

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam komposisi tesis ini, peneliti memeriksa data yang diperoleh dari upaya penelitian sebelumnya untuk tujuan melakukan analisis komparatif, yang mencakup kelebihan dan kekurangan yang ada. Selain itu, para sarjana terlibat dalam pemeriksaan publikasi ilmiah dan tesis untuk memperoleh pengetahuan yang sudah ada sebelumnya mengenai ide-ide yang berkaitan dengan subjek ilmiah yang dipilih, sehingga membangun kerangka teori yang kuat.

1. Mochammad Qomaruddin dkk, mahasiswa Universitas Islam Nahdhatul Ulama 2017 dengan judul “Studi Pengaruh Air Laut Pada Mortar Beton Dengan Normal dan Mortar Beton Dengan Fly Ash”.

Penelitian ini mengkaji pengaruh air laut terhadap kuat tekan, kuat tarik lentur, dan sifat serapan mortar. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji dengan dimensi 50 x 50 x 50 mm. Spesimen ini dibiarkan mengering selama 28 hari. Selanjutnya, kuat tekan ditentukan dengan memberikan beban pada benda uji sebesar 1500 N/s. Benda uji yang digunakan untuk mengevaluasi kuat tarik lentur, dengan dimensi 40 x 40 x 160 mm, dilakukan prosedur persiapan yang sama dengan benda uji yang digunakan untuk menilai kuat tekan sebelum pengujian. Uji serapan dilakukan dengan menggunakan benda uji berukuran 100 x 50 mm. Spesimen ini diperoleh melalui proses pemotongan benda berbentuk silinder berukuran 100 x 200 mm yang sebelumnya telah melalui proses pengawetan dan pengeringan. Banyak kesimpulan yang dapat diperoleh dari informasi yang diperoleh selama pengujian kuat tekan.

- a. Menurut Grawande dkk. (2017), tidak ada perubahan signifikan yang diamati pada pola kuat tekan benda uji yang dibuat dengan fly ash.
- b. Perpanjangan waktu 90 hari diperlukan agar fly ash dapat mencapai

kekuatan maksimalnya. Akibatnya, penurunan kinerja tekan yang diamati pada benda uji yang mengandung abu terbang dapat disebabkan oleh pencapaian waktu reaksi yang tidak lengkap.

- c. Mortar fly ash dianggap sebagai pilihan yang lebih ideal di lingkungan laut.

Temuan yang diperoleh dari uji kuat tarik lentur dapat diringkas sebagai berikut:

- a. Dampak air laut pada mortar yang mengandung semen seringkali tidak merugikan.

Berdasarkan hasil uji serapan, dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pola infiltrasi mortar di lingkungan air tawar tetap tidak terpengaruh oleh keberadaan fly ash.
- b. Kehadiran fly ash di lingkungan air laut menyebabkan percepatan dan peningkatan proses penyerapan. Fenomena ini muncul dari reaksi selanjutnya yang terjadi ketika air laut menyusup ke rongga Hardley dan berinteraksi dengan sisa semen di dalam sel.

2. Adiwijaya Ali dan Irka Tangke Datu mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang 2018 dengan judul “Pengaruh Air Laut Sebagai Air Pencampur dan Air Perawatan Pada Karakteristik Pasta Semen dan Mortar”

Penelitian ini menyelidiki dampak air asin sebagai bahan pencampur terhadap karakteristik pasta semen dan mortar. Penelitian ini menggunakan agregat pasir sungai halus dan dua jenis perekat semen, yaitu Semen Portland Komposit (PCC) dengan berat jenis (BJ) sebesar 2,984 dan Semen Portland Pozzolana (PPC) dengan berat jenis (BJ) sebesar 2,986. Air yang digunakan untuk keperluan pencampuran pada percobaan ini diperoleh dari sumber alami, khususnya air laut. Sampel dikumpulkan dari ekosistem perairan Kabupaten Pangkajene yang terletak di kepulauan Sulawesi Selatan, khususnya pada

periode yang ditandai dengan curah hujan rendah. Bukti empiris menunjukkan bahwa konsistensi pasta semen pada beton semen portland (PCC) tidak dipengaruhi secara nyata oleh jenis air pencampur, baik air tawar maupun air laut. Hasilnya menunjukkan adanya hubungan langsung antara waktu pemeraman dan kuat tekan seluruh sampel mortar. Bukti empiris menunjukkan bahwa penambahan air laut sebagai penyusun air pencampur mempunyai kemampuan untuk meningkatkan kuat tekan mortar dalam jangka waktu 28 hari. Peningkatan kuat tekan mortar yang diamati diduga disebabkan oleh pengaruh salinisasi air laut, yang memiliki kemampuan untuk mempercepat proses hidrasi semen.

3. Erniati dkk, mahasiswa Universitas Hasanuddin 2013 dengan judul “Konsistensi Dan Kuat Tekan Mortar Yang Menggunakan Air Laut Sebagai Mixing Water”

Penelitian ini mengkaji kuat tekan pasangan bata ketika air laut digunakan sebagai air pencampur. Penelitian ini menggunakan PT. Komposit semen Portland (PCC) merek Tonasa, pasir Ottawa, air laut yang bersumber dari sekitar Tanjung Bunga, dan air suling. Benda uji dibuat menggunakan cetakan kubik dengan panjang sisi 50 mm. Sebanyak sembilan benda uji diproduksi secara individual. Zat yang dimaksud diperoleh melalui proses pencampuran ganda, khususnya kombinasi air suling dan air laut. Benda uji dikenai kategori air pencampuran yang sesuai. Uji kuat tekan dilakukan pada interval waktu 3, 7, dan 28 hari. Studi ini mengungkapkan bahwa pemanfaatan air laut mempunyai dampak yang nyata terhadap konsistensi dan waktu pengerasan semen, serta kekuatan tekan mortar. Secara khusus, perbedaan sebesar 1,3% terlihat pada konsistensi semen ketika membandingkan penggunaannya dengan air suling versus air laut. Selain itu, diamati bahwa kekuatan tekan mortar pada usia dini ditingkatkan dengan masuknya air laut. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan potensi adanya klorida dalam air laut, yang memfasilitasi pembentukan kristal garam Friedel.

## 2.2 Mortar

Sesuai aturan yang dituangkan dalam SNI 15-2049-2004, mortar adalah material komposit yang terdiri dari semen, agregat halus, dan air, baik dalam fase padat maupun tidak padat. Istilah "kekuatan tekan" dalam kaitannya dengan mortar semen Portland mengacu pada gaya maksimum per satuan luas yang diterapkan pada spesimen kubik mortar semen Portland dengan dimensi tertentu (Tjaronge et al., 2013).

Tujuan utama mortar adalah untuk meningkatkan daya rekat dan kekuatan ikatan antara berbagai komponen struktur. Integritas struktur mortar bergantung pada sifat kohesif yang ditunjukkan oleh pasta semen terhadap partikel agregat halus. Mortar harus memiliki tingkat ketahanan yang tinggi terhadap penyerapan air dan menunjukkan kekuatan geser yang cukup untuk menahan berbagai gaya yang diberikan terhadapnya. Ketika air dengan cepat terserap ke dalam mortar, baik dalam jumlah banyak atau dengan kecepatan yang cepat, mortar akan mengalami proses pengerasan yang cepat, sehingga mengakibatkan hilangnya ikatan perekatnya.

Proses pembuatan mortar lebih kompleks dari sekedar kombinasi elemen dasar untuk menghasilkan senyawa yang mudah dibentuk, seperti yang biasa diamati dalam konstruksi struktur dasar. Namun demikian, untuk mendapatkan campuran mortar berkualitas tinggi yang memenuhi standar yang lebih ketat dan dapat memenuhi lebih banyak tuntutan, penting untuk memikirkan dengan cermat metode untuk memperoleh campuran mortar baru yang telah dipersiapkan dengan baik, sehingga memfasilitasi terciptanya struktur yang kokoh. Campuran mortar yang berkualitas ditandai dengan kemampuannya yang mudah dicampur, diangkut, dituang, dan dipadatkan. Tidak ada kecenderungan pasir terlepas dari mortar atau air dan semen terpisah dari campuran. Campuran mortar dapat dianggap memuaskan jika menghasilkan struktur beton atau padat yang menunjukkan kekuatan, daya tahan, impermeabilitas, ketahanan terhadap keausan, serta muai dan kontraksi yang minimal.

Praktek menunggu selama 28 hari untuk menilai kuat tekan mortar sangatlah tidak praktis dan tidak efisien. Fenomena ini terutama disebabkan oleh banyaknya beban struktural yang bekerja pada mortar sebelum periode 28 hari selesai. Oleh karena

itu, sangat penting untuk melakukan uji kuat tekan pada masa pengerasan mortar selama 14 hari untuk memastikan pengendalian mutu dan memverifikasi bahwa kuat tekan yang dicapai memenuhi persyaratan yang ditentukan yang diuraikan dalam bestek. Hasil evaluasi digunakan untuk memastikan apakah kuat tekan mortar memenuhi standar yang telah ditentukan. Kehadiran angka yang secara efektif dapat mengartikulasikan korelasi antara kuat tekan awal mortar dan kuat tekan karakteristiknya adalah hal yang paling penting.

Terdapat berbagai klasifikasi mortar, yang meliputi jenis-jenis berikut:

- a. Mortar Kuno
- b. Mortar Semen
- c. Mortar Polimer
- d. Mortar Kapur
- e. Mortar Pozzolan

### **2.2.1 Mortar Kuno**

Mortar awal dibuat menggunakan bahan lumpur dan tanah liat. Karena kelangkaan sumber daya batu dan melimpahnya sumber daya tanah liat pada masa itu. Menurut catatan sejarah, kemunculan teknik konstruksi beton dan mortar dapat ditelusuri kembali ke Yunani kuno. Validasi pernyataan ini dapat dibuktikan dengan melakukan analisis saluran air bawah tanah di Megara, yang menunjukkan indikasi kuat adanya lapisan mortar pozzolan setebal 12 milimeter di reservoir. Pozzolanate mengacu pada jenis mortar yang terdiri dari batu kapur dan menggunakan abu vulkanik sebagai bahan tambahan. Komposisi unik ini memungkinkan mortar mengalami proses pengerasan dengan adanya air, sehingga tergolong semen hidrolik. Perolehan abu vulkanik oleh orang Yunani kuno difasilitasi melalui pengadaan bahan ini dari pulau Thira dan Nisiros di Yunani, serta dari koloni Yunani di kemudian hari, Cicaearchia (Pozzuli) yang terletak di dekat Napoli, Italia. Setelah itu, bangsa Romawi mencapai kemajuan signifikan dalam pemanfaatan dan metodologi yang berkaitan dengan pembuatan mortar dan semen pozzolan. Setelah itu, orang Romawi menggunakan

mortar yang tidak mengandung pozzolan, melainkan memilih keramik hancur yang mengandung aluminium oksida dan silikon dioksida. Kekuatan mortar ini relatif lebih rendah dibandingkan mortar pozzolan; meskipun demikian, kepadatannya yang lebih tinggi membuatnya lebih efektif dalam hal ketahanan terhadap tetesan air. Namun, metode yang digunakan dalam pembuatan mortar dan semen terhidrolisis, yang disempurnakan dengan cermat dan digunakan secara luas oleh orang Yunani dan Romawi kuno, tetap tidak aktif selama kurang lebih dua ribu tahun.

### **2.2.2 Mortar Semen (Semen Mortar)**

Mortar semen portland, sering dikenal sebagai mortar semen, dibuat dengan mencampurkan semen portland, pasir, dan air. Munculnya mortar semen terjadi pada pertengahan abad kesembilan belas, sebagai konsekuensi dari upaya ilmiah yang berfokus pada peningkatan integritas struktural mortar yang sudah ada sebelumnya. Setelah itu, material tersebut mengalami lonjakan popularitas yang signifikan selama paruh akhir abad kesembilan belas, yang pada akhirnya mengakibatkan penggantinya dengan mortar kapur pada tahun 1930. Substitusi ini memfasilitasi prosedur konstruksi yang lebih cepat.

### **2.2.3 Mortar Polimer (Polimer Semen Mortar)**

Mortar semen polimer (PCM) merupakan material komposit yang bertujuan untuk menggantikan mortar semen konvensional dengan memasukkan polimer sebagai pengganti pengikat semen hidrat. Campuran polimer mencakup berbagai kategori, termasuk lateks atau emulsi, polimer granular yang dapat terdispersi kembali, polimer yang larut dalam air, resin cair, dan monomer. Bahan tersebut menunjukkan karakteristik permeabilitas rendah, yang secara efektif mengurangi terjadinya retakan susut akibat pengeringan. Ini dirancang khusus untuk tujuan memperbaiki struktur beton.

### **2.2.4 Mortar Kapur (Kapur Mortar)**

Mortar kapur, sering disebut mortar kapur, diproduksi melalui kombinasi pasir, kapur, dan air. Pemanfaatan mortar kapur dapat ditelusuri kembali ke sekitar 4000 SM

pada masa Mesir Kuno. Mortar kapur telah digunakan secara luas di banyak wilayah secara global, dan yang paling menonjol adalah konstruksi bangunan Kekaisaran Romawi yang tersebar di Eropa dan Afrika. Mayoritas struktur batu di Eropa dan Asia yang dibangun sebelum tahun 1990 sebagian besar dibangun menggunakan semen kapur, yang sering disebut mortar kapur. Produksi mortar kapur merupakan prosedur yang mudah, dimana kapur dibakar di dalam tungku, sehingga menghasilkan pembentukan kapur tohor. Selanjutnya, kapur tersebut digabungkan dengan air, menghasilkan produksi kapur sirih, yang dapat diolah lebih lanjut menjadi dempul kapur atau bubuk kapur terhidrasi. Selanjutnya, kombinasi pasir dan air digunakan untuk membuat mortar. Variasi mortar kapur yang disebut non-hidrolik menunjukkan periode pengerasan yang lama karena reaktivitasnya secara bertahap dengan karbon dioksida yang ada di atmosfer. Kecepatan proses pengerasan dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan batu kapur yang diberi suhu tinggi di dalam tungku pembakaran, sehingga menghasilkan pembentukan kapur hidrolik yang menunjukkan reaktivitas jika bersentuhan dengan air. Alternatifnya, penambahan zat pozzolan, seperti tanah liat terkalsinasi atau debu batu bata, ke dalam campuran juga dapat berkontribusi terhadap percepatan kecepatan pengerasan. Istilah "mortar" mengacu pada zat yang digunakan dalam konstruksi dan pasangan bata yang mengikat

Pemanfaatan mortar semen dalam restorasi bangunan bersejarah yang dibangun dengan mortar kapur menimbulkan komplikasi. Alasan fenomena ini disebabkan oleh kekerasan mortar kapur yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan mortar semen, yang memberikan tingkat fleksibilitas pada batu bata, memungkinkannya mengakomodasi pergerakan tanah dan kondisi lingkungan dinamis lainnya. Mortar semen menunjukkan kekerasan yang lebih besar dan fleksibilitas yang lebih rendah. Fenomena yang dijelaskan dapat mengakibatkan terbentuknya retakan pada struktur bata, yaitu pada antarmuka dimana kedua mortar yang sudah ada menempel pada satu sisi dinding bata.

### **2.2.5 Mortar Pozzolan (Pozzolan Mortar)**

Abu vulkanik berpasir yang dikenal sebagai pozzolan halus pertama kali diidentifikasi dan diekstraksi di Italia dekat kawasan Gunung Vesuvius, khususnya di pozzuoli. Vitruvius, seorang arsitek terkenal dari Roma kuno, mendokumentasikan keberadaan empat jenis pozzolana yang berbeda di wilayah vulkanik Italia. Tipe ini mempunyai ciri khas dari warnanya yang beragam yaitu hitam, putih, abu-abu, dan merah. Ketika pozzolana halus digabungkan dengan kapur, ia menunjukkan karakteristik yang mirip dengan semen Portland, menghasilkan pembentukan mortar kuat yang mampu mengalami hidrasi dengan adanya air.

### **2.3 Pasir**

Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari berbagai sumber, antara lain letusan gunung berapi, sedimen sungai, erosi tanah, dan wilayah pesisir. Oleh karena itu, pasir dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori berbeda, yaitu pasir tambang, pasir laut, dan pasir sungai.

Pasir umumnya digunakan sebagai agregat halus dalam beberapa aplikasi bangunan, termasuk formulasi campuran beton, produksi perekat pasangan bata, dan pembuatan keramik. Sesuai dengan standar nasional Indonesia yang telah ditetapkan, Ciri-ciri yang menentukan pasir atau agregat halus sebagai bahan konstruksi bermutu tinggi diuraikan sebagai berikut:

1. Konstituen utama agregat halus terutama harus mencakup partikel yang tajam dan tahan lama, yang memiliki indeks kekerasan kurang dari 2,2.
2. Kandungan lumpur di pasir tidak boleh melebihi 5%. Apabila proporsi lumpur di dalam pasir melebihi 5%, maka perlu dilakukan proses pencucian pasir.
3. Kandungan organik yang berlebihan pada pasir sebaiknya dihindari.
4. Pemanfaatan pasir pantai sebagai agregat halus pada beton dengan kualitas apa pun umumnya tidak direkomendasikan, kecuali jika pedoman khusus telah ditetapkan oleh badan pemerintah resmi yang bertanggung jawab mengawasi

bahan bangunan.

5. Pemilihan agregat halus untuk tujuan plesteran dan aplikasi memerlukan kepatuhan terhadap persyaratan pasir yang ditentukan. Pasir adalah ilustrasi prototipikal dari zat granular. Butir pasir biasanya menunjukkan kisaran ukuran dari 0,0625 hingga 2 mm. Tujuan utama pasir dapat digambarkan sebagai berikut:

- a. Penggunaan material timbunan, khususnya pasir, umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi. Digunakan sebagai alas pondasi, penyangga lantai, dan substrat paving block.
- b. Bahan mortar, juga dikenal sebagai mortar beton/pasir, umumnya digunakan sebagai bahan pengikat pada banyak aplikasi konstruksi. Ini digunakan sebagai mortar untuk lantai kerja, pondasi batu sungai, dan instalasi dinding bata. Selain itu juga berfungsi sebagai spesies untuk peletakan ubin lantai, ubin dinding, dan batu alam, serta untuk plesteran dinding.
- c. Pemanfaatan material campuran beton/pasir cor banyak digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, khususnya pada campuran beton bertulang dan tidak bertulang. Bahan-bahan ini umumnya digunakan pada struktur pondasi beton bertulang, sloof, lantai, kolom, pelat lantai, ubin cor, balok cincin, dan komponen serupa lainnya.

Ada berbagai klasifikasi pasir, yang dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. Pasir Beton

Zat yang dipertimbangkan dicirikan oleh rona gelap dan ukuran partikel yang kecil. Khususnya, ketika dikompresi dengan kekuatan manual, ia tidak menunjukkan sifat kohesif dan malah hancur menjadi pecahan-pecahan lepas. Pasir menunjukkan sifat yang sangat baik untuk banyak aplikasi seperti pengecoran, plesteran dinding, konstruksi pondasi, dan pemasangan batu bata.

b. Pasir Pasang

Secara khusus, pasir lebih unggul dari pasir beton. Salah satu ciri khas bahan ini adalah kecenderungannya untuk berkumpul dan tetap dalam kondisi padat ketika dikompresi, sehingga tidak memiliki kemampuan untuk kembali ke bentuk awalnya. Pasir pasang surut umumnya digunakan sebagai bahan tambahan pada pasir beton untuk mengurangi tekstur kasarnya, sehingga cocok untuk keperluan plesteran dinding.

c. Pasir Elod

Pasir yang dimaksud mempunyai kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasir beton dan pasir pasang surut. Ciri khas objek ini adalah kecenderungannya untuk berkumpul dan kehilangan kemampuannya untuk mengembang setelah dikompresi menjadi konfigurasi yang mengempal. Jenis pasir khusus ini tidak cocok untuk keperluan konstruksi. Umumnya digunakan sebagai material komposit dalam pembuatan batu bata.

d. Pasir Merah

Pasir yang dimaksud memiliki karakteristik yang mirip dengan pasir konstruksi, namun teksturnya lebih kasar dan pecahan batuanannya lebih besar. Variasi pasir khusus ini memiliki kesesuaian luar biasa untuk proses pengecoran berbagai bahan.

## 2.4 Semen

Semen terdiri dari kombinasi banyak komponen kimia yang memiliki karakteristik hidrolis. Istilah "hidrolis" mengacu pada sifat suatu zat untuk membentuk massa yang kohesif dan padat bila digabungkan dengan air, sehingga menghasilkan kemampuan untuk mengeras dan menahan pembubaran. Semen secara garis besar dapat dicirikan sebagai suatu zat yang memiliki sifat perekat yang memudahkan pengikatan berbagai komponen atau beberapa benda, sehingga menghasilkan terbentuknya struktur yang kokoh (Pratama dkk., 2014). Sementara itu, perlu dicatat bahwa istilah "semen" berasal dari kata Latin "caementum", yang berarti pembagian

menjadi pecahan-pecahan kecil dan tidak beraturan. Meski populer pada masanya, pendahulu semen yang diproduksi di Napoli memiliki umur yang agak pendek. Setelah runtuhnya Kekaisaran Romawi, pada periode abad pertengahan (1100-1500 M), pengetahuan tentang formulasi campuran pozzuolana mulai hilang. Pada tahun 2011, terjadi peningkatan signifikan dalam konsumsi semen di Indonesia, dengan tingkat pertumbuhan sebesar 18% dibandingkan tahun sebelumnya, sehingga menghasilkan total volume sebesar 48,0 juta ton. Statistik tersebut di atas menunjukkan pencapaian yang setara dengan sekitar 42% dari keseluruhan kapasitas terpasang yang saat ini dapat diakses. Diakui secara luas bahwa kapasitas terpasang industri semen saat ini mencapai 56 juta ton, yang tersebar di 9 fasilitas. Setelah menganalisis data historis bisnis semen selama periode 15 tahun, terlihat jelas dari gambaran grafis bahwa tahun 2011 merupakan tahun dengan tingkat pertumbuhan paling besar. Tingkat pertumbuhan ini melampaui rekor sebelumnya yang dicapai pada tahun 2000, yaitu sebesar 18,7%. Patut dicatat bahwa pertumbuhan luar biasa ini terjadi setelah masa krisis ekonomi yang dialami industri semen pada tahun 1998 hingga 1999. Pada tahun 1998, sektor semen mengalami penurunan yang signifikan hingga mencapai titik terendah dengan tingkat pertumbuhan negatif sebesar -30,5%. Jika persentase tingkat pertumbuhan dihitung sebagai rata-rata selama rentang waktu 10 tahun, maka persentasenya diperkirakan sebesar 6,5%. Demikian pula jika diukur dalam 20 tahun terakhir, angka pertumbuhan rata-rata masih berkisar pada 6,4%. Dimulainya berbagai inisiatif infrastruktur besar-besaran pada pertengahan tahun 2011 menghasilkan lonjakan permintaan semen yang signifikan. Wilayah Jawa, khususnya DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten mengalami peningkatan paling signifikan pada tahun 2011. Misalnya, pembangunan beberapa jalan tol dan perluasan properti dan perumahan semakin marak terjadi di banyak wilayah lain yang juga mengalami peningkatan pertumbuhan substansial. Khususnya, Sumatera mengalami pertumbuhan sebesar 14%, Kalimantan 17%, Sulawesi 16%, dan Bali-Nusa Tenggara 19%. Saat ini, satu-satunya wilayah yang masih mengalami penurunan adalah Papua, yaitu sekitar 29%. Hal ini disebabkan oleh seringnya terhambatnya transportasi semen ke berbagai pasar di

wilayah tersebut, terutama karena sarana dan prasarana transportasi darat dan laut yang belum memadai. Akibatnya, distribusi semen seringkali terhambat.

Berdasarkan analisis menyeluruh atas data dan informasi yang tersedia, terdapat kemungkinan bahwa industri semen akan terus mengalami peningkatan pada tahun 2012, meskipun dengan laju yang lebih lambat dibandingkan tahun sebelumnya. Berdasarkan analisis terhadap faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pertumbuhan permintaan semen, terlihat bahwa program MP3EI yang digagas pemerintah untuk mempercepat pembangunan infrastruktur mempunyai peranan yang cukup besar. Oleh karena itu, masuk akal jika industri semen di Indonesia memiliki kesiapan dan kapasitas yang diperlukan untuk mendukung program ini, sehingga memungkinkan tingkat pertumbuhan berkisar antara 8% hingga 10% pada tahun 2012.

Pada tahun 2012, terdapat potensi peningkatan volume penjualan semen sebesar 10%, dan proyeksinya menunjukkan peningkatan dari 48 juta ton pada tahun sebelumnya menjadi 52 juta ton. Namun, pertumbuhan ini mungkin dipengaruhi oleh krisis di Eropa, karena dapat berdampak pada aliran investasi yang terkait erat dengan proyek properti dan infrastruktur. Meski demikian, potensi dampak krisis ini dapat dimitigasi melalui peningkatan permintaan semen yang didorong oleh proyek masterplan percepatan dan perluasan pertumbuhan ekonomi Indonesia (MP3EI).

#### **2.4.1 Langkah-langkah Produksi Semen**

1. Operasi penggalian dan penggalian memainkan peran penting dalam perolehan bahan-bahan penting untuk pembuatan semen. Bahan-bahan ini secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori: bahan yang memiliki kandungan kapur tinggi atau bahan yang mengandung kapur (disebut bahan berkapur). Contoh bahan berkapur yang menonjol termasuk batu kapur, kapur, dan bahan serupa. Kategori kedua terdiri dari bahan yang memiliki kandungan silika tinggi atau terdiri dari zat yang kaya akan tanah liat, seperti tanah liat itu sendiri. Proses ekstraksi melibatkan pengerukan

atau peledakan batu kapur dan tanah liat dari tambang, diikuti dengan pengangkutan selanjutnya ke penghancur.

2. Penghancuran : Fungsi utama crusher adalah untuk memperkecil ukuran material yang digali.

3. Pencampuran Awal : Substansi yang terfragmentasi dikenakan teknik analisis otomatis untuk memastikan unsur-unsur penyusun yang ada dalam agregat.

4. Penghalusan dan Pencampuran Bahan Baku : Pada awalnya, Belt conveyor digunakan untuk memindahkan tumpukan hasil amalgamasi ke wadah, dimana rasio berat umpan diubah agar selaras dengan jenis klinker spesifik yang diproduksi. Selanjutnya bahan tersebut digiling hingga mencapai tingkat kehalusan yang diperlukan.

5. Pembakaran dan Pendinginan Klinker : Pra-pemanas, suatu penukar panas yang terdiri dari rangkaian siklon, memfasilitasi transmisi panas antara campuran bahan mentah dan gas kiln, yang beroperasi dalam konfigurasi aliran berlawanan. Kalsinasi parsial terjadi di pra-pemanas, diikuti dengan kalsinasi lebih lanjut di kiln, menghasilkan transformasi bahan mentah menjadi zat dengan karakteristik seperti semen, yang menunjukkan keadaan sedikit cair. Di dalam kiln, yang beroperasi pada kisaran suhu 1350-1400 °C, material mengalami transformasi, menghasilkan pembentukan massa padat kecil yang disebut klinker. Selanjutnya, formasi klinker ini dilanjutkan ke pendingin klinker, dimana masuknya udara pendingin memfasilitasi penurunan suhu hingga sekitar 100 °C.

6. Penghalusan Akhir : Klinker dialirkan dari silo klinker ke wadah klinker dan selanjutnya dialirkan melalui timbangan pengumpan. Peralatan ini berfungsi untuk mengontrol proporsi aliran material sehubungan dengan bahan aditif. Pada saat ini, klinker gipsium dimasukkan ke dalam peralatan penggilingan akhir. Untuk mencapai kehalusan yang sesuai, sistem tertutup digunakan untuk menghancurkan kombinasi

klinker dan gipsum untuk semen tipe 1, dan kombinasi klinker, gipsum, dan posolan untuk semen tipe p. Semen selanjutnya diangkut melalui saluran ke silo semen.

## 2.5 Air

Penambahan air pada mortar berfungsi sebagai katalisator reaksi kimia yang melibatkan semen, memfasilitasi hidrasi dan meningkatkan kemampuan kerja campuran beton. Kualitas air yang digunakan dalam pekerjaan beton sangat penting karena berdampak langsung pada kualitas mortar. Oleh karena itu, sangat penting untuk menetapkan dan mematuhi kriteria kualitas air yang ketat.

Air yang digunakan dalam konteks ini bersumber dari air tawar seperti sungai, danau, kolam, dan lain-lain, atau dari air laut, asalkan memenuhi baku mutu yang ditentukan. Secara umum, air minum mempunyai potensi untuk digunakan sebagai komponen yang cocok dalam kombinasi mortar. Air laut biasanya terdiri dari larutan garam 3,5%, dengan sekitar 78% komposisinya adalah natrium klorida dan 15% adalah magnesium klorida.

Air adalah senyawa yang terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen, dan dinyatakan dengan rumus kimia  $H_2O$ . Molekul air terdiri dari dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen dengan satu atom oksigen. Pada kondisi tertentu, yang mencakup tekanan 100 Kpa (1 bar) dan suhu 273,15 K ( $0^{\circ}C$ ), air menunjukkan sifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Senyawa kimia tersebut di atas sangat penting sebagai pelarut karena kemampuannya melarutkan berbagai senyawa kimia secara efektif, termasuk garam, gula, asam, berbagai gas, dan beragam molekul organik (Prastuti, 2017).

Air umumnya dikenal sebagai pelarut universal karena kemampuannya melarutkan berbagai senyawa kimia. Di bawah kondisi tekanan dan suhu standar, air berada dalam keadaan kesetimbangan dinamis, di mana ia terus-menerus bertransisi antara fase cair dan padat. Air dalam keadaan ioniknya dapat dicirikan sebagai ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terikat dengan ion hidroksida ( $OH^-$ ).

Perbedaan utama antara air sungai dan air laut adalah adanya garam, air laut bersifat asin dan air sungai tidak memiliki salinitas. Distribusi garam di air laut menunjukkan variabilitas spasial, sehingga menyebabkan konsentrasi garam tidak seragam di berbagai lokasi.

Konsentrasi garam rata-rata dalam air laut adalah 35 bagian per seribu (ppt), yang menunjukkan bahwa ekstraksi garam dari satu meter kubik air laut akan menghasilkan 35 kilogram. Di antara beberapa garam yang ada dalam air laut, tidak semuanya hanya terdiri dari natrium klorida (NaCl). Komposisi garam yang ada dalam air laut terdiri dari beberapa bentuk garam, dengan proporsi garam meja yang cukup besar, yaitu sekitar 70%.

Menurut penelitian Musthafa (2012), komposisi garam pada air laut terdiri dari banyak komponen. Ini termasuk NaCl (68,1%), HgCl<sub>2</sub> (14,4%), NaSO<sub>4</sub> (11,4%), CaCl<sub>2</sub> (3,2%), KCl (3,9%), NaHCO<sub>3</sub> (0,6%), KBr (0,3%), dan zat lain-lain (0,1%). Dampak kimia utama air laut pada mortar sebagian besar disebabkan oleh aksi korosif Magnesium Sulfat (MgSO<sub>4</sub>), yang semakin diperkuat dengan adanya ion Klorida. Reaksi ini pada akhirnya menyebabkan berkurangnya kekuatan mortar. Fenomena yang biasa disebut serangan sulfat oleh air laut ini biasanya ditandai dengan memutihnya mortar. Selain itu, mortar mengalami pemuaihan, diikuti pengelupasan dan keretakan. Pada akhirnya, komponen mortar yang terkena serangan sulfat akan mengalami proses pelunakan sehingga terjadi pembentukan lapisan seperti lumpur. Saat pertama kali terkena serangan sulfat, kekuatan tekan mortar menunjukkan peningkatan awal, diikuti dengan penurunan kekuatan secara progresif, yang pada akhirnya menyebabkan ekspansi mortar. Terjadinya serangan sulfat pada mortar disebabkan oleh adanya kandungan Kalium (KS) dan Magnesium Sulfat (MgSO<sub>4</sub>) pada air laut. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Emmanuel dkk. tahun 2012,

### **2.5.1 Sumber-sumber Air**

Sumber air yang ada saat ini adalah sebagai berikut:

1. Air pada udara

Air di udara atau atmosfer adalah air di awan. Kebersihan air ini sungguh luar biasa, sayangnya hingga saat ini belum ada cara yang mudah untuk mendapatkan air di atmosfer ini.

2. Air hujan

Air hujan memiliki kapasitas untuk mengasimilasi berbagai gas dan uap yang ada di atmosfer bumi. Komposisi udara pada dasarnya memiliki tiga komponen utama, yaitu oksigen, nitrogen, dan karbon dioksida. Peristiwa kondensasi menimbulkan terbentuknya padatan padat dan garam yang larut dalam air hujan.

3. Air tanah

Air tanah adalah air yang terletak di bawah permukaan bumi dalam zona jenuh, dimana tekanan hidrostatiknya setara atau melebihi tekanan udara (Suryono, 1991: 1, sebagaimana dikutip dalam Pipit Salmonda, 2018). Selain itu, perlu diperhatikan bahwa air tanah mempunyai kapasitas untuk mengasimilasi beberapa gas dan zat organik, termasuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), dan amonia (NH<sub>3</sub>).

4. Air permukaan

Air permukaan dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama: air sungai, air danau, dan air genangan. Proses erosi sebagian besar disebabkan oleh pergerakan air permukaan yang mengangkut bahan organik di sepanjang jalurnya.

5. Air laut

Air laut biasanya memiliki kisaran salinitas 30.000-36.000 mg per liter, menjadikannya pilihan yang layak untuk digunakan sebagai bahan tambahan dalam produksi beton berkualitas tinggi, sehingga meningkatkan integritas strukturalnya.

Air asin biasanya memiliki konsentrasi garam berkisar antara 1000 hingga 5000 miligram per liter. Air yang memiliki tingkat salinitas sedang seringkali mengandung konsentrasi garam berkisar antara 200 hingga 1000 miligram per liter. Menurut ACI 381-89:2-2, tidak disarankan memanfaatkan air laut pada beton yang mengandung aluminium, tulangan, atau rentan terhadap korosi tulangan yang disebabkan oleh variasi termal dan kelembaban tinggi (Salmonda, 2018).

### **2.5.2 Syarat Umum Air**

Kriteria menyeluruh mengharuskan air yang digunakan harus berasal dari sumber yang konsisten dan memenuhi kriteria yang ditentukan. Setelah air diverifikasi memenuhi kriteria yang diperlukan, sangat penting untuk melakukan uji tekanan pada mortar yang dibuat dengan air ini. Pengujian ini kemudian akan dibandingkan dengan kombinasi mortar yang dibuat dengan air suling. Kekuatan kubus mortar yang dibuat dengan menggunakan air campuran yang tidak dapat diminum harus menunjukkan minimal 90% kekuatan yang diamati pada benda uji sebanding yang dibuat dengan air minum, sebagaimana ditentukan oleh hasil pengujian yang dilakukan pada interval 7 hari dan 28 hari. Untuk menjamin validitas dan reliabilitas pengujian kuat tekan, sangat penting untuk melakukan analisis komparatif terhadap pengujian tersebut. Analisis ini harus dilakukan sesuai dengan pedoman yang diuraikan dalam "Metode Uji Kuat Tekan Semen Portland Hidraulik Menggunakan Spesimen Kubus 30 mm". Kebutuhan air dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. Cairan tersebut tidak boleh melebihi konsentrasi 2 gram per liter dalam hal lumpur atau bahan partikulat tersuspensi lainnya.
- b. Bahan yang dimaksud tidak mengandung garam yang berpotensi menimbulkan kerusakan nyata, seperti asam, bahan kimia organik, dan senyawa sejenis lainnya, dalam jumlah melebihi 15 gram per liter.
- c. Konsentrasi klorida (Cl) melebihi 0,5 gram per liter. Larutannya tidak melebihi konsentrasi 1 gram per liter senyawa sulfat.

### **2.5.3 Air Laut Sebagai Air Rendaman Mortar**

Penelitian air laut sebagai air rendaman untuk mengamati nilai kuat tekan, absorpsi, dan porositas pada mortar. Adiwijaya Ali dan Irka Tangke Datu (2018) berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Penambahan air laut terbukti meningkatkan kuat tekan mortar dalam jangka waktu 28 hari.
2. Kuat tekan mortar, baik yang dicampur dengan air tawar maupun air laut, tidak dipengaruhi oleh jenis air pengolahan tertentu yang digunakan.
3. Pemanfaatan air laut sebagai komponen pencampuran atau pengolahan air dalam proses pembuatan mortar dan beton merupakan pilihan yang layak.

### **2.5.4 Perencanaan Campuran Mortar (Concrete Mix Design)**

Pemilihan material beton yang tepat memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap karakteristik yang diinginkan, seperti kualitas mortar, kekuatan, daya tahan, dan kemampuan kerja, yang pada gilirannya menentukan jumlah material yang dibutuhkan. Dari sudut pandang teknik, terjadinya penyusutan dan keretakan akibat pencampuran yang tidak tepat harus dihindari, dengan memastikan bahwa tetap dalam batas yang ditentukan. Pencampuran bahan yang tidak tepat juga dapat mengakibatkan variasi panas hidrasi yang signifikan dalam campuran mortar, sehingga menyebabkan terbentuknya retakan. Makalah ini menguraikan pedoman prosedur untuk merumuskan rencana yang berkaitan dengan persiapan mortar, yang mencakup campuran kadar semen yang tepat, beragam jenis pasir, dan jumlah air yang diperlukan.

## **2.6 Karakteristik Mortar**

Mortar terdiri dari kombinasi semen, agregat halus, dan air. Selanjutnya komposisi mortar dibentuk dan dilakukan proses curing selama 28 hari. Penilaian sifat mortar meliputi penentuan kuat tekan, serapan, dan porositas.

### **2.6.1 Kuat Tekan Mortar**

Kekuatan tekan mortar mengacu pada kemampuannya untuk menahan atau menahan beban atau gaya mekanis hingga titik kegagalannya. Penentuan kuat tekan

mortar dicapai dengan mengikuti protokol pengujian yang telah ditetapkan. Hal ini melibatkan penggunaan peralatan pengujian untuk secara bertahap menerapkan peningkatan beban pada benda uji pada tingkat tertentu hingga mencapai titik kegagalan, yang ditandai dengan retak atau hancur. Tujuan dari uji tekan mortar adalah untuk mengetahui kuat tekan aksial mortar hingga mencapai keruntuhan. Kuat tekan suatu bahan mengacu pada hasil bagi yang diperoleh dengan membagi beban tertinggi yang dapat ditanggung oleh bahan tersebut dengan luas penampang bahan yang menerima beban tersebut. Kuat tekan mortar ditentukan dengan menggunakan persamaan perhitungan selanjutnya (Sari et al., 2015) :

$$P = F_{maks}/A$$

Dimana :

P : Kuat Tekan (Mpa atau Kg/cm<sup>2</sup>)

Fmaks : Gaya Maksimum (kg atau Kn)

A : Luas Permukaan benda uji (cm<sup>2</sup> atau mm<sup>2</sup>)

## 2.7 Sifat Fisis Mortar

### 1. Absorpsi

Istilah yang digunakan untuk menggambarkan proporsi berat air yang dapat diserap oleh agregat dalam suatu media air disebut dengan serapan atau serapan air. Di sisi lain, jumlah air yang ada dalam agregat umumnya dikenal sebagai kadar air. Besarnya penyerapan air sangat dipengaruhi oleh adanya pori-pori atau rongga pada mortar. Semakin tinggi jumlah pori-pori yang terdapat pada mortar maka daya serapnya semakin besar sehingga mengakibatkan ketahanannya semakin menurun. Adanya rongga (pori-pori) pada mortar dapat disebabkan oleh kurang tepatnya kualitas dan komposisi bahan penyusun yang digunakan dalam produksinya. Adanya rasio yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terbentuknya rongga, karena molekul air yang tidak bereaksi dapat menguap dan menimbulkan rongga di dalam material. Perhitungan

penyerapan air mortar ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Qomaruddin et al., 2019) :

$$W_a = ((M_b - M_k) / M_k) \times 100 \%$$

Dimana :

$W_a$  : Penyerapan air (%)

$M_k$  : Berat benda uji kering (gr)

$M_b$  : berat benda uji basah (gr)

## 2. Porositas

Porositas mortar adalah tingkatan yang menggambarkan kepadatan mortar. Kekuatan tekan mortar dipengaruhi oleh tingkat porositasnya. Ruang pori pada mortar dapat terjadi akibat faktor air semen, pemilihan gradasi agregat, akibat kebakaran/suhu tinggi. Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui kuantitas porositas yang ada pada benda yang diuji. Semakin tinggi derajat porositas suatu benda uji berbanding terbalik dengan kekuatannya. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan derajat porositas (Sari et al., 2015) :

$$\emptyset = ((m_b - m_k) / V_b) \times 100\%$$

Dimana :

$\emptyset$  : Porositas (%)

$m_b$  : Berat benda uji dalam keadaan basah (gr)

$m_k$  : Berat benda uji dalam keadaan kering (gr)

$V_b$  : Volume benda uji ( $\text{cm}^3$ )