

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan mortar menjadi semakin penting dalam industri konstruksi sebagai bagian dari upaya untuk mengembangkan teknologi bahan bangunan yang ramah lingkungan. Mortar yang diharapkan bisa menghasilkan kekuatan mekanik lebih tinggi dan durabilitas yang besar (Bautista-Gutierrez et al., 2019). Banyak upaya telah dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dan *durability* pada mortar, antara lain penggunaan *fly ash* (FA) memiliki keuntungan seperti mengurangi penggunaan air, meningkatkan kemampuan kerja, meminimalkan retak, dan meningkatkan daya tahan terhadap tulangan korosi (X.-Y. Wang & Park, 2015). FA merupakan salah satu material *cementitious* yang telah digunakan secara luas sebagai filler untuk substitusi sebagian semen. Penggunaan *high volume fly ash* (HVFA) dalam pembuatan mortar menjadi sangat ramah lingkungan karena bisa menanggulangi dampak penggunaan semen yang berlebihan (Alfian Hendri Umboh Marthin D. J. Sumajouw, 2014).

Untuk mewujudkan mortar yang ramah lingkungan, penggunaan FA dengan kadar yang tepat dalam beton memiliki efek positif terhadap sifat mekanik. Namun, masalah utama substitusi semen dengan HVFA mengalami penurunan kuat tekan awal dari mortar (X.-Y. Wang & Park, 2015). Penurunan kuat tekan awal mortar tersebut terutama disebabkan oleh reaksi pozzolan yang lebih lambat antara FA dan Ca(OH)_2 sebagai produk hidrasi dari semen (Zaini Miftach, 2018), Oleh karena itu, diperlukan material yang dapat mempercepat hidrasi dari semen.

Nano material mempunyai karakteristik dan juga sifat properti yang sangat baik (Papanikolaou et al., 2019; Sobolev, 2016). Menurut Long et al., (2022), penambahan sejumlah kecil nano dapat meningkatkan sifat mekanik beton secara signifikan, misalnya kuat tekan dan kuat tarik serta mengurangi pori-pori dan retakan mortar semen. Menurut Małgorzata, (2019), penambahan *Graphene Oxide* (GO) terhadap mortar terbukti mempercepat hidrasi semen, khususnya pada tahap awal pengerasan mortar. Selain itu bentuk struktur GO 2D juga diharapkan bisa

meningkatkan kuat tekan pada mortar. penggunaan GO dalam mortar beton meningkatkan kepadatan dan menurunkan konsistensi dan waktu pengerasan (Ganesh et al., 2023).

Pada umumnya beton tahan terhadap kuat tekan dan lemah terhadap kuat tarik (Makul, 2020), sehingga perlu adanya bahan tambah yang dapat memodifikasi sifat mekanis tersebut. Selain GO, nano material seperti *multiple wall carbon nanotube* (MWCT) memiliki struktur berbentuk tabung nano karbon paling kaku yang pernah ditemukan dalam hal kekuatan tarik dan modulus elastisitas (Siddique & Mehta, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, mortar beton dengan bahan ikat dasar semen yang disubstitusi dengan HVFA dapat menurunkan hidrasi semen pada umur awal mortar, sehingga dengan adanya substitusi nano material berupa MWCT dan GO kedalam mortar bisa meningkatkan proses hidrasi dari semen dan juga kuat tekan, namun penggunaan nano material yang berlebihan dapat menurunkan kuat tekan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui besarnya pengaruh kuat tekan dan *setting time* mortar beton dengan substitusi MWCT dan GO terhadap mortar HVFA.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh penggunaan MWCT dan GO sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan mortar beton HVFA.
2. Seberapa besar pengaruh penggunaan MWCT dan GO sebagai substitusi semen terhadap *setting time* mortar beton HVFA.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan MWCT dan GO sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan mortar beton dengan HVFA.

2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan MWCT dan GO sebagai substitusi semen terhadap *setting time* mortar beton dengan HVFA.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat memberikan pengetahuan seberapa besar pengaruh penggunaan MWCT dan GO sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan dan *setting time* mortar beton HVFA.
2. Dapat menghasilkan mortar beton yang ramah lingkungan dikarenakan dapat memanfaatkan FA yang umumnya hanya menjadi limbah dari hasil pembakaran batu bara dan pembuatan mortar HVFA dapat mengurangi penggunaan semen dalam mortar beton.
3. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan referensi dan pertimbangan untuk tahap penelitian selanjutnya. Baik penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan dan juga untuk penelitian lebih lanjut.

1.5 Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih efektif, terarah dan dapat dikaji lebih mendalam lagi maka diperlukannya ruang lingkup dan batasan penelitian sebagai berikut:

1. Semen OPC merek Semen Padang tipe I;
2. FA yang digunakan dari PLTU Pangkalan Susu yang dihasilkan melalui pembakaran batu bara termasuk ke dalam kategori tipe F;
3. MWCT (*Multiple Wall Carbon Nanotube*) produk dari *Maxlab* Jakarta, indonesia dengan spesifikasi dispersi 1 mg/mL, sedangkan material GO produk dari laboratorium Itano Medan, indonesia dengan spesifikasi dispersi 10 mg/mL;
4. Faktor air semen (FAS) sebesar 0.46, dan SP sebesar 1,8%;
5. Penelitian ini hanya menguji kuat tekan dan *setting time* mortar HVFA;
6. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur benda uji 3, 7, 28 hari dengan target kuat tekan 20 MPa, sedangkan pengujian *setting time* dilakukan langsung setelah mortar *ready* dalam cetakan kerucut setiap 15 menit hingga

mendapatkan nilai *initial setting* tidak kurang dari 45 menit dan *final setting* tidak lebih dari 375 menit.

7. Benda uji kuat tekan berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dan Benda uji *setting time* berbentuk kerucut terpancung dengan ukuran, diameter atas 6 cm, tinggi kerucut 4 cm dan diameter bawah 7 cm;
8. Persentase nano material yang digunakan pada setiap sampel mortar beton HVFA ini, kecuali mortar kontrol berupa MWCT 0,01% dan variasi GO mulai 0,01% - 0,05% dengan peningkatan setiap sampel 0,01%.

1.6 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mendapatkan faktor air semen (FAS) pada perencanaan *mix design*. Pengujian yang dilakukan terhadap kuat tekan berdasarkan SNI-03-6825-2002, sedangkan untuk pengujian *setting time* berdasarkan ASTM C 807-2018. Pengujian dilakukan untuk melihat pengaruh penggunaan nanomaterial berupa MWCT dan GO terhadap mortar *high volume fly ash* (HVFA) dengan cara membandingkan hasil pengujian pada mortar kontrol (MF) dengan mortar variasi GO (MFCG). Material yang digunakan pada mortar MF berupa semen, pasir, air, SP dan FA, sementara pada mortar MFCG menggunakan semen, pasir, air, SP, FA, MWCT dan GO.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu persiapan, pelaksanaan, pengujian, dan pengolahan data untuk mendapatkan hasil penelitian. Penelitian ini diawali dengan dilakukannya studi literatur menurut beberapa referensi yang berkaitan dengan judul skripsi yang diangkat. Tahapan berikutnya adalah mempersiapkan material seperti semen *Portland*, semen yang digunakan adalah semen tipe I jenis semen Padang, pasir yang digunakan adalah pasir sungai Juli Kab. Bireuen, FA yang digunakan adalah limbah dari PLTU Pangkalan Susu, MWCT yang digunakan produk dari Maxlab, GO yang digunakan produk dari Itano dan air yang digunakan adalah air mineral isi ulang. Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian sifat fisis dari material yang akan digunakan. Pengujian sifat fisis ini berupa pengujian berat jenis semen, pengujian berat jenis dan penyerapan air

agregat halus, berat volume agregat halus, pengujian analisa saringan dan modulus halus butir (MHB), pengujian kadar organik agregat halus.

Perhitungan *mix design* berdasarkan pada (SNI 03-6825-2002) dan juga *trial and error*, benda uji yang akan dibuat untuk pengujian kuat tekan memakai cetakan kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Berdasarkan (ASTM C807-18) untuk pengujian *setting time* menggunakan cetakan kerucut terpancung dengan ukuran, diameter atas 6 cm, tinggi kerucut 4 cm dan diameter bawah 7 cm. Spesifikasi material mortar kuat tekan dan *setting time* sama, yaitu FA yang digunakan 60% dari berat semen, MWCT yang digunakan 0.01% dari berat semen dan GO yang digunakan variasi 0.01%, 0.02%, 0.03%, 0.04% dan 0.05% dari berat semen, FAS (faktor air semen) yang digunakan adalah 0.46, penambahan zat *admixture* berupa SP 1.8%. Total benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan sebanyak 54 sampel, yaitu 9 sampel untuk mortar MF dan 45 sampel untuk mortar MFCG. sedangkan untuk pengujian *setting time* menggunakan 6 sampel, dengan 1 buah sampel mortar MF dan 5 buah sampel untuk mortar MFCG. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah melewati proses perawatan mortar beton pada umur 3, 7 dan 28 hari. Pengujian *Setting time* akan dilakukan setiap 15 menit sekali menggunakan alat vicat sampai mortar mengeras.

1.7 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian mortar beton HVFA dengan substitusi nanomaterial MWCT-GO terjadi peningkatan kuat tekan dengan penggunaan variasi GO dari rentang 0,01%-0,03% dan kemudian mengalami penurunan pada substitusi GO sebesar 0,04%-0,05%. Substitusi nanomaterial berupa MWCT 0,01% dan variasi GO sebesar 0,03% mendapatkan nilai kuat tekan maksimum pada umur 28 hari sebesar 26 MPa atau 14,54% terhadap mortar kontrol sebesar 22,7 MPa.

Hasil pengujian *setting time* mortar HVFA menunjukkan waktu tercepat untuk mendapatkan *intial* dan *final setting* terjadi pada substitusi nanomaterial berupa MWCT 0,01% dan variasi GO 0,03% sebesar 19,5% atau 19 menit dan 16,7% atau 36 menit lebih cepat dari mortar kontrol.

Dari hasil pengujian maka diketahui bahwa substitusi nanomaterial berupa MWCT dan variasi GO sangat berpengaruh terhadap kuat tekan dan *setting time* yang membuat kuat tekan mortar HVFA meningkat dan mempercepat waktu *intial* dan *final setting* mortar. Hal ini disebabkan oleh fungsi dari GO pada mortar dapat meningkatkan hidrasi semen dan membantu menghasilkan lebih banyak produk hidrasi, hal tersebut sangat membantu mortar saat mengalami penurunan hidrasi akibat penambahan FA dengan rasio tinggi, dan meningkatkan kekuatan dan ketahanan korosi mortar semen. Sementara fungsi MWCT bisa meningkatkan kuantitas C-S-H dan menurunkan porositas yang dimana bisa meningkatkan sifat mekanis dari mortar. pada sampel MFCG-04 dan MFCG-05 mengalami kemampuan alir lebih rendah, efek nano MWCT-GO yang terkandung pada campuran yang menyerap air banyak sehingga kelecakan menurun, dengan penurunan kelecakan tidak mendapatkan *workability* yang baik sehingga campuran tidak homogen dan akan menurunkan kuat tekan begitu juga penurunan kepadatan yang mempengaruhi *setting time* mortar.