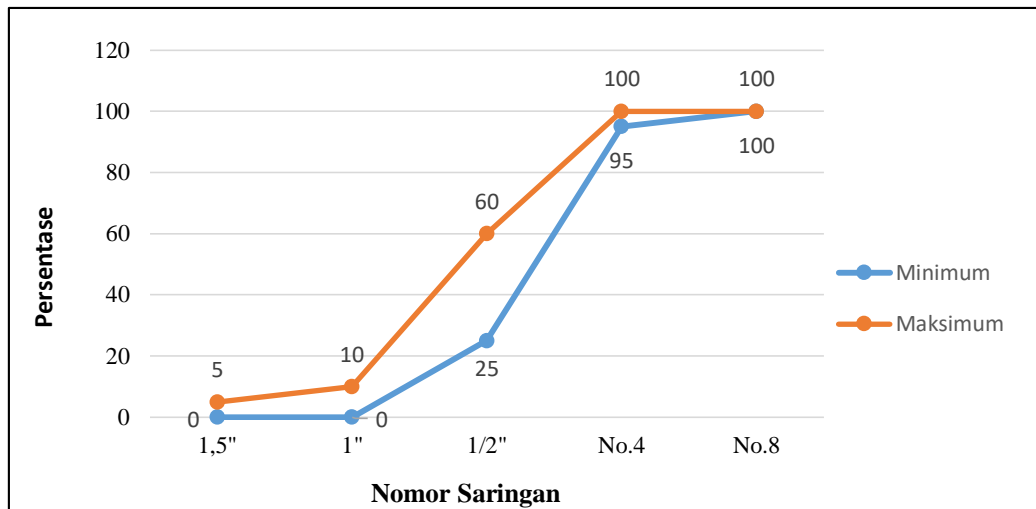
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan. Menurut (SNI 03-2834, 2000) batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm.

Menurut (SNI 03-2834, 2000) batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam **Tabel 2.5** dan dijelaskan melalui **Tabel 2.6** agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.6 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100



(Sumber : Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022)

Gambar 2.4 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000).

(Sumber : Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022)

2.3.4 Air

Air adalah salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton dan paling murah dari semua bahan lainnya. Semen bereaksi dengan air untuk menghasilkan pasta semen yang digunakan untuk mengikat agregat bersama-sama. Air juga berfungsi untuk membasahi agregat agar mudah diproses.

Namun penggunaan air juga sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Penggunaan fasa yang terlalu tinggi meningkatkan kebutuhan air, sehingga pada saat bersama beton lebih banyak mengandung pori-pori dan menurunkan kuat tekannya. Menggunakan tembok pembatas yang terlalu tinggi mengurangi kuat tekan beton, dan menggunakan tembok pembatas yang terlalu rendah meningkatkan kuat tekan beton, tetapi sulit untuk menghemat tenaga kerja. Persyaratan. (Anna Laksanawati H. Dibyantoro. 1996)

2.4 Kelebihan Dan Kekurangan *Paving Block*

Dari segi kekuatannya serta segi dampak terhadap lingkungannya terbukti paving block lebih ramah lingkungan, yakni dengan memanfaatkan celah yang ada dari susunan *conblock* yang telah terpasang tersebut sebagai resapan air dibandingkan pilihan alternatif pengeras jalan lainya seperti pengaspalan jalan atau cor beton (Azwar, 2019:55).

1. Keunggulan *Paving Block* :

- a. *Paving block* mempunyai daya serap air yang baik sehingga dapat mengurangi genangan air dan mencegah bahaya banjir.
- b. Pemasangan *Paving Block* Sangat Mudah, tidak menggunakan spesi pemasangan, pengikat antara masing-masing *paving block* cukup menggunakan pasir sebagai bahan pengisi.
- c. Dapat di produksi secara massal, untuk mendapatkan mutu yang tinggi diperlukan tekanan pada saat pemcetakan.
- d. Tahan terhadap beban vertikal dan horizontal yang disebabkan oleh rem atau kecepatan kendaraan berat
- e. Adanya pori-pori pada *paving block* dapat meminimalisi aliran permukaan dan memperbanyak infiltrasi dalam tanah.
- f. Pada saat pengerjaan tidak menimbulkan kebisingan dan gangguan debu
- g. Mempunyai nilai estetika yang unik terutama jika didesain dengan bentuk warna yang indah.

2. Kekurangan Penggunaan *Paving Block*

- a. Pasangan *paving block* mudah bergelombang bila pondasinya tidak dipasang dengan kuat.
- b. *Paving block* juga kurang cocok dipasang dilahan yang dilalui kendaraan berkecepatan tinggi. Sehingga *paving block* hanya cocok untuk dipasang dilahan yang dilalui kendaraan berkecepatan rendah saja misalnya dilingkungan pemukiman, taman-taman kota, lahan parkir dan perkotaan yang padat.
- c. Dengan mempertimbangkan keunggulan dan juga kekurangan *Paving*

block tersebut, maka dalam penggunaannya harus disesuaikan dengan kebutuhan. Bila ingin menggunakan *Paving block*, maka gunakanlah *paving block* yang kualitasnya bagus. *Paving block* yang bagus dan layak dipasang adalah yang mempunyai bentuk sempurna, tidak retak-retak atau cacat, dan bagian sudut rusuknya tidak mudah di hancurkan dengan kekuatan tangan.

2.5 Bahan Additive Bonggol Jagung

Tanaman jagung (*Zea mays L.*) merupakan tanaman rumput-rumputan dan berbiji tunggal (monokotil). Jagung merupakan tanaman rumput kuat, sedikit berumpun dengan batang kasar dan tingginya berkisar 0,6-3 m. Tanaman jagung termasuk jenis tumbuhan musiman dengan umur \pm 3 bulan (Nuridayanti, 2011).

Tongkol jagung atau bonggol jagung adalah bagian dalam organ betina tempat bulir duduk menempel. Istilah ini juga dipakai untuk menyebut seluruh bagian jagung betina (buah jagung). Bonggol terbungkus oleh kelobot (kulit buah jagung). Secara morfologi, bonggol jagung adalah tangkai utama malai yang termodifikasi, Malai organ jantan pada jagung dapat memunculkan bulir pada kondisi tertentu.

Bonggol jagung muda, disebut juga baby corn, dapat dimakan dan dijadikan sayuran. Bonggol yang tua ringan namun kuat, dan menjadi sumber furfural, sejenis monosakarida dengan lima atom karbon. Bonggol jagung tersusun atas senyawa kompleks lignin, hemicellulose dan selulose. Masing-masing merupakan senyawa-senyawa yang potensial dapat dikonversi menjadi senyawa lain secara biologi (Suprpto, 2002)

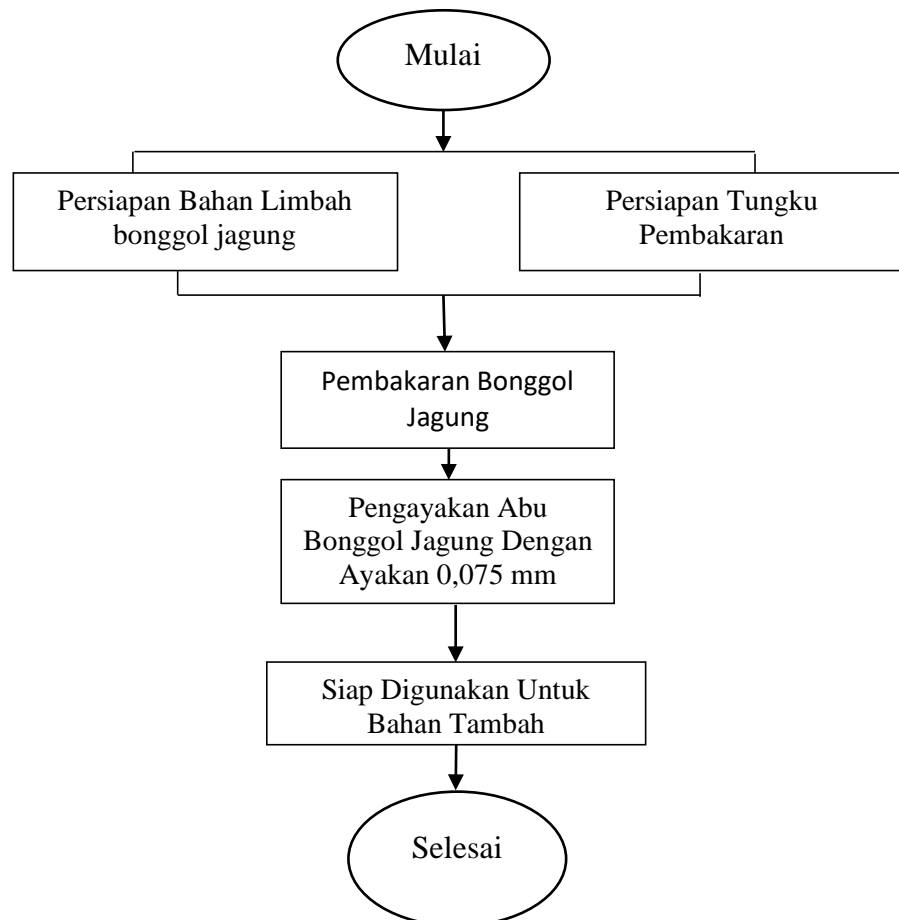
(Raheem dkk 2010). Mengungkap bahwa limbah bonggol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi sebesar 66,38% yang mana kandungan senyawa silika (SiO₂).

Penggunaan bonggol jagung untuk keperluan bahan bakar sekitar 90% sedangkan limbah batang dan daun sekitar 30% dari potensi yang ada. Bonggol jagung memiliki kandungan karbon yang tinggi. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa untuk mengeringkan 6 ton jagung dari kadar air 32.5% sampai 13.7% bb selama 7jam diperlukan sekitar 30 kg bonggol jagung kering per jam (Alkuino, 2000).

Limbah abu bonggol jagung dipilih sebagai material ramah lingkungan sebagai pengganti semen dalam pembuatan paving block sehingga perlu diteliti daya serap dan kuat tekanannya. Pada penelitian ini menggunakan variabel bebas variasi perbandingan semen Portland dan limbah abu bonggol jagung sebesar 0%, 2%, 5%, dan 8% pada campuran semen.

Tabel 2.7 Proses Pembuatan Bahan Tambah



2.6 Pertimbangan Penggunaan Bahan Tambahan Campuran Beton

Penggunaan bahan tambah beton sering menimbulkan masalah-masalah tidak terduga yang tidak menguntungkan, karena kurangnya pengetahuan tentang interaksi antara bahan tambahan dengan beton. Untuk mengurangi dan mencegah hal yang tidak terduga dalam penggunaan bahan tambah tersebut, maka penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus dikonfirmasi dengan standar yang berlaku dan yang terpenting adalah memperhatikan dan mengikuti petunjuk manual jika menggunakan bahan “paten” yang diperdagangkan. Mempergunakan bahan tambahan sesuai dengan spesifikasi ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan ACI (*American Concrete International*).

Parameter yang ditinjau adalah :

- a. Pengaruh pentingnya bahan tambahan pada penampilan beton.
- b. Pengaruh samping (*side effect*)
- c. Sifat-sifat fisik bahan tambahan.

Konsentrasi dari komposisi bahan yang aktif, yaitu ada tidaknya komposisi bahan yang merusak seperti klorida, sulfat, sulfide, fosfat, juga nitrat dan amoniak dalam bahan tambahan, yang diakibatkan oleh bahan tambahan. Banyak bahan tambahan mengubah lebih dari satu sifat beton, sehingga kadang-kadang merugikan.

- a. Bahaya yang terjadi terhadap pemakai bahan tambahan.
- b. Kondisi penyimpanan dan batas umur kelayakan bahan tambahan.
- c. Persiapan dan prosedur pencampuran bahan tambahan pada beton segar.
- d. Jumlah dosis bahan tambahan yang dianjurkan tergantung dari kondisi structural dan akibatnya buruk bila dosis berlebihan.
- e. Efek bahan tambah sangat nyata untuk mengubah karakteristik beton misalnya FAS, tipe dan gardasi agregat tipe dan lama pengadukan.

Mengikuti petunjuk yang berhubungan dengan dosis pada standar operasional prosedur dan melakukan pengujian untuk mengontrol pengaruh

yang didapat. Biasanya pencampuran bahan tambahan dilakukan pada saat pencampuran beton.

2.7 Porositas

Porositas merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton karena besarnya pori-pori pada beton. Rongga-rongga antara bahan-bahan yang terdapat dalam beton, biasanya diisi dengan udara atau air dan saling berhubungan, disebut kapiler beton. Saat air yang digunakan menguap, kapiler beton pada batuan komposit beton masih muncul, sehingga kapiler ini dapat mengurangi densitas beton yang dihasilkan. Nilai tersebut mempengaruhi kualitas kekuatan beton. (Hapiyanto, 2019)

Beton memiliki rongga karena rongga berisi udara yang dibuat selama proses pencetakan. Hal ini dapat terjadi karena proses pencampuran berlangsung dalam air yang terlalu banyak dibandingkan dengan semen dan kompon (Fansuri, 2020). Air ini mengambil ruang dan menciptakan kantong udara saat mengering. Bahan selain air yang digunakan dapat ditambahkan untuk pemanfaatan ruang yang lebih rendah dan rongga berikutnya, tetapi sebagian kecil rongga udara juga dapat terbentuk secara langsung. Hal lain adalah bahwa volume absolut semen dan air berkurang setelah reaksi kimia dan pengeringan. Oleh karena itu, pasta semen kering menempati volume yang lebih kecil daripada pasta basah, terlepas dari rasio air yang digunakan (Sultan, 2019).

Rongga yang ada dalam butiran agregat campuran dibuat oleh udara yang terperangkap di dalam butiran selama pembentukan endapan. Komposisi agregat yang menyumbang sekitar 70-75 % volume beton, sangat mempengaruhi porositas beton karena porositas agregat itu sendiri. Grade agregat atau ukuran partikel juga mempengaruhi porositas beton. Hal ini karena ukuran yang seragam menyebabkan porositas tinggi dan ukuran yang tidak seragam mengurangi porositas beton. Hal ini karena partikel yang lebih kecil dapat menempati ruang/pori-pori antara partikel yang lebih besar sehingga mengurangi porositas beton (Hapiyanto, 2019).

2.8 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang diuji menggunakan alat uji tekan pada umur 28 hari. Pada dasarnya paving block yang baik adalah paving block yang memiliki kuat tekan yang tinggi. Persamaan yang digunakan dalam menghitung kuat tekan adalah sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dengan:

f_c' : Kuat tekan *paving block*

(MP) P : Beban maksimum

A : Luas bidang tekan (mm²)

Pengujian ketahanan aus yang baik pada paving block adalah pada permukaan paving block rata, tidak kasar sehingga tahan terhadap keausan. Ketahanan aus *paving block* dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Dengan : } 126x = \frac{W}{T} + 0,0246$$

W' : Selisih berat sebelum dan setelah diauskan (kg)

T : Waktu pengausan (menit)

2.9 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilakukan pada umur 28 hari. Bahan utama paving block yang sangat berpengaruh pada penyerapan air adalah agregat halus (pasir) karena sifatnya yang mudah menyerap air. Penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

Pengujian penyerapan air :

$$\text{penyerapan air} = \frac{WA - WB}{Wb} \times 100\%$$

Dengan :

WA : Berat basah benda uji (gr)

WB : Berat kering benda uji (gr)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam metode eksperimen ini yaitu strategi penelitian yang hasilnya digunakan untuk membandingkan antara campuran dengan mengurangi atau menyisihkan campuran yang lain. Dalam penelitian ini.

3.1.2 Teknik Pengumpulan Data

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

a. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

1. Analisa saringan agregat.
2. Berat jenis dan penyerapan.
3. Pemeriksaan kadar air agregat.
4. Pemeriksaan berat isi agregat.
5. Pembuatan Job Mix Formula (JMF) antara *paving block* normal dan *paving block* campuran.
6. Pengujian Kuat Tekan Beton K200.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku (*literatur*) tentang suatu teknologi tertentu. Data teknis menurut *SNI-03-2834* (2002), *PBI* (Peraturan Beton Indonesia), *ASTM (American Society for Testing and Materials)* (1985), dan buku atau literatur sebagai penunjang untuk menyempurnakan penelitian yang dilakukan. Dukungan untuk peningkatan penelitian dilakukan dengan berkonsultasi dengan Asisten Line Manager dan Alumni Institut Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan.

Berdasarkan bagan metode Analisis. Seperti disebutkan di atas, proses penelitian dimulai setelah proposal proyek akhir telah dinyatakan ACC oleh program. Setelah itu, setelah menyelesaikan ujian dasar, ia memulai penelitian di Lembaga Penelitian Umum Universitas Islam Lamongan. agregat halus disiapkan sebelum pengujian dasar. Agregat yang digunakan adalah dari Lamongan sendiri, pasir untuk agregat halus. Uji dasar memulai pengeringan pasir hingga kondisi SSD. Pengujian dasar meliputi kadar air halus, berat jenis agregat halus, analisis saringan agregat halus.

Dalam Buku Pedoman Disertasi Universitas Islam Lamongan. Prosedur untuk pengujian dasar kurang lebih ± 1 minggu. Setelah pemeriksaan dasar dilakukan, hasil yang diperoleh disajikan kepada pengawas. Saya ditentukan oleh supervisor saya untuk memulai proses mix design. Sehingga pengawas melakukan pengecekan kandungan campuran beton dan menentukan mutu beton yang dipersyaratkan sebesar 16,60 Mpa. Kemudian dibuat mix design dengan kualitas beton *paving block* yang dibutuhkan.

3.2 Pelaksanaan Penelitian

3.2.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Lokasi pembuatan benda uji *paving block* berada di dilakukan di Gudang Paving Fajar Mulia Jaya. Untuk pemeliharaan, dan pengujian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan dengan waktu 1 bulan yaitu bulan Februari sampai April 2024.

3.2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menambahkan Bonggol Jagung dengan persentase 0%,2%,5%, dan 8% terhadap berat semen. Dimana rancangan proporsi campuran dapat dilihat pada tabel 3.1. Perancangan *paving block* menggunakan metode *Departement of Environment (DOE)*.

Kuat tekan rencana yang digunakan sesuai dengan kuat tekan yang biasa digunakan yaitu sebesar $f'c$ 16,60 MPa. Awal penelitian dimulai dengan melakukan pengujian pendahuluan pada material, pembuatan benda

uji pengecekan nilai slump tahapan perawatan (perendaman) selama 21 (dua puluh satu) hari dan dilaksanakan pengujian kuat tekan.

Tabel 3.1 Rincian Pembuatan Benda Uji

NO	Penambahan Bonggol Jagung	Jumlah Sample
1	0 %	3
2	2%	3
3	5%	3
4	8%	3
Total Jumlah		12

Sumber.(Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019, Buku 1 : Sains dan Teknologi)

3.3 Persiapan Bahan Dan Alat

3.3.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

1. Semen.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Gresik.

2. Agregat Halus.

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari daerah Lumajang.

3. Air.

Air yang digunakan berasal dari PDAM Lamongan.

4. Bahan *aditive* tambahan (Bonggol Jagung)

Bahan diambil dari pembakaran limbah Bonggol Jagung.

3.3.2 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

1. Saringan Agregat.

Saringan agregat yang digunakan antara lain saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100 untuk agregat halus sedangkan saringan 1^{1/2}" , 3/4" , 3/8" dan No.4 untuk agregat kasar

2. Alat pendukung pengujian material
3. Timbangan digital.
4. Alat pengaduk beton (*mixer*).
5. Timba
6. Tampah
7. Sekop
8. Penggaris
9. Palu karet
10. Mesin kompres (*Compression Test*)

3.4 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur, dan mengadakan penjemuran pada material yang basah.

3.4.1 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat dan SNI sebagai panduan pembuatan beton.

3.4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

1. Pemeriksaan kadar air
2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
3. Pemeriksaan berat isi.
4. Pemeriksaan analisa saringan.

3.4.3 Pemeriksaan Kadar Air

Pengujian kadar air ini berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan. Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi factor air semen (FAS) untuk campuran beton yang mempengaruhi kuat

tekannya beton (Pemeriksaan dilakukandi Laboraturium Beton Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Dari hasil pemeriksaan didapat data-data pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Data-Data Hasil Penelitian Kadar Air

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat mula-mula (W1)	500	500	500
Berat kering oven (W2)	489	490	489,5
Berat Air (W3)	11	10	10,5
Kadar Air (%)	2,249	2,041	2,145

Sumber. (Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019, Buku 1 : Sains dan Teknologi)

Berdasarkan **Tabel 3.2** pemeriksaan kadar air agregat halus rata-rata yang dilakukan sebesar 2,145%. Dari 2 data percobaan yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 500 gr, maka didapatkan persentase kadar air pada percobaan pertama sebesar 2,249% sedangkan pada percobaan kedua sebesar 2,041% dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20,0%.

3.4.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI ASTM C 128.s Dari hasil penelitian didapat data-data pada **Tabel 3.3**. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semua.

Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata 2,527 gr/cm³ < 2,571 gr/cm³ < 2,643 gr/cm³ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,730%. Tabel 3.4 : Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Tabel 3.3 Data-Data Hasil Penelitian Penyerapan Agregat Halus.

Pemeriksaan	Contoh 1(gr)	Contoh 2(gr)	Rata-rata(gr)
Berat contoh bahan kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah Dicuci	485	482	483,5
Berat contoh bahan lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	15	18	16,5
Persentase kotoran contoh bahan lolosaringan No.200 setelah dicuci (%)	3	3,6	3,3

(Sumber : Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022)

Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.4.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29. Dari hasil penelitian didapat data-data pada **Tabel 3.4** sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.4. Data-data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
Berat contoh dan wadah (gr)	18780	18670	18670	18745
Berat wadah (gr)	5440	5440	5440	5440
Berat contoh (gr)	13340	13270	13230	13305
Volume wadah (cm ²)	15465,214	15465,214	15465,214	15465,214
Berat isi (gr/cm ³)	1,159	1,165	1,169	1,162

(Sumber : Teknologi Beton, 2003 dalam jurnal T.sipil vol 1.2022)

Berdasarkan **Tabel 3.4** menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar $1,162 \text{ gr/cm}^3$. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.5 Flowcart

Berikut merupakan diagram yang menggambarkan alur proses pada penelitian ini. Dan dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 3.5 Alur Pelaksanaan Penelitian Pembuatan
(Flowcart) *Paving Block* K 200**

