

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian telah dilakukan terhadap penggunaan alternatif dari alam sebagai bahan tambah pada beton. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Israel & Zwengly, 2024), pemanfaatan abu kulit kopi toraja sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton. Abu kulit kopi toraja merupakan produk sampingan dari industri kopi yang potensial untuk digunakan dalam konstruksi sebagai substitusi parsial semen. Penggunaan abu kulit kopi sebagai bahan tambahan dalam beton menawarkan beberapa manfaat, termasuk potensi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan beton serta mengurangi dampak lingkungan dari limbah industri kopi

Penelitian yang dilakukan oleh (Hernita Matana, 2022), pengaruh penambahan abu cangkang keong bakau terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Keong bakau (*Telescopium Telescopium*) banyak di jumpai di perairan payau dan merupakan hama di tambak. Cangkang keong bakau mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dalam kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan batu gamping, cangkang telur, keramik, atau bahan lainnya. Penelitian ini menguji kuat tekan dan tarik belah beton dengan menggunakan cangkang keong bakau yang dibakar lalu di tumbuk hingga jadi abu dan di ayak dengan menggunakan saringan no. 200 sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prayoga Efron Barrung, 2024), pengaruh penggunaan abu daun serai dan *zat additive* tipe E terhadap kuat tekan beton, dalam campuran beton pada variasi 1,5% abu daun serai dan 1% zat additive tipe E memperoleh kuat tekan optimum sebesar 26,327 Mpa atau lebih tinggi 8,8% dari beton kontrol.

Penelitian yang dilakukan (Christian Parari, 2025), pengaruh penggunaan abu serai terhadap kuat tekan beton, dalam campuran beton pada variasi 3,5% memiliki nilai 15,075 Mpa, pada variasi 5% memiliki nilai 13, 801 Mpa, pada variasi 6,5% memiliki nilai 12,102 Mpa mengalami penurunan kuat tekan

dibandingkan dengan beton kontrol yang memiliki nilai 20,170 Mpa pada umur 28 hari.

Pada penelitian yang dikaji oleh (Saputra, Mungok & Budi, 2016), penelitiannya tentang pengaruh variasi penggunaan *Sikament LN* sebesar 0,4%, 0,6%, 0,8%, dan 1% pada pembuatan beton normal. Penelitian ini menghasilkan kuat tekan beton antara beton normal dengan variasi *Sikament LN* 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1% pada 28 hari, masing-masing memiliki nilai kuat tekan 44,416 MPa, 45,378 MPa, 45,828 MPa, 46,110 MPa, dan 46,989 MPa. Penggunaan *Sikament LN* pada beton dapat meningkatkan kekuatan tekan karakteristik beton itu sendiri

Terkait dengan hal tersebut, dalam penelitian ini akan dikaji efek penggunaan abu daun serai sebagai bahan tambah semen, dengan meninjau kuat tekan betonnya pada umur 3, 7, 14, dan 28 hari. Adapun *admixture* tipe F yang dicampurkan adalah *superplasticizer Sikamen LN*. *Superplasticizer Sikamen LN* berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam beton sebesar 20% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari sampai lebih dari 40%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Beton

Beton adalah suatu hasil pencampuran dari semen, air, agregat halus dan agregat kasar. Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan, yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran motar atau beton. Agregat disebut kasar apabila ukurannya 5 mm. sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton, keras dan daya tahannya disintegrasi beton. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan pasta semen. Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir, ukurannya bervariasi antara ukuran no. 4 sampai no. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, dan bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik sesuai

dengan standar analisis saringan dari ASTM (*Amerika Society of Testing Materials*) (Nawy, 1990). Semen merupakan pengisi pori-pori antara butiran-butiran agregat halus dan agregat kasar juga berfungsi sebagai perekat dalam proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terikat dengan kuat dan padat. Di dalam campuran beton air mempunyai fungsi sebagai pelancar campuran agregat dan semen agar memudahkan pengadukan dan pencetakan. Pada bahan-bahan beton dan keadaan pengujian tertentu, jumlah air campuran yang dipakai menentukan kekuatan beton, selama campuran cukup plastis dan dapat dikerjakan (Murdock, dkk, 2009) dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah dan yang tidak menggunakan bahan tambah (*admixture*).

Kualitas beton yang diinginkan atau sifat-sifat lainnya dapat dicapai melalui perencanaan yang cermat dalam memilih bahan-bahan penyusun dan mengatur komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi standar seperti tingkat keluwesan dan konsistensi yang memungkinkan proses pengerjaan beton dengan lancar tanpa mengakibatkan pemisahan agregat atau bleeding, mampu bertahan dalam kondisi spesifik yang diinginkan, mencapai kekuatan yang diharapkan, serta memiliki efisiensi dalam hal biaya (Pujo & Purwono, 2010).

Beton adalah suatu komposisi yang dihasilkan dari pencampuran bahan-bahan seperti semen, air, agregat, serta aditif bila diperlukan. Beton dapat diklasifikasikan atas:

1. Beton non struktural merupakan jenis beton yang terdiri dari kombinasi bahan-bahan seperti semen, air, dan agregat, serta dilengkapi dengan bahan tambahan jika dibutuhkan.
2. Beton struktural adalah beton yang terbuat dari bahan-bahan seperti semen, air, agregat, dan bahan tambahan sesuai kebutuhan, serta diperkuat dengan baja tulangan (besi beton).

Peningkatan mutu dan karakteristik beton dapat dicapai melalui berbagai cara, termasuk mengganti atau menambahkan material dasar seperti semen dan agregat, sehingga menghasilkan jenis beton dengan sifat-sifat tertentu seperti beton ringan, beton berat, beton tahan terhadap bahan kimia tertentu, dan sejenisnya. Beton bertulang serat (*fiber reinforced concrete*) adalah bentuk modifikasi dari beton konvensional yang melibatkan penambahan serat pada campurannya.

2.2.2 Keunggulan Beton

Menurut Nugraha (2007), beton memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan materi struktur yang lain, antara lain:

1. Ketersediaan (*availability*) material dasar

Material penyusun beton, seperti agregat, air bahkan semen yang bisa didapat dari dalam negeri bahkan bisa didapat dari daerah setempat, sehingga biaya pembuatan atau produksi beton relatif murah dibanding materi struktur yang lain.

2. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*)

Beton dapat dibuat atau diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan kondisi sekitar, beton juga dapat dicetak dengan berbagai bentuk dan ukuran serta sifat beton yang monolit sehingga tidak memerlukan sambungan.

3. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*)

Beton bisa digunakan untuk berbagai struktur serta pengangkutan bahan penyusunnya mudah dikarenakan masing-masing dapat diangkat terpisah.

4. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

Beton tahan terhadap karat dan tahan terhadap bahaya kebakaran sehingga beton memiliki ketahanan (*durability*) yang tinggi.

2.2.3 Kelemahan Beton

Di samping keunggulan beton di atas, terdapat juga kelemahan beton (Nugraha, 2007), antara lain:

1. Meskipun kekuatan tekan beton tinggi, tetapi beda halnya dengan kekuatan tariknya dimana kekuatan tarik beton rendah, sehingga memerlukan tambahan tulangan baja.
2. Kualitas beton yang dihasilkan sangat bergantung dari cara pelaksanaannya di lapangan walaupun rumus atau perencanaan campurannya sama.
3. Struktur beton sulit untuk dipindahkan.
4. Berat sendiri beton yang tinggi, yaitu sekitar 2400 kg/m
5. Dikarenakan semen yang menyusunnya hidraulis, beton menjadi cenderung mudah retak.

2.2.4 Bahan Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat dipastikan melalui seleksi teliti bahan pembentuk beton, perhitungan proposi yang akurat, pelaksanaan dan perawatan yang cermat terhadap beton, serta pilihan yang bijak terkait bahan tambahan dengan jumlah yang optimal. Bahan-bahan dasar dalam komposisi beton meliputi semen, agregat, air, dan biasanya termasuk bahan tambahan atau pengisi. Pada bagian berikutnya, akan diuraikan mengenai tiga unsur utama dalam komposisi beton tersebut dan jenis-jenis bahan pengisi yang sering digunakan dalam praktik saat ini (Ghafur, 2009)

1. Semen Portland

Beton merupakan materi struktur yang tersusun atas agregat yang diikat oleh pasta semen yang mengeras, sehingga kualitas beton dipengaruhi oleh kualitas semen. Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif, yaitu bahan pengikat (Nugraha, 2007). Menurut (Mulyono, 2004), semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan.

Semen merupakan bahan yang digunakan untuk merekatkan bahan-bahan bangunan seperti batako, bata, batu. Semen juga digunakan dalam pembuatan beton, batako, paving block, mortar, dan semen Portland ini merupakan semen yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi bangunan menggunakan beton. Produk semen Portland di Indonesia diatur dalam Standar Nasional Indonesia dan termasuk dalam kategori SNI wajib yang di lindungi oleh UU No. 20 Tahun 2014 tentang Standarisasi dan Penilaian Kesesuaian. SNI tentang semen Portland di Indonesia pertama kali terbit pada tahun 1994, yaitu SNI 15 2049 1994 Semen Portland.

Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 sebagai syarat untuk bisa digunakan sebagai bahan konstruksi. Komposisi kimia semen portland pada umumnya terdiri dari CaO , SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 trikalsium silikat (C3S). Unsur C3S dan C2S merupakan bagian terbesar (70%-80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimuljo, 1996). Bila semen terkena air, maka C3S akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

Semen Portland terdiri atas 5 tipe dengan perbedaan manfaat yaitu sebagai berikut:

a. Semen Portland Tipe I

Yaitu semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland utamanya yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat.

b. Semen Portland Tipe II

Yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.

c. Semen Portland Tipe III

Yaitu semen yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

d. Semen Portland Tipe IV

Yaitu semen yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

e. Semen Portland Tipe V

Yaitu semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Peran semen adalah untuk mengikat butiran-butiran agregat menjadi massa yang padat dan tahan. Selain itu, semen juga berfungsi untuk mengisi celah di antara butiran agregat. Berdasarkan komposisinya, terdapat empat senyawa utama yang membentuk bahan semen dan berperan dalam proses pengikatan dan pengerasan. Keempat senyawa initerdiri dari batu kapur (*Lime Stone*) CaO, silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃). Interaksi keempat senyawa ini terjadi dalam klin dan membentuk klinker. Total kandungan dari keempat oksida ini mencapai sekitar 90% dari total berat semen, sementara sisanya terdiri dari oksida magnesium dan beberapa unsur lainnya seperti alkali, titanium, sulfur, dan fosfor. Rincian tentang keempat senyawa kompleks ini dapat dilihat pada table 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Komposisi Utama Semen

Nama Senyawa	Rumus Kimia	Singkatan	Kadar Rata-rata (%)
Trikalsium Silikat	3CaO.SiO ₂	C3S	37-60
Dikalsium Silikat	2CaO.SiO ₂	C2S	15-37
Trikalsium Aluminate	3CaO.Al ₂ O ₃	C3A	7-15
Tetrakalsium Alumina Ferit	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C4AF	10-12

Karakteristik kekuatan semen ditentukan oleh jumlah air yang dipakai saat proses hidrasi. Semakin banyak air yang digunakan maka akan mengurangi kekuatan tekan dari beton (Laintarawan et al., 2009). Sebaliknya apabila jumlah air semakin atau kurang dari 25%, maka kelecakan atau kemudahan dalam pengerjaan tidak akan tercapai. Beton yang dapat dengan mudah dikerjakan

atau dituangkan ke dalam cetakan dan dapat dengan mudah dibentuk disebut dengan beton yang memiliki workability. Semen adalah unsur utama dalam beton, meskipun jumlah kandungan pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% dan agregat sekitar 60% - 75% (Mulyono, 2004).

1. Air

Air memiliki peran penting dalam pembuatan campuran beton. Ketika air dicampur dengan semen, ia akan melapisi agregat halus dan agregat kasar untuk membentuk sebuah kesatuan. Proses pencampuran antara semen dan air menyebabkan reaksi kimia yang dikenal sebagai reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi ini, komponen utama dalam semen bereaksi dengan molekul air untuk membentuk hidrat atau hasil hidrasi.

Dalam proses pencampuran beton, sangat penting menggunakan air bersih yang tidak terkontaminasi oleh zat kimia yang bisa menyebabkan reaksi samping dari reaksi hidrasi. Air yang hampir semua air minum dan bebas dari bau atau rasa dapat digunakan dalam pencampuran beton. Kehadiran kontaminan dalam air tidak hanya mempengaruhi waktu pengikatan beton, kekuatannya, dan stabilitas volumenya (perubahan panjang), tetapi juga dapat menyebabkan pengkristalan atau korosi pada tulangan. Sebaiknya dihindari penggunaan air dengan kadar padatan terlarut yang tinggi.

Menurut Sjafei Amri (2005), air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton. Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan (Nugraha, & Antoni, 2007).

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 syarat-syarat air yang digunakan sebagai campuran beton yaitu:

a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari

- bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
 - c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi :
 - (1) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - (2) Hasil pengujian pada umur 3 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2. Agregat

Agregat adalah partikel mineral alami atau buatan yang bertindak sebagai pengisi dalam campuran beton. Agregat menyusun sekitar 70% volume beton, yang membuatnya memiliki dampak yang signifikan terhadap sifat dan kualitas beton. Oleh karena itu, pilihan agregat menjadi faktor kunci dalam proses pembuatan beton (Tjokrodinuljo, 1996).

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock & Brook, 1999).

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat merupakan material granuler seperti kerikil, pasir, kerak tungku, dan batu pecah dan dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Dalam campuran

beton, agregat adalah merupakan pengisi (*filter*) dan penguat (*strenger*) serta menempati 60 % – 70 % dari volume total beton sehingga sangat mempengaruhi sifat beton atau mortar. yang diperoleh dari batu pecah.

a. Agregat Halus

Menurut (Murdock & Brook, 1999) pasir atau agregat halus adalah agregat yang dapat melewati saringan uji kurang dari 5 mm atau lolos saringan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200. Agregat halus berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat.

Spesifikasi dari Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah:

- a) Susunan Butiran (Gradasi) Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus digolongkan 3 jenis pasir yaitu:
 - a). Pasir Kasar: $2.9 < FM < 3.2$
 - b) Pasir Sedang: $2.6 < FM < 2.9$
 - c) Pasir Halus: $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C 33–74a. Batasan tersebut dapat dilihat pada table 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Batasan Gradasi untuk Agregat Halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase Yang Lolos Saringan
9.5 mm (3/8 in)	100
4.76 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm (No.8)	80 – 100
1.19 mm (No.16)	50 – 85
0.595 mm (No.30)	25 – 60
0.300 mm (No.50)	10 – 30
0.150 mm (No.100)	2 – 10

Sumber: ASTM, 1995.

- b). Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5% (terhadap berat kering). Apabila kadar Lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci.
- c). Kadar Liat tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering).
- d) Agregat halus harus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di Laboratorium tidak menghasilkan warna yang lebih tua dari standart percobaan Abrams – Harder.
- e) Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaiian yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0,60% atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaiian.
- f) Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
 - 1) Jika dipakai Natrium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
 - 2) Jika dipakai Magnesium – Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15%.

b. Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 4,75 mm (No. 4) sampai 40 mm (No. 1,5 inchi).

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a) Susunan butiran (gradasi) Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau penggunaan

semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Susunan Besar Butiran Agregat Kasar

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 – 100
19,10	35 – 70
9,52	10 – 30
4,75	0 – 5

Sumber: ASTM, 1995

- b) Agregat kasar yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaiian yang berlebihan di dalam mortar atau beton.
- c) Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori atau tidak akan pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
- d) Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 1% (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melebihi 1% maka agregat harus dicuci.
- e) Kekerasan butiran agregat diperiksa dengan bejana Rudellof dengan beban penguji 20ton dimana harus dipenuhi syarat berikut:
 - 1) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 - 19,1 mm lebih dari 24% berat.
 - 2) Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19,1 - 30 mm lebih dari 22% berat.
- f) Kekerasan butiran agregat kasar jika diperiksa dengan mesin Los Angeles dimana tingkat kehilangan berat lebih kecil dari 50%.

2.3 Daun Serai

Indonesia sebagai negara tropis memiliki keanekaragaman sumber daya alam hayati. Keanekaragaman ini sangat bermanfaat, terutama dengan banyaknya spesies tanaman yang dapat digunakan sebagai obat. Salah satu tanaman yang dipercaya dapat dijadikan obat yaitu serai yang memiliki daun yang rimbun dan lebat. Daun dan akar serai mengandung alkaloid, saponin, tanin, polifenol dan flavonoid. Disamping itu, Abu daun serai mengandung sekitar 49% silika (SiO_2) Menurut Kardinan (2001).

Serai adalah tanaman menahun dengan tinggi antara 50 – 100 cm. Memiliki daun tunggal berjumbai yang dapat mencapai panjang daun hingga 1 m dan lebar antara 1,5 - 2 cm. Tulang daun sejajar dengan tekstur permukaan daun bagian bawah yang agak kasar. Batang tidak berkayu dan berwarna putih keunguan. Memiliki perakaran serabut. Tanaman ini tumbuh berumpun. Serai termasuk jenis tanaman perenial yang tumbuh dengan cepat (*fast growing*). Tinggi tanaman dewasa dapat mencapai sekitar 1 meter. Tanaman tropis ini dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu antara 10 hingga 33°C dengan sinar matahari yang cukup. Pertumbuhan tanaman yang baik dapat diperoleh pada daerah dengan curah hujan berkisar antara 700 – 3000 mm dengan hari hujan tersebar cukup merata sepanjang tahun. Tanaman serai dari species *Cymbopogon citratus* dapat tumbuh dengan optimal hingga ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut. Penanaman pada tanah dengan pH antara 5 – 7 dan memiliki drainase yang baik merupakan kondisi yang cukup ideal bagi serai (Badan Litbang Pertanian, 2019).

Abu daun serai yang mengandung silika dapat digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen pada campuran beton. Manfaat utamanya adalah meningkatkan kekuatan beton dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari produksi semen. Abu daun serai juga dapat membantu mengurangi penyerapan air dan meningkatkan ketahanan beton. Menurut penelitian ilmiah abu daun serai mengandung silika amorf (SiO_2) yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida dalam semen untuk membentuk senyawa yang lebih stabil untuk meningkatkan kekuatan beton.

2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar, setelah mengeras, untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. Menurut Sjafei Amri (2005), bahan penambah adalah suatu bahan yang berfungsi mengubah sifat alami beton dengan cara menambahkannya pada campuran beton, serta mempunyai tujuan tertentu dalam pencapaian target kerja.

Dapat disimpulkan bahwa bahan tambah merupakan bahan selain unsur pokok (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton yang bertujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, 1990), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu :

- a. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan yang lebih encer pada faktor air semen yang sama.
- b. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
- c. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan di bawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.

- d. Bahan tambah ini berfungsi Oganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
- e. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Pada dasarnya suatu bahan tambah harus mampu memperlihatkan komposisi dan unjuk kerja yang sama sepanjang waktu pengerjaan selama bahan tersebut digunakan dalam campuran beton sesuai dengan pemilihan proporsi betonnya (PB,1989 :12). Berdasarkan ASTM C.494 (1995: 254) bahan tambah kimia dibagi dalam 7 tipe yaitu:

- a. Tipe (A), bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang diterapkan (*Water Reducing*).
- b. Tipe (B), bahan tambah yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton (*Retarding*).
- c. Tipe (C), bahan tambah yang digunakan untuk mempercepat waktu peningkatan dan menambah kekuatan awal beton (*Accelerating*).
- d. Tipe (D), bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton (*Water reducing and set-retarding*).
- e. Tipe (E), bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah campuran air untuk menghasikkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan dan juga mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton (*Water reducing high range and accelerating*).
- f. Tipe (F), bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah campuran air sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah diterapkan (*High range water reducing*).
- g. Tipe (G), bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang telah ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton (*High range water reducing and set-retarding*).

Menurut SNI 03-2495-1991 (Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton, 1990), bahan tambah kimia dibedakan menjadi 5 jenis yaitu:

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai, dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan waktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada suatu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air atau pada stuktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Selain 5 jenis di atas ada dua jenis bahan tambah kimia lain yang lebih khusus, yaitu:

- a) Bahan tambah kimia yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sampai sebesar 20% atau bahkan lebih, untuk menghasilkan adukan beton dengan kekentalan sama (air dikurangi 12% lebih namun tidak menambah kekentalan pada adukan beton).
- b) Bahan tambah kimia tambahan dengan fungsi ganda, yaitu mengurangi air sampai 12% atau lebih dan memperlambat waktu ikatan awal.

2.5 Superplasticizer Tipe F

Menurut Tjokrodimuljo (1996), *Superplasticizer* tipe F merupakan bahan tambah kimia yang mampu mengurangi air hingga sekitar 20% dan juga

memberikan karakteristik fluiditas yang tinggi untuk beton. *Superplasticizer* pertama kali diperkenalkan di Jepang pada Tahun 1964 dan kemudian di Jerman pada Tahun 1972. Menurut Celik dan Marar (1996), *Superplasticizer* adalah *chemical admixture* beton yang tergolong pada *High Range Water Reducing Admixture* (Tipe F ASTM). Menurut ASTM C494 dan British Standard 5075, *Superplasticizer* adalah bahan kimia tambahan pengurangan air yang sangat efektif. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen yang lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan yang lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi. *Superplasticizer* juga mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan *workability*, bahan ini merupakan sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadi pemisahan (*bleeding*) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar.

Superplasticizer tipe F tidak akan menjadi encer semua campuran beton dengan sempurna, oleh karena itu campuran harus direncanakan untuk disesuaikan. Pengaruh yang penting adalah jumlah dari butiran-butiran halus (semen dan pasir yang ukuran partikelnya kurang dari 30 μm). Sebuah persyaratan utama yang merupakan rekomendasi dari laporan *Joint Working Party of the Cement Admixture in Concrete, Superplasticizing admixture in Concrete* (1976), campuran harus mengandung 450 kg/m^3 (760 lb/yd^3) dari partikel halus kombinasi dan ukuran agregat maksimum adalah 20 mm (3/4 inch), L J Murdock dan K.M Brook (1999).

Kelebihan dan kelemahan dari penggunaan bahan tambah *Superplasticizer* tipe F (Nugraha & Antoni, 2007) sebagai berikut:

1. Kelebihan *Superplasticizer* Tipe F

- a) Meningkatkan *workability* sehingga menjadi lebih besar daripada *water reducer* biasa.
- b) Mengurangi kebutuhan air (20-30%).
- c) Memudahkan pembuatan beton yang sangat cair. Memungkinkan penuangan pada tulangan yang rapat atau pada bagian yang sulit dijangkau oleh pemadatan yang memadai.

2. Kelemahan *Superplasticizer* Tipe F

- a) *Slump loss* perlu diperhatikan untuk tipe *naphthalene*; dipengaruhi oleh temperature dan kompatibilitas antara merek semen dan *Superplasticizer*.
- b) Kadar udara hanya 1,2-2,7% bahkan tanpa pemadatan apapun.
- c) Ada resiko pemisahan (segregasi) dan *bleeding* jika *mix design* tidak dikontrol dengan baik.
- d) Harga mahal.

2.5.1 Jenis-jenis *Superplasticizer* Tipe F

Menurut Edward G Nawy (1996), *Superplasticizer* dibedakan menjadi 3 jenis diantaranya adalah:

- a. Kondensasi Sulfonat Melamine Formadehyden (SMF) dengan kandungan klorida sebesar 0,005%.
- b. Kondensasi Sulfonat Nephthalene Formaldehyde (SNF) dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan.
- c. Modifikasi lignosulfat tanpa kandungan klorida.

Ketiga jenis bahan tambahan tersebut terbuat dari sulfonat organic. Dosis yang disarankan adalah 1-2% dari berat semen. Kontrol dari dosis juga penting karena kelebihan dosis akan menjadikan beton terlalu encer sehingga terjadi pemisahan butir (segregasi) yang cukup. Menurut D' souzha dan Flecher (2005), *Superplasticizer* terbagi atas beberapa jenis yaitu tipe *Sulphonate Melamine Formaldehyde Condensates* (SNFC), dan terbaru tipe *Polycarboxylate Ethers* (PCE).

2.5.2 Sikament LN

Sikament LN merupakan aditif pengurang air dan *Superplasticizer* (SP) yang sangat efektif untuk meningkatkan pengerasan awal beton atau beton yang dipercepat dengan kemampuan kerja yang tinggi. Sesuai dengan ASTM C 494-92 Tipe F. Sikament LN digunakan untuk mengurangi air hingga 20% yang akan menghasilkan peningkatan kekuatan tekan beton pada umur 28 hari sampai lebih dari 40% (Sika, 2016).

Sikament LN sebagai aditif beton berfungsi sebagai campuran adukan beton untuk mengurangi keropos, memudahkan pengecoran dan mempercepat pengerasan beton (kekuatan awal beton). Kemasan produk 20lt berwarna coklat tua (*dark brown*).

Secara kimia unsur yang terkandung dalam sikament LN adalah *Modifiet Napthalene Formaldehyde Sulfonate*, dengan berat jenis pada temperature 20°C sebesar $1,2 \pm 0,01$ kg/L (Sika, 2016). Proporsi campuran yang direkomendasikan 0,30%-2,0% dari berat total semen dalam campuran beton tergantung dengan kemudahan dan kekuatan beton yang direncanakan.



Gambar 2.1. Sikament LN

Persyaratan penggunaan Sikament LN adalah sebagai berikut:

1. Dosis yang disarankan adalah antara 0,30% dan 2,0% dari berat total bahan yang mengandung semen.
2. Dosis yang tepat akan bergantung pada persyaratan spesifik dari kemudahan kerja (*workability*) dan kekuatan beton yang diinginkan. Oleh karena itu, uji coba campuran dianjurkan untuk menentukan dosis yang paling sesuai.
3. Untuk campuran dengan pasir silika, dosis umum berada dalam rentang 0,30%–1,20% dari berat bahan yang mengandung semen.
4. Untuk campuran yang menggunakan kombinasi pasir pabrikan atau pasir vulkanik, dosis umumnya adalah 0,4%–2,0% dari berat bahan yang mengandung semen.

Cara penggunaan Sikament LN sebagai berikut:

1. Sikament LN dapat ditambahkan ke dalam air pencampur sebelum air tersebut dicampurkan dengan agregat kering.

2. Sikament LN dapat ditambahkan secara terpisah ke dalam campuran beton yang sudah basah, baik di pabrik batching maupun di lapangan.
3. Jika ditambahkan di lokasi atau lapangan pencampuran harus dilanjutkan selama tiga hingga lima menit untuk memastikan Sikament LN tercampur dengan baik ke dalam beton.

Penambahan superplasticizer sikament LN pada beton dapat mempengaruhi pola retak dan kuat tekan beton:

1. Penambahan superplasticizer sikament LN dapat mengurangi ukuran retak pada beton membuatnya lebih kecil. Karena sikament LN meningkatkan kohesi antara partikel-partikel semen dan agregat, sehingga mengurangi kemungkinan retak.
2. Retak lebih tersebar karena penggunaan superplasticizer sikament LN dapat membuat retak lebih tersebar secara merata pada permukaan beton, sehingga mengurangi konsentrasi retak pada satu titik.

Dengan penggunaan sikament LN dapat mengurangi retak pada beton saat dilakukan pengujian karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi:

1. Penambahan sikament LN dapat meningkatkan kohesi antara partikel-partikel semen dan agregat sehingga mengurangi kemungkinan retak.
2. Penambahan sikament LN dapat mengurangi tegangan pada beton sehingga mengurangi kemungkinan retak.
3. Penggunaan sikament LN dapat meningkatkan kuat tekan beton sehingga membuatnya lebih tahan terhadap beban dan dapat mengurangi kemungkinan retak.

2.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805

– 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a.

Menurut SNI-2847-2002 kekuatan material beton dinyatakan oleh kuat tekan benda uji berbentuk silinder dengan symbol f'_c dengan satuan MPa. Perubahan ini disebabkan pada saat ini (SNI 2847) peraturan beton mengacu kepada peraturan ACI 318.

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a.

Kuat tekan beton menurut SNI dinyatakan dalam satuan Megapascal (MPa) atau kilogram per sentimeter persegi (kg/cm^2) dan ditentukan berdasarkan pengujian benda uji silinder atau kubus pada umur 28 hari. Standar SNI yang sering dirujuk adalah [SNI 7656:2012](#) dan [SNI 2847:2013](#) untuk perencanaan dan pengendalian mutu beton, yang menetapkan metode pengujian dan kriteria penerimaan kuat tekan.

Kuat tekan beton umumnya diukur dengan menguji silinder beton yang dihitung dengan persamaan:

$$f'_c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

dengan:

f'_c = kuat tekan silinder beton (MPa)

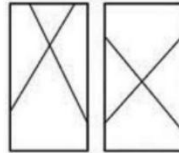
P = Beban tekan maksimum (N),

A = luas bidang tekan (mm^2)

Kekuatan tekan mengacu pada kapabilitas beton dalam menahan gaya tekan pada setiap satuan luas. Kuat tekan beton digunakan sebagai indikator kualitas struktur. Semakin tinggi persyaratan kekuatan struktur, semakin tinggi kualitas beton yang diperlukan (Mulyono, 2004). Berikut ini tipe pola retakan silinder beton:

1. Tipe 1: Pola Retak Kerucut (*Cone*)

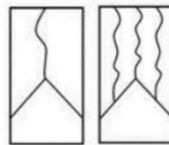
Tipe retakan ini adalah tipe yang umum, pembebanan pada benda uji tidak terdistribusi secara merata pada permukaan beton, sehingga menyebabkan gaya geser yang memicu retak kerucut.



Gambar 2.2. Tipe 1 Pola Retak Kerucut

2. Tipe 2: (*Cone and Split*)

Tipe retakan ini terjadi apabila tidak homogenya adukan agregat tidak merata saat pembuatan benda uji sehingga pembebanan yang tidak terdistribusi secara merata menyebabkan beton memiliki kekuatan tekan yang rendah.



Gambar 2.3. Tipe 2 Pola Retak Kerucut

3. Tipe 3: Pola Retak *Columnar*

Tipe ini terjadi akibat pembebanan yang tidak terdistribusi secara merata, misalnya karena ada kotoran pada mesin uji tekan atau permukaan benda uji yang tidak rata dan beban tekan yang terlalu besar yang dapat menyebabkan beton mengalami kegagalan secara vertikal, membentuk retakan yang sejajar dengan arah beton.



Gambar 2.4. Tipe 3 Pola Retak Columnar

4. Tipe 4: Pola Retak Geser (*Shear*)

Tipe retakan ini mengindikasikan bahwa pembebanan yang diberikan oleh mesin uji tekan tidak merata. Apabila hasil pengujian tekan pada benda uji banyak

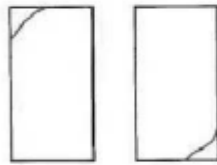
yang seperti ini maka perlu dilakukan kalibrasi atau pemeriksaan ulang terhadap mesin uji tekan.



Gambar 2.5. Tipe 4 Pola Retak Geser

5. Tipe 5 & 6: Pola Retak Diujung Silinder

Tipe retakan ini terjadi pada benda uji dikarenakan beberapa faktor seperti proses pengeringan yang lebih cepat sehingga beton menjadi lebih kering dan kurang kuat atau segregasi agregat sehingga agregat lebih terkonsentrasi di bagian bawah dan meninggalkan bagian atas dengan kekuatan yang lebih rendah.



Gambar 2.6. Tipe 5 Pola Retak Diujung Silinder



Gambar 2.7. Tipe 6 Pola Retak Diujung Silinder

2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Mutu Beton

Mutu beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- a. Faktor air semen (water-cement ratio)
- b. Proporsi dan komposisi material penyusunnya (semen, pasir, kerikil termasuk zat aditif)
- c. Metode pengadukan dan perawatan
- d. Umur beton
- e. Bentuk dan ukuran sampel