BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan bangunan yang sangat banyak digunakan dibidang konstruksi, Beton menjadi salah satu material paling umum digunakan pada bangunan karena kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitasnya. Dalam berbagai bangunan infrastruktur yang ada di dunia, beton yang dibuat dengan menggunakan semen portland menjadi material terbesar yang digunakan dibandingkan material lain seperti baja, kayu ataupun bambu. Beton merupakan material campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air dan admixture atau bahan tambah jika dibutuhkan (Ahmad, 2018). Kuat tekan beton merupakan sifat utama yang mencerminkan kemampuan beton menahan beban tekan yang diberikan kepadanya. Namun, akibat lingkungan agresif membawa pengaruh pada ketahanan dan menyebabkan kerusakan serta penurunan kekuatan tekan pada beton. Berkurangnya kekuatan beton dapat ditimbulkan antara lain dengan adanya senyawa-senyawa kimia di alam bebas, yang biasanya menyerang beton. Penggunaan struktur beton yang terkena langsung dengan senyawa asam akan mempengaruhi kualitas kuat tekan beton karena asam dapat menyebabkan kerusakan pada beton (Mufti Amir Sultan, 2021).

Beton dapat terpapar asam dari berbagai sumber, seperti dari tanah, lahan bergambut, hujan asam, limpasan industri dan sebagainya. Keruskaan yang di sebabkan asam ini sangat merugikan terutama pada struktur bangunan yang menggunakan beton, seperti pada penelitian Yuanzhu Zhang,dkk (2019) menyebutkan bahwa kerusakan bangunan di Hangzhou China akibat serangan asam yang di hasilkan dari hujam asam mengalami kerugian ekonomi yang meningkat dari tahun ke tahun mencapai lebih dari 2jt USD pertahun. Selain hujan asam salah satu lingkungan dengan tingkat keasaman tinggi adalah daerah bergambut. Indonesia memiliki luas lahan gambut sekitar 26 juta hektar yang tersebar di berbagai wilayah dataran rendah, termasuk daerah padat penduduk. Sebaran gambut tropis di Indonesia terdapat di tiga pulau terbesar yaitu Sumatera,

Kalimantan dan Papua. Di pulau Kalimantan, lahan gambutnya seluas 4.778.004 Ha dan papua seluas 3.690.921 Ha serta Pulau Sumatera 6.436.649 Ha (Rosianty et al, 2021 dalam Ardiansyah Hamid, 2023). Kondisi ini menjadi perhatian khusus dalam dunia konstruksi beton, mengingat sifat air gambut yang sangat asam akibat kandungan zat organik yang tinggi. Tingkat keasaman air gambut bervariasi antar daerah, namun umumnya sangat rendah, dengan pH berkisar antara 3 hingga 5,0 di wilayah seperti Sumatera dan Kalimantan (Angraini W Dari, 2021). Penelitian Sulaiman Hamzani dkk. (2017) di Desa Sawahan, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, memperkuat temuan ini, dengan nilai pH air gambut mencapai 3,0 yang tergolong sangat asam. Semakin rendah nilai pH, semakin agresif asam tersebut dalam merusak beton. Seperti pada penelitan yang di lakukan indra ariana,dkk (2024) menyebutkan bahwa keruskaan struktur beton terjadi karena pengaruh dari lingkungan. Seperti pada daerah Samarinda, Kalimantan Timur. Kondisi banjir yang sering terjadi di Samarinda, terutama pada musim hujan, berdampak besar pada ketahanan beton. Struktur beton yang sering terendam dalam air banjir akan mengalami degradasi lebih cepat karena air membawa partikel asam yang bersumber dari tanah gambut dan hujam asam sehingga mempercepat proses pengikisan pada beton.

Salah satu senyawa kimia yang dapat menyerang beton adalah asam sulfat (H_2SO_4) yang dikenal sangat agresif terhadap beton. Asam sulfat ialah senyawa asam yang terbentuk secara alami di permukaan tanah dan air tanah . Asam sulfat sering dijumpai dilingkungan sekitar serta agresifitasnya yang tinggi dibandingkan dengan asam lainnya. Konstruksi yang paling mudah terserang oleh sulfat antara lain struktur beton di daerah industri kimia, struktur pondasi, saluran air limbah, dinding penahan tanah dan terowongan bawah tanah (Jaya Alexander Pandiangan, 2014). Maka, untuk mengatasi masalah tersebut perlu memodifikasi beton dengan menggunakan bahan tambahan atau bahan pengganti pada campuran beton untuk mengubah, memperbaiki sifat-sifat beton, meningkatkan kuat tekan beton dan tahan terhadap lingkungan yang dapat merusak beton itu sendiri. Bahan tambah tersebut dapat berupa mineral (*admixture additive*) dan kimia (*chemical admixture*).

Silica fume adalah bagian dari *admixture additive* berupa material pozzolan halus, dimana komposisi silika lebih banyak. Ditinjau dari sifat fisik dan sifat kimianya, *silica fume* memiliki 2 pengaruh pada campuran beton yaitu sebagai *filler* dan bahan pozzolan. *Silica fume* dapat di jadikan sebagai *filler* karena memiliki ukuran butiran yang sangat halus. Karena ukuran partikel yang sangat halus, *silica fume* memiliki kemampuan untuk mengisi ruang kosong pada beton sehingga campuran beton mengalami proses penjenuhan (lebih rapat) yang dapat meningkatkan kuat tekan dan impermeabilitasnya. Pengaruh kedua sebagai bahan pozolan, dimana SiO2 bereaksi dengan $Ca(OH)_2$ yang merupakan bahan sisa dari hasil hidrasi semen. Hasil reaksi keduanya menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) sebagaimana yang dihasilkan hidrasi semen yang memberikan kekuatan pada beton kerasnya. Reaksi tersebut tersebar merata pada seluruh tempat di dalam beton termasuk pada ruang-ruang kosong pada lapisan agregat pasta semen, sehingga menambah kekuatan lekatan antara agregat dan pasta semen. (Sherli Pramudhita, 2017). Selain dapat meningkatkan kuat tekan beton penggunaan *silica fume* sebagai bahan penganti sebagian semen dapat mengurangi emisi karbon dioksida (CO_2) karena penggunaan semen dalam industri konstruksi salah satu sektor yang berkontribusi terhadap produksi CO_2 secara global yang diperkirakan mencapai 7% hingga 8% dari total emisi yang dihasilkan oleh proses produksi semen (Djayaprabha, 2025). Penelitian dengan menggunakan silica fume sebagai bahan pengganti sebagian semen sudah banyak di lakukan dan mendapatkan hasil yang bagus. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Haya Luthfiana,dkk (2024), dalam penelitian tersebut di dapatkan persentase optimum pengunaan *silica fume* dengan kadar 10% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 29,88 Mpa. Dimana menunjukkan peningkatan kekuatan tekan yang signifikan sebesar 55,91% dibanding dengan beton konvensional yang memimliki kuat tekan 19,16 Mpa.

Selain semen, pasir merupakan material yang memiliki peranan penting sebagai penyusun beton yang berfungsi sebagai agregat halus. Penambangan pasir sungai secara berlebihan akan berdampak pada sumber daya alam. Meningkatnya penggunaan agregat halus yang berasal dari pasir sungai lama kelamaan akan

menyebabkan kerusakan dasar sungai, penurunan muka air tanah, erosi tanah dasar sungai dan banjir ekstrem yang mengancam keanekaragaman hayati (Manthar Ali Keerio, 2020). Meninjau pada kondisi tersebut, perlu adanya pengkajian lebih mendalam megenai penggunaan bahan lain untuk mengurangi penggunaan pasir alam dalam campuran beton. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah rumah tangga dan industri. Limbah yang sering di jumpai di lingkungan sekitar adalah limbah kaca.

Kaca merupakan bahan yang bening atau transparan yang dihasilkan dari campuran silikon dioksida (SiO2), yang secara kimia sama dengan kuarsa. Kaca adalah suatu bahan yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai golongan keramik lainnya. Dalam kehidupan sehari-hari kaca digunakan sebagai cermin, alat-alat laboratorium, pembatas ruang,jendela, pintu dan lain sebagainya. Kaca yang sudah tidak terpakai atau sisa dari kegiatan rumah tangga maupun kegiatan industri biasanya akan di buang langsung ketanah maupun kesungai dalam jumlah cukup banyak. Limbah kaca sangat sulit untuk terurai dan bahkan membutuhkan waktu sekitar 1 jt tahun lamanya untuk dapat terurai sepenuhnya (Rochmah, 2024). Maka untuk mengurangi limbah kaca yang semakin banyak, dapat memanfaatkannya sebagai bahan campuran beton. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Miftahul Khair dkk (2023) bahwa Limbah kaca bening mengandung konstituen utama SiO2 dalam jumlah besar yaitu 73,20%. Selain mengandung silika, kaca juga memiliki potensi yang menguntungkan untuk digunakan dalam konstruksi karena sifatnya yang sangat keras, tahan lama, tahan terhadap serangan cuaca atau serangan kimia dan tidak mengandung lumpur seperti agregat dari alam, sehingga cocok digunakan sebagai Substitusi agregat halus. Penggunaan limbah kaca ini memberikan keuntungan ganda yaitu mengurangi timbunan sampah kaca, menurunkan emisi karbon, dan mengurangi eksploitasi pasir alam yang merusak lingkungan. Selain itu, penambahan kaca dapat meningkatkan kemampuan alir beton, memungkinkan produksi beton berkualitas tinggi tanpa memerlukan tambahan superplasticizer (Manthar Ali Keerio, 2020).

Meskipun beton telah menjadi material konstruksi utama, degradasi akibat paparan lingkungan asam, khususnya asam sulfat, menjadi masalah yang serius. Substitusi semen dengan silica fume dan substitusi agregat halus dengan serbuk kaca pada campuran beton telah terbukti meningkatkan beberapa sifat mekanik beton. Seperti pada penelitian yang di lakukan oleh Manthar Ali Keerio, dkk (2020) bahwa dengan menggantikan sebagian semen dengan silica fume dan menggantikan sebagian agregat halus dengan serbuk kaca dapat meningaktkan kuat tekan beton, dimana kuat tekan tertinggi di dapatkan pada campuran beton dengan penggantian sebagian semen dengan silica fume sebesar 10% dan penggantian sebagian agregat halus dengan serbuk kaca sebesar 30%. Namun pengaruhnya terhadap serangan asam sulfat masih perlu dikaji lebih mendalam.

Berdasarkan permasalahan di atas peneliti tertarik meneliti mengenai "**Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* Dan Serbuk Kaca Pada Beton Yang Terpapar Asam Sulfat"** dengan variasi *silica fume* 10% dari berat semen dan serbuk kaca 0%, 25%, 30%, 35% dan 40% dari berat agregat halus.

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton merupakan sifat paling utama yang mencerminkan kemampuan beton menahan beban tekan yang diberikan kepadanya. Namun, akibat lingkungan yang mengandung asam membawa pengaruh pada ketahanan dan menyebabkan kerusakan serta penurunan kuat tekan pada beton.
2. Beton dapat terpapar asam dari berbagai sumber, seperti dari tanah, lahan bergambut, hujan asam, limpasan industri dan sebagainya. Konstruksi yang beresiko terpapar asam antara lain struktur beton di daerah industri kimia, struktur pondasi, saluran air limbah, dinding penahan tanah, terowongan bawah tanah serta infrastruktur lainnya.
3. Proses produksi semen melibatkan pembakaran suhu tinggi yang menghasilkan emisi karbon dioksida (CO_2) yang berpotensi mencemari lingkungan.

4. Penambangan pasir sungai secara terus-menerus dapat mengakibatkan kerusakan dasar sungai, penurunan muka air tanah, erosi tanah dasar sungai dan banjir ekstrem yang dapat merusak lingkungan.
5. Limbah kaca sangat sulit untuk terurai. Jika tidak di daur ulang dapat mengakibatkan penumpukan sehingga menempati ruang yang sangat besar dalam jangka waktu yang sangat lama dan mencemari lingkungan.

1.3 Pembatasan Masalah

Mengingat bahwa ruang lingkup dari penyusun tugas akhir ini sangat luas, maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan SNI 7656:2012. Kuat tekan beton normal rencana adalah 20 Mpa.
2. Bahan substitusi semen yang digunakan untuk campuran beton adalah *Silica Fume* sebesar 10%
3. Bahan substitusi agregat halus yang digunakan adalah serbuk kaca yang sudah hancurkan dan lolos ayakan no 8 (2,36 mm) sebanyak 0%,25%, 30%, 35% dan 40% dari berat pasir.
4. Larutan asam yang digunakan adalah Asam Sulfat (kepekatan 98%) sebagai campuran perendaman benda uji, di campur hingga air rendaman memiliki Ph 3.
5. Pengujian dibatasi hanya pada kuat tekan beton, pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari

1.4 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dampak substitusi agregat halus (pasir) dengan serbuk kaca terhadap zona gradasi agregat halus ?
2. Bagaimana pengaruh Substitusi semen dengan *silica fume* sebesar 10% dan substitusi agregat halus dengan serbuk kaca sebesar 0%, 25%, 30%, 35% dan 40% terhadap kuat tekan beton?

3. Bagaimana efektivitas serbuk kaca dalam meningkatkan atau mempertahankan durabilitas beton di lingkungan asam dibandingkan dengan beton konvensional?
4. Berapa persentase optimum penggunan serbuk kaca sebagai bahan substitusi agregat halus dalam campuran beton agar tahan terhadap serangan sulfat?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi zona gradasi agregat halus dengan substitusi agregat halus menggunakan serbuk kaca
2. Untuk mengetahui pengaruh Substitusi semen dengan *silica fume* sebesar 10% dan substitusi agregat halus dengan serbuk kaca sebesar 0%, 25%, 30%, 35%, dan 40% terhadap kuat tekan beton.
3. Untuk mengetahi sejauh mana efektivitas serbuk kaca dalam meningkatkan atau mempertahankan durabilitas beton di lingkungan asam dibandingkan dengan beton konvensional
4. Untuk mengetahui persentase optimum penggunaan serbuk kaca sebagai bahan substitusi agregat halus dalam campuran beton agar tahan terhadap serangan sulfat.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tentang pengaruh penggunaan *silica fume* sebagai bahan substitusi semen dan serbuk kaca sebagai bahan substitusi agregat halus terhadap ketahanan beton pada lingkungan yang terdapat asam sulfat.
2. Dengan memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus diharapkan dapat mengurangi penumpukan limbah kaca serta mengurangi penggunaan pasir sungai yang jika di tambang secara terus-menerus dapat merusak lingkungan .

3. Dengan memanfaatkan *silica fume* sebagai bahan substitusi semen diharapkan dapat mengurangi emisi gas CO^2 yang dihasilkan dari produksi semen
4. Penelitian ini di harapkan dapat membantu mendapatkan campuran beton yang kuat dan tahan terhadap lingkungan yan agresif .
5. Jika penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk dapat digunakan pada pelaksanaan di lapangan.

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
UNIMED
THE Character Building UNIVERSITY