

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Elemen penting pada proses pembangunan ialah beton. Pembuatan beton dalam konstruksi bangunan biasanya melibatkan material seperti agregat kasar, semen, agregat halus, dan air (SNI 03-2834-2002). Beton berbobot normal yang diproduksi dengan agregat berbobot normal memiliki sifat struktural yang tinggi, namun memiliki massa yang lebih tinggi. Oleh karena itu, bangunan yang dibangun dengan beton berbobot normal lebih terpengaruh oleh gaya gempa, dimensi elemen struktur vertikal membesar dan timbul permasalahan desain arsitektur (Clarke, 2014; Nadesan dan Dinakar, 2017).

Pemakaian beton pada suatu konstruksi bangunan menjadi komponen utama sekarang ini sering terjadi penyempurnaan pada hubungannya dengan kekuatan, fungsi, umur manfaat serta biaya dari suatu perencanaan struktur (Pamuji, 2007). Pada struktur bangunan yang mempergunakan beton, berat beton termasuk bagian yang harus diperhitungkan pada beban struktural. Dalam mengurangi tekanan struktur diakibatkan berat beton sehingga dipakai beton berberat jenis lebih rendah dari beton yang umumnya dipakai. Beton ini dimaksud dengan beton ringan.

Dengan kemajuan inovasi dalam teknologi beton di industri konstruksi, beton ringan mendapatkan posisi sebagai salah satu pilihan pengembangan material beton yang menjanjikan, baik dari segi fungsi maupun manfaat yang penting. Desain beton ringan bersifat fleksibel, ekonomis, mengurangi penggunaan baja tulangan, dan ukuran struktur yang lebih kecil. Pemakaian beton dengan bobot ringan dapat

memaksimalkan daya tahan struktur, sebab beban mati menurun secara signifikan dari total berat bangunan, yang pada gilirannya akan memperbaiki kinerja struktur dan mempermudah proses pemasangannya. Beton ringan umumnya menjadi alternatif utama sebab cukup terjangkau dalam konstruksi, umumnya pada proyek gedung tinggi. Pemakaian material beton ringan menguntungkan keunggulan yang signifikan Ketika menyokong pembangunan infrastruktur di daerah rawan gempa (Sarjono Puro, 2014). Menurut SNI 03-2847-2002, beton struktural didefinisikan sebagai beton yang mengandung agregat ringan dengan berat jenis sekitar 1900 kg/m³ dan kuat tekan minimum 17 MPa dan kuat tekan maksimum 41.360 MPa. Dengan berat jenis yang rendah, beton ini dapat mengurangi beban pada elemen struktur, sehingga dimensi penampang dan kebutuhan pembesian dapat lebih kecil. (Rio Herdianto Rahamudin, dkk, 2016). Kekuatan tekan beton ringan bervariasi tergantung pada jenis dan proporsi bahan-bahan yang digunakan dalam campuran, seperti jenis agregat ringan, semen, dan aditif. Namun, secara umum, beton ringan terdapat kuat tekan yang lebih turun disandingkan bersama beton konvensional.

Semen adalah salah satu bahan dasar pada penciptaan beton. Sejalan pada perkembangan pembangunan, permintaan terhadap semen juga semakin tinggi. Namun, semen memiliki dampak negatif terhadap emisi gas rumah kaca. Saat ini, produksi semen di tingkat global mencapai 2,8 miliar ton setiap tahun dan diperkirakan akan meningkat hingga sekitar 4 miliar ton per tahun. Produksi semen juga mengeluarkan emisi CO₂ ke atmosfer yang berbahaya bagi alam (Oluwafemi Ezekiel Ige, dkk, 2024). Saat ini pembangunan dengan menggunakan beton konvensional terus meningkat, mengakibatkan kenaikan harga semen yang

signifikan. Masalah ini dapat diatasi dengan mengganti bahan beton dengan material lain seperti bahan pozzolan yang berbeda. Penggantian metakaolin bertujuan agar metakaolin bereaksi dengan kalsium hidroksida yaitu hasil reaksi hidrasi semen akan menghasilkan kalsium silikat yang memiliki sifat pozzolan. Pada percobaan ini peneliti akan mempelajari perilaku beton dimana sebagian semen akan digantikan oleh Metakaolin.

Metakaolin merupakan pozzolan yang berasal dari kaolin, adalah massa organik yang terbuat dari bahan lempung dengan kandungan besi yang tinggi. Metakaolin biasanya merupakan zat putih atau sedikit amorf yang terbuat dari beberapa lapisan silika aluminium yang telah mengalami dehidrokilasi melalui pemanasan hingga 600°C hingga 800°C dan tersusun dari padatan dengan ukuran 0,5–5 mikron, yang mengubah struktur kaolin menjadi mineral yang lebih reaktif dan amorf (Masri A Rivai¹, dkk, 2021). Penggunaan Metakaolin yang sangat halus memainkan peran krusial dalam mengurangi porositas dan meningkatkan kepadatan beton sehingga dapat mengisi celah-celah mikro dan pori-pori dalam pasta semen, metakaolin menciptakan struktur beton yang lebih rapat dan homogen. Hasilnya, beton menjadi lebih tahan terhadap penetrasi zat-zat agresif seperti sulfat dan klorida, yang pada akhirnya meningkatkan ketahanan terhadap lingkungan ekstrem dan memperpanjang umur masa berlaku struktur dan memiliki aktivitas pozzolan yang tinggi, dan digunakan untuk produksi material berbasah dasar semen berkinerja tinggi (Claudia Hidayat, dkk, 2018). Material ini menawarkan peningkatan signifikan pada kualitas beton, menjadikannya pilihan yang relevan untuk proyek-proyek yang mengutamakan durabilitas dan performa tinggi.

Keunggulan utama lain pada metakaolin terletak pada sifat pozzolaniknya yang sangat reaktif. Ketika dicampur dengan semen, metakaolin bereaksi dengan kalsium hidroksida (CH) yang terbentuk selama proses hidrasi, menghasilkan lebih banyak kalsium silikat hidrat (C-S-H). C-S-H inilah yang menjadi kekuatan dan kepadatan pada beton. Implikasi dari reaksi ini adalah peningkatan substansial pada kekuatan, daya tahan, serta kekokohan pada struktur beton bahkan melebihi yang bisa dicapai hanya menggunakan semen. Beton dengan metakaolin memiliki ketahanan yang jauh lebih baik terhadap serangan bahan kimia berbahaya seperti klorida (dari air laut, contohnya di daerah pesisir dan sulfat (dari tanah atau air tanah) Metakaolin efektif dalam mengurangi atau menekan reaksi alkali-agregat yang dapat menyebabkan retakan dan kerusakan pada beton jika agregat yang digunakan reaktif terhadap alkali dalam semen. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Sains Satria Nurkhasan dan koleganya (2020), yang meneliti campuran metakaolin dengan variasi 0%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, dan 22,5%, diketahui bahwa pada kadar 20%, penggantian sebagian semen dengan metakaolin justru menurunkan kekuatan tekan dibandingkan penggunaan 17,5%, meskipun hasilnya masih lebih baik daripada beton tanpa metakaolin sama sekali. Ketika persentasenya dinaikkan menjadi 22,5%, kekuatan tekan yang dihasilkan bahkan lebih rendah dibandingkan beton normal tanpa penambahan metakaolin, yakni hanya mencapai 45,27 Mpa, lebih rendah sekitar 1,60 MPa dari beton standar.

Penurunan kekuatan tekan ini disebabkan oleh menurunnya jumlah semen sebagai bahan pengikat utama akibat meningkatnya porsi metakaolin dalam campuran. Semakin tinggi kadar metakaolin yang ditambahkan, semakin kecil pula

jumlah semen yang berperan aktif dalam proses ikatan. Di samping itu, interaksi antara metakaolin dan hasil hidrasi semen pada kadar tinggi belum terjadi secara maksimal, yang memicu penurunan kekuatan tekan terutama pada usia beton 28 hari dengan kadar metakaolin 20% dan 22,5% (Hidayat, 2018). Penelitian lain oleh Wibowo dan rekan-rekannya pada tahun 2018 yang berjudul *"Kajian Pengaruh Variasi Metakaolin terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Mutu Tinggi"*, menunjukkan bahwa penggantian sebagian semen dengan 17,5% metakaolin memberikan hasil kekuatan tekan tertinggi sebesar 71,33 MPa. Sebaliknya, campuran tanpa metakaolin hanya mencapai kekuatan tekan sebesar 43,5 MPa.

Pemakaian metakaolin menjadi penggantian semen menciptakan beton oleh kekentalan yang makin tinggi biasanya bersama volume bubuk metakaolin yang dijalankan. Superplasticizer dapat digunakan karena kemampuannya dalam meningkatkan workability. Penggunaan superplasticizer dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton jika diterapkan pada kadar yang sesuai. Data dari uji laboratorium menunjukkan bahwa superplasticizer mengandung sekitar 70% air, sehingga penggunaan dalam kadar yang lebih tinggi dapat meningkatkan workabilitas. Dijelaskan pula oleh Kusnadi dkk, bahwa jika hasil kuat tekan meningkat 17.37% dan meningkatkan nilai slump 507% dengan hasil ini dapat mengetahui bahwa penambahan superplasticizer yang dilakukan beton ringan berfungsi dengan baik dengan dibuktikan meningkatkan nilai slump sekaligus dapat meningkatkan kuat tekan pada beton ringan.

Metakaolin terdapat luas permukaan yang lebih besar serta reaktivitas kimia yang lebih tinggi disandingkan pada kaolin, sehingga sering digunakan menjadi

bahan tambahan dalam produksi semen, beton, dan keramik agar menaikkan kekuatan dan kinerja material tersebut. Metakaolin akan mengisi rongga-rongga pada beton serta meningkatkan kepadatan beton. Metakaolin juga memiliki kemampuan untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida (pozzolanitas) pozzolan yang sangat efektif dapat mengubah struktur pasta semen dengan meningkatkan ketahanannya terhadap transportasi air dan difusi ion yang berbahaya juga lebih tahan terhadap abrasi dan erosi, menjadikannya ideal untuk aplikasi seperti lantai industri, dermaga, atau struktur hidrolis yang mengalami gesekan tinggi. Dengan mengurangi porositas dan permeabilitas, metakaolin mencegah penetrasi ion-ion korosif yang dapat merusak tulangan baja dan matriks beton itu sendiri. Dalam jangka panjang, hal ini berarti struktur akan memiliki umur layanan yang jauh lebih panjang, mengurangi kebutuhan akan perbaikan atau penggantian yang mahal. Dan bermanfaat dalam mortar campuran, pasta semen dan beton (Gameiro et al., 2012). Penambahan metakaolin terbukti bermanfaat, menciptakan beton melalui kekuatan serta kekokohan yang jauh lebih tinggi disandingkan campuran standar. Penggunaan metakaolin berpengaruh positif terhadap sifat mekanik beton. Selain itu, beton ramah lingkungan diproduksi menggunakan metakaolin. Akibatnya, beton ringan struktural yang diproduksi menggunakan metakaolin kuat dan tahan lama serta hemat lingkungan. Maka dari itu dijalankan kajian yang berjudul ***“PENGARUH METAKAOLIN SEBAGAI PENGANTIAN SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN”***.

1.2 Identifikasi masalah

1. Beton ringan masih kurang tepat digunakan pada beton struktural karna mempertimbangan kekuatan beton ringan relatif rendah
2. Berat jenis beton yang kian besar akibatnya menambah berat elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi penampang maupun pembesian menjadi lebih besar.
3. Adanya beberapa standart yang dapat digunakan untuk perencanaan proporsi pembuatan campuran beton ringan struktural.
4. Bagaimana Karakteristik beton ringan dengan menggantikan sebagian semen menggunakan metakaolin terhadap mutu beton
5. Bagaimana variasi terbaik dari nilai persentase metakaolin sebagai pengganti Sebagian semen agar diperoleh kuat tekan yang optimum
6. Penggunaan metakaolin sebagai pengganti semen berlebihan dapat mengubah tekstur beton segar menjadi kental yang berakibat menurunkan workability
7. Berbagai jenis agregat ringan dapat digunakan dalam pembuatan beton ringan, namun masing-masing memiliki kelebihan kekurangan dalam hal sifat fisik dan keekonomisan

1.3 Batasan masalah

Pada kajian ini memiliki Batasan permasalahan dianalisis dengan maksud pembahasan masalah yang akan di tinjau lebih berfokus dan tidak meluas. Terdapat batasan-batasan masalah yang ada pada kajian ini ialah seperti berikut :

1. Perencanaan penciptaan campuran beton ringan bersama agregat ringan menggunakan standar ACI 211.2-98

2. Kajian ini menggunakan metakaolin sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi penggunaan metakaolin mulai dari 12,5% ; 15% ; 17,5% ; 20% dari berat semen
3. Beton ringan menggunakan agregat ringan yang berjenis batu apung
4. Kajian ini memakai metakaolin sebagai pengganti semen Sebagian pada beton ringan yang mengandung *superplasticizer* dengan kadar 2%.
5. Perlu waktu 28 hari untuk uji tekan beton.

1.4 Rumusan masalah

Bagaimana mana pengaruh substitusi sebagian semen dengan metakaolin pada variasi kadar 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% terhadap kekuatan tekan beton ringan?

1.5 Tujuan penelitian

1. Untuk mengerti pengaruh metakaolin terhadap nilai kuat tekan beton ringan
2. Untuk memahami penggunaan metakaolin yang optimum dalam menggantikan sebagian semen melalui variasi 12,5%, 15%, 17,5%, 20% terhadap kuat tekan beton ringan

1.6 Manfaat penelitian

1. Mengetahui variasi optimum dari substitusi metakaolin terhadap nilai kuat tekan beton ringan
2. Memahami efek dari penggunaan bahan substitusi semen berisi metakaolin pada beton ringan.

3. Dengan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui persentase maksimum yang diharapkan dapat menciptakan beton bermutu tinggi dengan berat jenis relatif rendah
4. Bagi masyarakat, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu inovasi dalam memanfaatkan metakaolin sebagai bahan alternatif pengganti sebagian semen guna meningkatkan kekuatan tekan beton ringan.

