

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian ini dilakukan oleh **Eddy Hamid, Sri Martini, Kiagus Ahmad Roni, Elfidiah Elfidiah**, Tahun 2023, Dengan judul, Pengaruh Abu Arang Sebagai Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan Beton. Dengan semakin berkembangnya dunia konstruksi, perkembangan teknologi beton juga dituntut menghasilkan beton yang mempunyai kualitas tinggi tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Abu arang yang belum maksimal dalam pemanfaatannya dan memiliki kandungan silika sebagai pengikat agregat, diharapkan dapat meminimalisir penggunaan semen dalam campuran beton. Dalam penelitian ini, aditif abu arang dan Sika Viscocrete 1003 dimanfaatkan sebagai campuran alternatif substitusi semen untuk memproduksi beton. Dalam eksperimen, dilakukan penambahan abu arang sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi kadar 0%, 6%, 8% dan 10% serta penambahan sikacim Sika Viscocrete-1003 sebesar 0,6% dari berat semen di setiap variasinya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu arang sebagai pengganti sebagian semen dan Sika Viscocrete-1003 dapat menambah kuat tekan beton dengan nilai slump yang tinggi. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari berturut-turut dari beton normal dan beton variasi abu arang dari 0% sampai dengan 10% serta Sika Viscocrete-1003 0,6% adalah 25,8 MPa; 32,876 MPa; 25,929 MPa; 33,103 MPa; dan 30,385 MPa. Nilai kuat tekan beton umur 28 hari berturut-turut dari beton normal dan beton variasi abu arang dari 0% sampai dengan 10% serta viscocrete1003 0,6% adalah 30,385 Mpa; 41,613 Mpa; 34,954 Mpa; dan 34,871 Mpa.
2. Penelitian ini dilakukan oleh **Agung Prayoga**, Tahun 2021, Dengan Judul Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi Dan Abu Arang Tempurung Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Beton merupakan material paling banyak digunakan diseluruh dunia dan terus dilakukan inovasi untuk menghasilkan pembangunan yang efisien. Abu arang tempurung dan abu sekam padi merupakan hasil sampingan industri yang

berpotensi sebagai pengganti pasir untuk campuran beton, khususnya di Indragiri Hilir. Penelitian dengan judul “Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi dan Abu Arang Tempurung Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” ini bertujuan membuktikan adanya pengaruh campuran abu arang tempurung dan abu sekam untuk mengganti sebagian pasir hingga menghasilkan kuat tekan maksimum. Beton adalah campuran antara semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air. Penelitian ini menggunakan 5 variasi campuran terhadap berat pasir, BSA 0 tanpa campuran pengganti, BSA 1 dengan campuran 5 % abu sekam dan 10% arang tempurung, BSA 2 dengan campuran 5% abu sekam dan 15% abu arang, BSA 3 dengan campuran 5% abu sekam dan 18% arang, BSA 4 dengan campuran 10% sekam dan 10% arang, dan BSA 5 dengan campuran 13% abu sekam dan 10% abu arang. Metode SNI digunakan untuk campuran Job Mix Formula (JMF) pada penelitian ini. Hasil rata-rata kuat tekan beton pada umur 28 hari untuk JMF sebesar 21,05 MPa, BSA 1 sebesar 23,68 MPa, BSA 2 sebesar 22,23 MPa, BSA 3 sebesar 14,39 MPa, BSA 4 sebesar 13,34 MPa, dan BSA 5 Sebesar 20,14 MPa. Ditarik kesimpulan dari hasil penelitian BSA 1 dengan campuran 5% abu sekam dan 15% abu arang menghasilkan rata-rata kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 23,68 MPa.

3. Penelitian ini dilakukan oleh **Taufik Faturrohman Hidayat, Nina Herlina Mohammad, Syarif Al-Huseiny**, Tahun 2021, Dengan judul Pengaruh Penambahan Abu Arang Bambu Sebagai Bahan Tambahan Pada Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Indonesia merupakan negara yang sangat kaya dengan sumber daya alam yang potensial, didukung dengan keadaan geografisnya. Salah satu sumber daya alam yang ada di Indonesia adalah bambu, merupakan komoditas lokal masyarakat sejak dulu. Bambu merupakan tanaman yang mudah ditemui di Indonesia. Secara tradisional bambu telah banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Penggunaan bambu secara luas adalah untuk keperluan industri baik kertas, kayu lapis, kerajinan, kesenian, dan bahan makanan. Dengan banyaknya manfaat dari bambu yang dapat digunakan, begitupun dengan limbah dari sisa penggunaan bambu. Limbah

bisa berupa sisa potongan, daun dan akar, maka perlu dilakukan pemanfaatan dari limbah bambu tersebut. Penelitian ini memanfaatkan limbah bambu dengan cara dibakar kemudian sisa pembakaran yang berupa abu akan digunakan sebagai bahan campuran beton, yang mana kandungan silika yang merupakan pengikat agregat yang baik terdapat dalam abu bambu. Penelitian ini menggunakan abu arang bambu pada beton dengan persentase 2%,4%,8% dari volume total penggunaan agregat halus dan sebagai pembanding digunakan beton normal $F'c$ 20 Mpa dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur umur 7,14 dan 28 hari. Dimana hasil pengujian kuat tekan menyatakan penambahan abu bambu sangat mempengaruhi kuat tekan dimana pada persentase 8% abu bambu mengalami over strength dan paling optimal dalam penelitian ini.

4. Penelitian ini dilakukan oleh **Hani Purwanti, Muhammad Latif, Mudjiastuti Handajani**, Pada Tahun 2021, Dengan Judul Abu arang sebagai campuran beton dapat mengurangi berat. *Beton merupakan bagian konstruksi yang sangat penting, konstruksi yang memiliki kekuatan maksimal dengan berat yang ringan perlu di kembangkan. Tujuan dari kegiatan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan abu arang terhadap berat beton dan kuat tekan beton. Komposisi campuran semen yang akan digantikan dengan abu arang sebesar nol%, lima % dan sepuluh% dengan berat beton dan kuat tekan beton yang diharapkan memiliki mutu $f_c=20Mpa$. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen untuk pengambilan sampel data. Terdapat masing masing 30 (tigapuluh) benda uji di setiap persentase penambahan abu arang. Hasil uji kuat tekan beton dengan rentang usia beton 7 hari, 21 hari dan 28 hari dalam kondisi normal tanpa campuran sebesar 20 Mpa. Kuat tekan beton yang dicampur abu arang sebanyak 5 % sebesar 21 Mpa. Pada beton campuran abu arang 10% sebesar 17 Mpa. Kesimpulan komposisi penambahan agregat abu arang 5% bisa mengurangi berat beton sebesar 3,6% dengan nilai kuat tekan yang memenuhi.*
5. Penelitian ini dilakukan oleh **Kurniasyih, Siti**, Pada Tahun 2020, dengan judul Studi Kuat Tekan Porositas Dan Permeabilitas Dengan Penambahan Abu

Arang Kayu Karet Terhadap Beton Porous. Abstrak Beton merupakan salah satu material konstruksi yang saat ini sangat umum digunakan. Salah satu inovasi yang dilakukan adalah beton berpori atau beton non pasir merupakan bentuk beton ringan sederhana yang dibuat dengan menghilangkan penggunaan agregat halus. Pada penelitian beton porous ini dilakukan dengan menggunakan bahan tambah abu arang kayu karet, umumnya limbah arang kayu hasil sisa pembakaran jarang dimanfaatkan oleh masyarakat sehingga arang kayu karet terurai secara alami dan kembali ke alam tanpa memberikan manfaat. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dan manfaat lain dari arang kayu karet sehingga dapat bermanfaat bagi bangunan dan juga masyarakat. Dalam pembuatan campuran beton porous mengacu pada buku beton non pasir dengan persentase penambahan abu arang kayu karet sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen. Penelitian ini menggunakan 30 sampel dengan umur pengujian beton porous 28 hari dan dimensi silinder 15 cm x 30 cm. Berdasarkan hasil penelitian nilai kuat tekan penambahan abu arang kayu karet pada berat semen 0% adalah 4,14 MPa, persentase 5% adalah 4,23 MPa, persentase 10% adalah 5,10 MPa, persentase sebesar 15% adalah 4,52 MPa, dan persentase 20% adalah 4,43 MPa. Kuat tekan beton berpori dapat memenuhi persyaratan sesuai (NRMCA, 2011) dan (ACI 522R - 10). Porositas pada persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% telah memenuhi persyaratan sesuai (ACI 522R – 10). Dan untuk permeabilitas beton porous dengan persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% telah memenuhi persyaratan berdasarkan (NRMCA, 2011) dan (ACI 522R -10), sedangkan persentase penambahan abu arang kayu karet 20% berat semen memenuhi syarat permeabilitas. Sehingga penggunaan abu arang kayu karet efektif sampai persentase 10% karena mengalami peningkatan kemudian mengalami penurunan hingga persentase 20%. Namun porositas dan permeabilitasnya mengalami penurunan.

6. Penelitian ini dilakukan oleh **Mahindra, Arif Humaidi**, pada tahun 2021, dengan judul Pengaruh Abu Tempurung Kelapa Sebagai Variasi Komposisi

Terhadap Kuat Tekan Beton K250. Seiring berkembangnya kemajuan teknologi maka muncul alternatif alternatif baru sebagai bahan tambah campuran beton. Banyaknya tempurung kelapa yang tidak dimanfaatkan menjadi salah satu alasan dalam penelitian ini dilakukann, Abu Tempurung Kelapa sebagai bahan campuran beton memberikan dampak yang positif jika ditinjau dari segi lingkungan, selain itu tempurung kelapa memiliki kandungan yang lebih baik dari pecahan gelas Tempurung Kelapa. Tujuan Utama Penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa berapa besar pengaruh Abu Tempurung Kelapa terhadap perubahan kuat tekan beton K-250, menggunakan metode penelitian eksperimen, yaitu pembuatan benda uji beton yang menggunakan cetakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. dengan mengaplikasikan limbah tempurung kelapa sebagai bahan campuran dengan perbandingan mix desain 0%, 3%, 5% dan 7% mengacu pada mix desain beton dengan mutu K-250 Kesimpulan Penelitian ini adalah beton dengan penambahan Abu Tempurung Kelapa dengan variasi penambahan 0%, 3%, 5%, 7% dihasilkan kuat tekan umur 28 hari pada setiap variasi campuran sebagai berikut : Beton normal (0%) 273,65 Kg/cm² , Beton dengan penambahan Abu Tempurung Kelapa 3% didapatkan kuat tekan rata-rata 209,48 Kg/cm², Beton dengan penambahan Abu Tempurung Kelapa 5% didapatkan kuat tekan rata-rata 249,12 Kg/cm², Beton dengan pemanbahan Abu Tempurung Kelapa 7% di dapatkan kuat tekan rata-rata 175,51 Kg/cm².

7. Penelitian ini dilakukan oleh **Andi Aqsha Mulia Nugraha, Malik Abdul Aziz, Lambang Basri Said, Asma Massara, Mukhtar Thahir Syarkawi**, pada tahun 2019, Dengan judul Deformasi Permanen Terhadap Penggunaan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler pada Campuran Beton Aspal. Biasanya pada struktur jalan akan terjadi penurunan fungsi struktur bersama dengan bertambahnya usia dan akan terjadi kerusakan dalam jangka waktu relatif cepat, baik jalan yang baru dibangun ataupun yang baru diperbaiki. Banyak faktor yang bisa menjadi penyebab terjadinya kerusakan pada jalan seperti beban yg berlebihan kendaraan yang lewat, persyaratan teknis yang tidak sesuai standar, dan permukaan perkerasan tidak kembali ke posisi semula

(deformasi permanen) setelah pembebanan. Salah satu cara untuk mengantisipasi risiko tersebut adalah dengan menguji Wheel Tracking Machine. Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis perilaku rutting dan geser dari campuran aspal. Seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan yang menyebabkan permukaan jalan cepat rusak dan retak, maka perlu dilakukan modifikasi campuran tersebut dengan menggunakan salah satu bahan tambahan yaitu abu batok kelapa sebagai bahan pengisi dalam pencampuran aspal. Penggunaan kadar aspal yang optimum yaitu 5,9% dan kadar serbuk arang tempurung kelapa (SATK) adalah 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pada hasil pengujian, Wheel Tracking Machine menggunakan SATK cocok untuk mengurangi deformasi dan rutting pada perkerasan lentur dan campuran kandungan bubuk arang memberikan ketahanan dan fleksibilitas yang baik.

8. Penelitian ini dilakukan oleh **Fillia Indah Kumala Dewi, Anik Budiati**, pada tahun 2022, Pengaruh Pengaruh Substitusi Lateks (Getah Karet) Terhadap Kinerja Karakteristik Lapis Aspal Beton (Laston) dengan Kombinasi Filler Abu Arang Tempurung Kelapa. Aspal beton merupakan gabungan gradasi agregat menerus dengan bahan pengikat aspal keras (DPUPR, 2014). Aspal beton merupakan gabungan dari agregat, aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lateks dan abu arang tempurung kelapa dipilih sebagai bahan aditif karena melimpah ketersediaan dan mudah didapat. Penelitian ini menggunakan prosentase lateks sebesar 1%; 2%; dan 3%, serta filler dari arang tempurung kelapa sebesar 1%; 1,5%, dan 2%. Tujuan Penelitian untuk mendapatkan pengaruh substitusi lateks (getah karet) dan filler dari arang tempurung kelapa terhadap kinerja karakteristik aspal beton (laston). Metode pengujian material dan pengujian marshall berpedoman pada Bina Marga 2018. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) diujikan dengan tiga variasi prosentase kadar aspal dan di dapatkan sebesar 5%. Nilai ini selanjutnya digunakan pengujian stabilitas marshall dengan bahan aditif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa substitusi lateks dan filler arang tempurung kelapa dapat menambah nilai stabilitas marshall dan fleksibilitas campuran pada kadar lateks

dan abu arang 3%. Hasil tersebut sesuai dengan karakteristik laston dalam Spesifikasi Bina Marga 2018.

9. Penelitian ini dilakukan oleh **Dodi Riyanto, Hendra Cahyadi, Rida Respati**, pada tahun 2018, dengan judul Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa terhadap Kuat Tekan Beton K225. Beton adalah material komposit terdiri dari bahan dasar semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan dengan perbandingan tertentu akan membentuk beton. Pada penelitian ini menggunakan bahan arang batok kelapa desa kalampangan untuk campuran beton K225 sebagai pengganti agregat halus terhadap persentasi berat, variasi 7,5%, 10% dan 12,5% yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan setelah dilakukan pencampuran arang batok kelapa. Tahapan penelitian dimulai dari persiapan material, pengujian agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), setelah memenuhi spesifikasi dilakukan pembuatan campuran beton normal dan pembuatan beton menggunakan arang batok kelapa, pengujian kuat tekan, analisis data, kemudian kesimpulan dan saran. Prosedur penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu: penelitian awal untuk menentukan kuat tekan beton normal dan penelitian kedua untuk menentukan kuat tekan beton dengan menggunakan campuran arang batok kelapa 7,5%, 10% dan 12,5% terhadap berat agregat halus (pasir). Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton normal rata-rata adalah 314,45 kg/cm², setelah penggunaan arang batok kelapa 7,5% kuat tekan rata-rata sebesar 340,08 kg/cm², kemudian pada penggunaan arang batok kelapa 10% didapat kuat tekan rata-rata 332,78 kg/cm², pada penggunaan arang batok kelapa 12,5% kuat tekan rata-rata 305,08 kg/cm². Berdasarkan hasil penelitian disarankan pemakaian arang batok kelapa tidak melebihi 10% karena jika pemakaian melebihi 10% kuat tekan beton akan mengalami penurunan.
10. Penelitian ini dilakukan oleh **Ade Agum Ihsanu**, pada tahun 2019, dengan judul Penambahan Abu Arang Kayu Pada Beton Normal untuk Konstruksi Jalan Rigid Pavement. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pelaksanaan perencanaan bangunan. Perkembangan dibidang teknologi beton juga semakin maju, hal ini dapat dilihat dari

berbagai penelitian yang dilakukan dengan menggunakan bahan tambah konstruksi beton, bahan tambah pozolan dan abu terbang (fly ash) yang berfungsi sebagai bahan pengganti atau bahan tambah sebagian semen portland. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen terhadap beton normal dengan persentase 0%, 3%, 6%, dan 9%. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa penambahan abu arang kayu sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton normal dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton, jika semakin banyak jumlah abu arang kayu yang digunakan maka akan semakin menurun nilai kuat tekannya, dengan hasil uji kuat tekan yaitu 0% = 23,43 MPa, 3% = 24,44 MPa, 6% = 15,46 MPa, dan 9% = 14,76 MPa, dengan mutu beton rencana yaitu f'_c 23 MPa, dan kuat tekan optimum didapat pada penambahan abu dengan persentase 3%.

11. Penelitian ini dilakukan oleh **Fortuna, Anisa Feby**, pada tahun 2022, dengan judul, Analisa Penambahan Larutan Gula Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Yang Mengandung Arang Briket. Teknologi di bidang konstruksi bangunan telah mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi beton hampir pada setiap aspek kehidupan manusia terkait dengan beton baik secara langsung maupun tidak langsung. Sering kita jumpai material utama dalam pembuatan suatu konstruksi bangunan adalah beton. Beton merupakan faktor utama dalam bidang konstruksi mengingat fungsinya sebagai salah satu pembentuk. Penambahan abu arang briket batubara dan larutan gula pada campuran beton yang bersifat pozolan, sehingga bisa menjadi additive mineral yang baik untuk beton. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh penambahan larutan gula 0,10%, 0,20%, 0,30% yang mengandung arang briket 5% terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Sampel benda uji dibuat sebanyak 39 sampel, 23 sampel beton normal dan 16 sampel beton variasi. Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam beton selama 28 hari. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan ketika umur benda uji mencapai 28 hari. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beton variasi memiliki kuat tekan dan kuat

lentur beton yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Semakin banyak penambahan larutan gula pada campuran beton, maka semakin tinggi pula kuat tekan dan kuat lenturnya.

12. Penelitian ini dilakukan oleh **Zulfa, Dyah Robbiana**, pada tahun 2022, dengan judul, Pengaruh Penggunaan Limbah Genteng Tanah Liat Dan Abu Arang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Dan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. Semakin pesatnya perkembangan pembangunan infrastruktur dan teknologi dibidang konstruksi di berbagai belahan dunia, khususnya pembangunan di Indonesia. Untuk mengimbangi pesatnya pembangunan dunia konstruksi diperlukan kesiapan yang terdiri dari : Dana, SDM yang berkompeten serta kesiapan material dan teknologi yang semakin maju, karena hampir rata – rata bangunan konstruksi terbuat dari beton, hal ini yang mendorong peningkatan penggunaan bahan alam sebagai bahan baku pembuatan beton. Sehingga diperlukan inovasi baru untuk mengurangi penggunaan bahan material substitusi pembuatan pada campuran beton serta untuk menjaga dampak kerusakan lingkungan dan sebagainya. Maka peneliti mengambil limbah genteng tanah liat dan abu arang sebagai alternatif pengganti atau substitusi agregat kasar dan semen dalam campuran pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah genteng tanah liat dan abu arang sebagai bahan substitusi agregat kasar dan semen ditinjau dari kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan total benda uji 36 sampel berbentuk silinder dengan ukuran 10cm x 20cm menggunakan variasi substitusi 20%, 25% dari total agregat kasar, dan abu arang 5% dari total berat semen. Benda uji akan di uji slump untuk mengetahui workability dan kuat tekan pada hari ke 3, 7, 14, dan 28. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin banyak persentase genteng tanah liat dan abu arang pada campuran beton, menyebabkan terjadinya penurunan nilai slump, karena sifat limbah genteng beton yang mudah menyerap air dalam adukan beton sehingga adukan beton menjadi lebih kental. Dari hasil uji kuat tekan di dapat nilai tertinggi yaitu pada variasi substitusi GTL 25%. 5% AA pada umur 28 hari didapat hasil

bahwa kuat tekan beton sebesar 27,3 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan substitusi limbah genteng mencapai mutu K-225 yang dimana beton masuk pada mutu beton kelas II yaitu mutu beton untuk konstruksi struktur. Kata Kunci : limbah genteng beton, abu arang, alternative, agregat kasar, kuat tekan.

13. Penelitian ini dilakukan oleh **Yuliana, Febriani**, pada tahun 2016, Dengan judul Pengaruh Penambahan Filler Abu Arang Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Stabilitas Pada Campuran Aspal. Lapis tipis aspal beton (Lataston) adalah salah satu jenis campuran beton aspal yang mempunyai sifat kedap air sehingga tahan terhadap oksidasi, yang berfungsi sebagai lapis penutup untuk menahan air agar tidak masuk kelapis bawahnya tetapi bersifat non struktural sehingga mempunyai nilai stabilitas rendah dan nilai kelelahan cukup besar dibandingkan dengan jenis lainnya. dikarenakan campuran lapis tipis aspal beton (Lataston) mempunyai komposisi campuran agregat cukup halus maka untuk menurunkan nilai kelelahan, pada Lataston penggunaan agregat kasar cukup banyak, yaitu 66,45%, sedangkan agregat halus sebanyak 26,55%, dan filler sebanyak 7%. Pada umumnya yang dipakai sebagai bahan pengisi agregat kasar adalah batu split (batu pecah), agregat halus adalah pasir dan filler adalah abu batu. Mengingat meminimalkan pengeluaran dana alangkah baiknya menjadikan abu arang tempurung kelapa sebagai pengganti filler. Disamping harganya yang relatif murah, abu arang tempurung juga mudah didapat di Indonesia. Penelitian ini menggunakan spesifikasi campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus. Dari penelitian ini didapat bahwa campuran dengan menggunakan filler abu abu masih lebih baik digunakan daripada mengganti filler dengan abu arang tempurung kelapa. Terlihat dari nilai stabilitas campuran dengan menggunakan filler abu batu lebih tinggi, yaitu 1101,685 pada nilai kadar aspal 8,1%, dibandingkan dengan nilai stabilitas abu arang tempurung kelapa yaitu 827,301 pada nilai kadar aspal 8,1%. Kata kunci : AC-WC, Abu Arang Tempurung Kelapa, Abu Batu, Filler.

14. Penelitian ini dilakukan oleh **Sartika Nisumanti, Muhmaad Yusuf**, pada tahun 2020, dengan judul Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal Penetrasi 60/70. Aspal sebagai bahan pengikat pada struktur pekerasan jalan merupakan salah satu material yang sangat penting, meskipun jumlah yang dibutuhkan hanya 4 – 10 % dari agregat lain. Aspal memiliki sifat elastis bila menerima beban kendaraan dan memiliki ketahanan yang cukup kuat. Dalam penelitian ini Aspal yang dipakai adalah aspal pen (60/70) karena disesuaikan dengan kondisi iklim di Indonesia. Bahan pengisi atau filler, umumnya terdiri dari abu batu, kapur dan sement portland, atau bahan non plastis lainnya. Salah satu campuran pada lapis aspal beton adalah semen sebagai filler, saat ini semen sudah banyak digunakan sebagai filler. Tujuan Penelitian ini mengetahui berapa besar pengaruh arang cangkang kelapa sawit terhadap stabilitas aspal penetrasi 60/70 serta apakah aspal dengan filler arang cangkang kelapa sawit dapat digunakan pada campuran perkerasan jalan. Dari hasil pengujian marshall diperoleh nilai stabilitas untuk aspal dengan kadar arang cangkang kelapa sawit 3,5% sebesar 1375,6, kadar 4% dengan nilai 1566,6, dan kadar 4,5% menurun menjadi 1138,9. Hasil marshall test menunjukkan nilai stabilitas lebih besar dari aspal konvensional 1341,6 dan melebihi batas spesifikasi > 800 kg/mm. Sementara penggunaan aspal dengan filler arang cangkang kelapa sawit mendapatkan nilai VIM, flow, dan FVB tidak memenuhi batas spesifikasi sehingga tidak dapat digunakan untuk bahan pengganti filler pada campuran aspal beton. Hal ini dikarenakan jika nilai flow rendah maka campuran sangat berpotensi mengalami keretakan, begitu juga dengan nilai VIM, bila terlalu kecil maka akan menyebabkan terjadinya kerusakan rongga didalam campuran sehingga membuat aspal menjadi kedap air dan getas. Nilai FVB yang rendah akan mengakibatkan campuran bersifat porous
15. penelitian ini dilakukan oleh **Dwi Kartikasari, Rasio Hepiyanto**, pada tahun 2018, dengan judul Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok Pada Kuat Tekan Paving Block K-200. Persentase penurunan terendah adalah pada

campuran 0,2 sebesar 55,69% dan penurunan tertinggi pada campuran 0,8 dengan presentase penurunan sebesar 82,39%. Nilai kuat tekan untuk setiap benda uji adalah: Normal 209,53 kg / cm², 2% dari 92,86 kg / cm², 4% dari 84,53 kg / cm², 6% dari 58,33 kg / cm², dan 8% dari 36,90 kg / cm².

16. Penelitian ini dilakukan oleh **Syafrin Muwardin, Dimas Langga, C. Galuh, Iskandar Yasin**, pada tahun 2019, dengan judul Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut, Air Tawar, Air Sungai Dan Air Kapu. Pembangunan di bidang konstruksi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Hal ini tidak lepas dari tuntutan kebutuhan masyarakat akan infrastruktur yang sangat berkembang, seperti jembatan dengan bentang panjang, gedung bertingkat dan fasilitas lainnya. Hal ini juga menyebabkan pemanfaatan bahan sumber daya alam meningkat pesat, sedangkan sumber daya yang tersedia jumlahnya terbatas. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dicari alternatif yang mudah diperoleh dan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Pada penelitian ini menggunakan arang tempurung kelapa sebagai bahan tambah pasir dengan persentase campuran arang tempurung kelapa 5% pada variasi perendaman menggunakan air laut, air tawar, air sungai dan air kapur yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan maksimumnya. masing-masing variasi air rendaman. Uji tekan beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Hasil kuat tekan maksimum tiap variasi air rendaman adalah rendaman air sungai sebesar 24,06 N/mm², rendaman air sumur sebesar 21,15 N/mm², rendaman air kapur sebesar 21,29 N/mm² dan rendaman air laut sebesar 23,27 T / mm².
17. penelitian ini dilakukan oleh **Bing Santosa, Arus Malem Ginting, Prasetya adi, Eliada Obed Manasye** pada tahun 2023, dengan judul Pengaruh Penggantian Sebagian Semen dengan Abu Batok Kelapa Terhadap Kinerja Beton. Beton hijau adalah beton ramah lingkungan yang dibuat dengan menggunakan bahan limbah atau sisa. Beton hijau dibuat menggunakan bahan alternatif untuk menggantikan sebagian semen atau agregat. Tempurung kelapa merupakan limbah padat hasil pengolahan kelapa yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga abu tempurung kelapa perlu dicoba untuk

menggantikan sebagian semen. Substitusi semen dengan abu tempurung kelapa yang digunakan adalah 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, dan 22,5% berat semen. Benda uji silinder beton untuk setiap variasi berjumlah 3 buah benda uji dan berjumlah 30 buah benda uji. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian slump pada beton segar dan pengujian kuat tekan pada beton keras setelah umur 28 hari. Dari hasil penelitian diperoleh: abu tempurung kelapa mempunyai kandungan silika yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pozzolan. Peningkatan persentase substitusi semen dengan abu tempurung kelapa menurunkan nilai slump. Substitusi semen dengan abu tempurung kelapa meningkatkan kuat tekan beton. Peningkatan persentase substitusi semen dengan abu tempurung kelapa akan menurunkan kuat tekan beton. Substitusi semen dengan abu tempurung kelapa tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat volume beton.

18. Penelitian ini dilakukan oleh **Suhendro Trinugroho**, pada tahun 2021, dengan judul Analisis Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan Bestmittel pada Kuat Tekan Beton. Inovasi di bidang pembuatan campuran beton terus berkembang. Diantaranya dengan menggunakan bahan tambah serbuk arang briket dan bestmittel. Kedua bisa meningkatkan dan mempercepat pengerasan beton. Tujuannya untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton. Pada penelitian ini menggunakan nilai fas 0,35 pada umur 28 hari dengan persentase variasi serbuk arang briket 0%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan bestmittel 0,6% dari berat semen. Bentuk benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Topik analisis penelitian ini ialah kuat tekan, dengan metode perencanaan campuran beton menggunakan metode American Concrete Institute. Hasil pengujian tersebut, workability menurun pada pemakaian serbuk arang briket, lalu ditambahkan Bestmittel menjadikan workability terkoreksi naik. Terjadi perbedaan berat jenis, menjadi bertambah pada penambahan Bestmittel, dan berkurang pada penambahan serbuk arang briket. Efek penambahan serbuk arang briket berupa peningkatan kuat tekan beton. Kekuatan optimalnya pada

tekan di variasi serbuk arang briket 15% dan Bestmittel 0,6%, sebesar 40,80 MPa, peningkatan 50,84% dari beton normal.

19. Penelitian ini dilakukan oleh **Sigit Agung Priyono, Hammam Rofiqi Agustapraja**, pada tahun 2019, dengan judul Limbah Bata Ringan untuk Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-250. Limbah bata ringan merupakan pecahan atau potongan sisa-sisa pada saat pemasangan bata ringan yang seringkali dibiarkan menumpuk dan menjadi sampah disekitarnya. Sampah tersebut sulit didaur ulang dan memiliki nilai jual yang sangat rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kuat tekan benda uji beton komposisi campuran menggunakan limbah bata ringan terhadap mutu beton K-250 umur 7 hari sebagai campuran beton agregat halus sehingga menjadi produk yang memiliki nilai tambah lebih baik bagi masyarakat. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNI beton berdasarkan data literatur dan pengujian dilakukan di laboratorium UNISLA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan campuran limbah bata ringan 0% menghasilkan kuat tekan sebesar 21,78 Mpa, campuran 3% menghasilkan kuat tekan sebesar 18,87 Mpa, campuran 5% menghasilkan kuat tekan sebesar 24,39 Mpa, dan campuran 7% menghasilkan kuat tekan sebesar 26,00 Mpa.
20. Penelitian ini dilakukan oleh **Rio Rahma Dhana, Ahmad Khoirur Riza**, pada tahun 2019, dengan Judul Fly Ash Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Non Struktural. Penelitian ini dilakukan untuk: (1) Mengetahui bagaimana proses pembuatan fly ash tempurung kelapa pada campuran beton, (2) Mengetahui bagaimana pengaruh peningkatan fly ash tempurung kelapa terhadap kuat tekan beton. Peneliti menggunakan metode eksperimen. Terdapat tiga sampel bahan percobaan yang digunakan untuk meningkatkan persentase abu terbang tempurung kelapa. Cetakan berbentuk silinder berukuran 15 cm dan diameter tinggi 30 cm. Perlakuan dilakukan selama 7 hari, nilai kuat tekanan dikorelasikan selama 28 hari. Temuan penelitian ditemukan bahwa senyawa fly ash tempurung kelapa untuk beton mutu K-100 berpengaruh terhadap kuat tekan beton itu sendiri. Dari data yang

dilakukan pada penelitian ini fly ash tempurung kelapa mengalami peningkatan yang cukup signifikan, beton campuran fly ash tempurung kelapa tertinggi 1,5% mampu mencapai kuat tekan sebesar 31,643 MPa. Dapat disimpulkan bahwa fly ash tempurung kelapa dapat digunakan sebagai bahan tambah semen pada beton mutu K-100 pada pemaparan di atas. Untuk penelitian selanjutnya, peneliti hendaknya melakukan pengalaman yang mendalam untuk mengetahui kekuatan beton.

2.2 Tinjauan Pustaka

Pertumbuhan pengetahuan dan teknologi di bidang konstruksi yang semakin berkembang menghasilkan berbagai macam penemuan baru dalam dunia konstruksi. Peningkatan perkembangan dibidang teknologi beton juga semakin maju. Hal ini dapat dilihat dari berbagai penelitian yang dilakukan dengan menggunakan bahan tambah konstruksi beton. Bahan tambah tersebut antara lain bahan kimitambahan yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan, bahan tambah pozolan dan abu terbang (fly ash) yang berfungsi sebagai bahan pengganti atau bahan tambah sebagian semen portland, bahan tambah serat (fibre) dari gelas kaca, plastik, baja, dan serat tumbuh-tumbuhan (rami atau ijuk) yang berfungsi untuk menambah kuat tarik beton. Kandungan kimia abu arang kayu seperti yang telah diketahui yaitu mengandung silika yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat agregat yang baik, hal ini sama dengan fungsi semen dalam suatu campuran beton. Banyaknya penggunaan kayu bakar yang digunakan oleh sebagian pengusaha ayam potong dan tempe, tentu akan menyisakan limbah berupa abu dan arang. Banyaknya limbah abu dan arang kayu tersebut yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen pada beton normal. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari penambahan abu arang terhadap kuat tekan beton normal dan nilai optimum yang dihasilkan oleh penggunaan campuran abu arang kayu sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan persentase 3%, 6% dan 9%. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu.

Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Ade Agum Ihsanu,2019).

Konstruksi merupakan kegiatan membangun sarana dan prasarana yang dilakukan secara sistematis.(Ashari 2016) . Meterial konstruksi bangunan gedung yang digunakan antara lain beton, besi, kayu, pipa paralon. Komponen pembentuk beton terdiri dari 4 (empat) komponen dasar yaitu campuran antara semen dan air agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir). Untuk menghasilkan konstruksi yang kuat dengan berat yang ringan perlu dilakukan penelitian, dipilihnya arang sebagai alternative campuran beton diharapkan akan mengurangi berat beton dalam konstruksi tanpa mengurangi kuat tekan betonnya. Pentingnya hal tersebut, bisa memberikan manfaat beton menjadi konstruksi yang ringan dengan kuat tekan yang memenuhi standart (Purwanti, 2021).

2.2.1 Arang Kayu

Pada campuran beton kali ini adalah dengan mencampur abu arang kayu jati, dikarenakan didalam abu arang kayu jati tersebut mengandung unsur silika, alumina, dan besi yang bisa memperkuat beton, dan mendapatkannya pun mudah dengan mengambil batang kayu jati yang patah dan memprosesnya menjadi abu arang kayu untuk dipakai campuran pada beton.

1. Pengertian Arang Kayu

Arang yaitu residu hitam berisi karbon non murni yang dihasilkan dengan cara menghilangkan kandungan komponen volatil dan air dari hewan atau tumbuhan, terutama dengan cara memanaskan (tanpa oksigen). Sedangkan arang kayu adalah arang yang berasal dari kayu (<http://id.m.wikipedia.org/wiki/arang>)

2. Pengertian Abu Arang Kayu

Abu arang adalah hasil dari perubahan secara kimiawi dari pembakaran arang kayu. Pada saat arang kayu dibakar akan menghasilkan abu arang. (http://www.en.wikipedia.org/wiki/Ash_analytical_chemistry).

Komposisi kimia yang berada dari abu arang terdiri atas senyawa kimia yaitu:

- Aluminium (Al_2O_3) sebesar 10,9 %
- Kalsium oksida (CaO) sebesar 19,2 %
- Ferr Trioksida (Fe_2O_3) sebesar 7,5 %

- Magnesium Oksida (Mgo) sebesar 10,3 %
- Potisium Pentaoksida (P2O5) sebesar 1,7 %
- Kalium Oksida (K2O) sebesar 1,1 %
- Silika (SiO2) sebesar 36,5 %

(<http://www.terrapreta.bioenergylists.org/charcoaluses>).

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa abu arang adalah hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran arang kayu berwarna cerah keunguan dengan yang mengandung silika sebesar 36,5% Dimana silika tersebut dapat digunakan sebagai pengikat agregat yang baik.

3. Abu Arang Sebagai Flay Ash

Sisa pembakaran batu bara berupa partikel halus , keluar bersama-sama gas buang. Partikel halus sisa pembakaran dikenal dengan nama Abu Terbang (Fly Ash), sedangkan sisa pembakaran yang berupa butiran-butiran kasar keluar melalui bagaian bawah disebut Bottom Ash (Abu Dasar).

Menurut Aman Subakti (1995: 73) mendefinisikan bahwa “Abu Terbang (Fly Ash) adalah sisa hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari buku Aman Subakti menerangkan bahwa “Fly Ash mempunyai butiran yang cukup halus, yang lolos ayakan No. 325 (45 μ m) 5-27% dengan spesifik grafiti antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman, sifat proses pozzolonic dari Fly Ash mirip dengan bahan pozolan lainnya”.

Dari pengertian di atas dapat ditarik pengertian tentang abu terbang (*Fly Ash*) yaitu sisa pembakaran batubara yang mempunyai butiran cukup halus dan berwarna abu-abu kehitaman.

Dalam SKSNI-15-1990-F”Spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton” ada 3 jeni abu terbang, yaitu:

1. Abu terbang kelas F, yaitu abu terbang yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara jenis antrasit (batu bara keras) pada suhu 1560⁰ C.
2. Abu terbang kelas C, yaitu hasil pembakaran *lignite* (batu bara muda) atau batubara dengan karbon sekitar 605, abu terbang ini mempunyai sifat seperti segmen dengan kadar kapur di atas 10%.
3. Abu terbang kelas N, yaitu hasil dari kalsinasi dari pozolan alam, misalnya

tanah *diatomice, shale* (serpihan batu) dan batu apung.

Menurut ASTM C 618-86 mutu pozolan dan *fly ash* dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu:

4. Kelas N : pozolan alam yang digolongkan dalam kelas ini seperti: serpihan batu, debu vulkanik dan tanah liat.
5. Kelas C : Fly Ash mengandung CaO di atas 10 % yang dihasilkan dari pembakaran batu bara muda atau sub-bitumen batubara.
6. Kelas F : Fly Ash mengandung CaO kurang dari 10 % yang dihasilkan dari pembakaran batu antrasit (batu bara keras) atau bitumen Batubara.

Tabel 2. 1 Kandungan kimia pozolan dan fly ash menurut ASTM C 618-86.

Oksida	Kelas Bahan Tambah (%)		
	N	F	C
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ , min %	70,0	70,0	50,0
Sulfur Trioxide, SiO ₃	4,0	5,0	5,0
Moisture Content	3,0	3,0	3,0
Loss on ignition	10,0	6,0	6,0

Sumber : Lauwtjunnji.weebly.com

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pada abu arang, komposisi SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃ berkisar antara 50% – 70%, sehingga abu arang dapat dikategorikan sebagai *fly ash* tipe C.

2.2.2 Beton

Beton merupakan campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Pembuatan beton diawali dengan mencampurkan semen dan air sehingga membentuk pasta semen. Pasta tersebut kemudian ditambahkan agregat halus sehingga menjadi mortar. Akhirnya mortar dicampur agregat kasar agar menjadi beton (Heriansyah Putra, 2021).

Dari pendapat di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa beton adalah benda padat yang terbuat dari campuran agregat, bahan pengikat, air dan tanpa atau dengan bahan tambahan yang lain. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh bahan penyusunnya, disini dijelaskan secara singkat mengenai bahan penyusunnya.

2.2.3 Bahan – Bahan Pembuatan Beton

1. Semen

Semen merupakan bahan utama didalam campuran beton yang berfungsi mengikat agregat menjadi kesatuan beton yang kuat. Butiran semen Ketika bereaksi dengan air sehingga juga sering disebut sebagai bahan ikat hidrolis atau semen hidrolis, semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling Bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. (Heriansyah Putra, 2021).

Semen portland yang baik adalah semen yang bubukannya halus, butiran sekitar 0,05 mm dan memiliki komposisi dari bahan dengan perbandingan sesuai dengan tabel 2.1

Tabel 2. 2 Susunan Unsur Semen Biasa

Oksida	Persen (%)
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Sulfur, SO ₃	0,5 – 4
Soda / Potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Sumber : <http://123dok.com/document/wyevp60z>

Menurut Edward G. Nawy (1989: 9) menerangkan bahwa ”Semen portland adalah bahan yang dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalium silikat, dimana penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang bila mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu“.

Menurut SKSNI-15-2049-1994 semen portland dibagi menjadi 5 macam,yaitu:

Semen Portland Tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak

Semen Portland Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panashidrasi sedang

Semen Portland Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi

Semen Portland Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah

Semen Portland Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

Portland cement is the most common type of cement in general usage in many parts of the world, as it is a basic ingredient of concrete, mortar, stucco and most non-specialty grout. It is a fine powder produced by grinding Portland cement clinker (more than 90%), a maximum of about 5% gypsum which controls the set time, and up to 5% minor constituents (as allowed by various standards). As defined by the European Standard EN197.1, "Portland cement clinker is a hydraulic material which shall consist of at least two-thirds by mass of calcium silicates ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ and $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), the remainder consisting of aluminium- and iron-containing clinker phases and other compounds. The ratio of CaO to SiO_2 shall not be less than 2.0. The magnesium content (MgO) shall not exceed 5.0% by mass." (The last two requirements were already set out in the German Standard, issued in 1909). Portland cement clinker is made by heating, in a kiln, a homogeneous mixture of raw materials to a sintering temperature, which is about 1450 °C for modern cements. The aluminium oxide and iron oxide are present as a flux and contribute little to the strength. For special cements, such as Low Heat (LH) and Sulfate Resistant (SR) types, it is necessary to limit the amount of tricalcium aluminate ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) formed. The major raw material for the clinker-making is usually limestone (CaCO_3). Normally, an impure limestone which contains SiO_2 is used - the CaCO_3 content can be as low as 80%. Secondary raw materials (materials in the rawmix other than limestone) depend on the purity of the limestone. Some of the secondary raw materials used are: clay, shale, sand, iron ore, bauxite, fly ash and slag. When a cement kiln is fired by coal, the ash of the coal acts as a secondary raw material (http://www.en.wikipedia.org/wiki/portland_cement). Yang artinya adalah

“Semen Portland adalah jenis semen yang paling umum digunakan untuk berbagai macam pekerjaan konstruksi di dunia, sebagai dasar untuk campuran beton, adukan semen, plesteran semen dan spesiesemen tidak khusus. Semen portland merupakan bubuk halus yang diproduksi dengan menggiling klinker semen (lebih dari 90%), gipsum (maksimum sekitar 5%), dan unsur kecil sampai 5% (sesuai standard). Standard Eropa EN197.1 menyatakan, "Klinker semen adalah suatu material hidrolis yang terdiri dari sedikitnya dua pertiga massa zat kapur silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ dan $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), sisanya terdiri dari aluminium dan besi dan campuran lain. Perbandingan CaO dengan SiO_2 tidak akan kurang dari 2.0. Isi magnesium (MgO) tidak lebih dari 5.0% dengan massa." Menurut Standard Jerman, yang dikeluarkan tahun 1909). Klinker Portland semen dibuat dengan memanaskan material di dalam dapur tanur tinggi dengan campuran homogen dari bahan baku pada suhu sekitar 1450°C untuk semen modern. Aluminium Oksida dan besi oksida mempunyai pengaruh sedikit terhadap kekuatan. Untuk semen khusus, seperti Panas Rendah dan Tahan Asam Sulfat, diperlukan pembatasan jumlah trikalsium aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). Secara normal, digunakan batu kapur yang tidak alami berisi SiO_2 , dengan kandungan CaCO_3 kurang dari 80%. Bahan baku sekunder (material yang digunakan selain batu kapur) tergantung pada kemurnian dari batu kapur. Beberapa dari bahan baku yang sekunder yang digunakan adalah: tanah liat, serpihan batu, pasir, bijih besi, bauksit, abu terbang dan ampas. Ketika dapur tanur tinggi dipanaskan dengan batu bara, abu hasil pembakaran batu bara dapat digunakan untuk bahan baku sekunder”.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa semen portland adalah bahan ikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium, dimana penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang bila mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

2. Agregat

Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun berfungsi sebagai bahan pengisi, karena volume agregat pada

beton \pm 70% volume beton, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/beton, serta memberikan kekuatan pada beton, sehingga kualitas agregat sangat mempengaruhi mutu beton yang akan dihasilkan. Agregat yang dipergunakan untuk mendapatkan beton dengan kualitas baik, paling sedikit mempunyai dua kelompok ukuran, pada beton umumnya kelompok tersebut adalah kelompok agregat halus (ukuran butir \leq 4,50 mm) dan kelompok agregat kasar (ukuran butir $>$ 4,50 mm). (Ruang-Sipil, 2019)

Agregat adalah suatu yang dikategorikan partikel material kasar yang digunakan dalam konstruksi, termasuk pasir, kerikil, batu yang dihancurkan, ampas bijih, dan daur ulang beton. Agregat adalah suatu komponen material gabungan seperti beton dan aspal, agregat digunakan untuk menambahkan kekuatan kepada keseluruhan material gabungan. Agregat juga dapat digunakan sebagai material dasar dibawah pondasi atau jalan, dan rel kereta api. Selain itu, agregat dapat direncanakan untuk menstabilkan pondasi, jalan raya/kereta (contoh. untuk membantumencegah penyelesaian diferensial di bawah bangunan atau jalan), atau secara luas penggunaan agregat lebih murah dari pada menggunakan aspal sebagai campuran beton.

(http://www.en.wikipedia.org/wiki/construction_agregat.).

Dari uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa agregat adalah butir-butir mineral berupa pasir, kerikil, batu pecah. Agregat biasanya menempati sekitar 70% dari isi total beton, maka sifat-sifat agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari beton yang sudah mengeras.

Berdasarkan ukurannya, butir agregat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

A. Agregat Halus (Pasir)

Agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk mortar atau beton semen hidrolis atau adukan. Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, dan yang lebih kecil dari

0,002 mm disebut clay (Agnes Yuanita Bintoro, Arthur Daniel Limantara, Sigit Winarto, 2018)

Syarat – syarat agregat halus menurut SK-SNI S-04-1989-F adalah sebagai berikut;

- a). Agregat halus harus terdiri dari butir-butiran tajam dan keras
- b). Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c). Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%
- d). Agregat tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- e). Susunan 2 besar butir agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya.

Tabel 2. 3 Gradasi Agregat

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

Sumber : www.andykasipil.blogspot.com/2012/02/gradasi-agregat.html?m=1

Keterangan:

Daerah I = pasir kasar

Daerah II = pasir agak kasar

Daerah III = pasir agak halus

Daerah IV = pasir halus

Dari pendapat di atas dapat diambil kesimpulan bahwa agregat halus adalah agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm, harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, keras, kuat, dan gradasinya baik, yang sesuai dengan standart analisis saringan.

B. Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar yaitu agregat yang butirannya memiliki ukuran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar selalu identik dengan sebutan kerikil ataupun batu pecah. Kerikil sebagai desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (Agnes Yuanita Bintoro, Arthur Daniel Limantara, Sigit Winarto, 2018).

Jenis-jenis agregat kasar yang umum digunakan :

- a). Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali yang menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
- b). Kerikil alami: Kerikil didapat dari dasar proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.
- c). Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari *blast-furnace* dan lain-lain.
- d). Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat. Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Edward Nawy G. (1998:14).

Sedangkan menurut SNI 03-2847-2002 (2002 : 4) menerangkan bahwa: “ Agregat kasar sebagai hasil disintegrasi “alam” dari batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm”.

Syarat-syarat agregat kasar yang telah disyaratkan dalam SK-SNI S-04- 1989-F sebagai berikut:

- a). Agregat kasar harus terdiri dari butir-butiran yang keras dan tidak berpori
- b). Agregat kasar yang mengandung butir-butiran pipih dan panjang hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih dan panjang tersebut tidak melampaui 20% dari berat seluruhnya.
- c). Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya apabila mendapatkan pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan tidak pecah atau hancur.
- d). Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang reaktif alkali
- e). Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%
- f). Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang telah ditentukan, susunan butir mempunyai Modulus kehalusan antara 6-7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut;
 - (1). Sisa diatas ayakan 38 mm, harus 0% berat
 - (2). Sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat
 - (3). Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- g). SNI (2002:14) menyatakan bahwa: Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:
 - a). $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun.
 - b). $\frac{1}{3}$ ketebalan plat lantai ataupun.
 - c). $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan, atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.

Dari uraian di atas, penulis dapat menyimpulkan bahwa agregat terdiri dari agregat kasar yaitu kerikil dan agregat halus berupa pasir, yang dicampurkan dengan semen portland dan juga air sehingga menghasilkan beton dengan ketentuan dan syarat-syarat tertentu.

3. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelican antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan dengan tetap menjaga workabilitas.

Syarat-syarat air yang dapat digunakan untuk campuran beton adalah sebagai berikut:

- a). Tidak mengandung Lumpur (benda yang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b). Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter
- c). Tidak mengandung khlorida (I) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d). Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter”

Sedangkan SNI 03-2847-2002 (2002:14) menerangkan bahwa:

- a). Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton.
- b). Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung didalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c). Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan dalam beton, kecuali tuntutan berikut terpenuhi:
 - 1). Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - 2). Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

Dari uraian di atas, penulis dapat ditarik kesimpulan bahwa syarat air yang digunakan untuk beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak,

asam,alkali, garam dan bahan-bahan organis atau bahan-bahan yang dapat merusak beton.

2.3 Perbedaan Penelitian

Perbedaan penelitian yang dilakukan saat ini dengan penelitian terdahulu adalah penelitian ini mencampurkan bahan beton normal dengan bahan kimiawi yang berasal dari serbuk abu arang kayu jati, dan perbedaan juga terdapat pada persentase campuran yang dipakai untuk arang kayu jati sebagai pengganti semen.