

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mortar

Mortar pertama kali terbuat dari lumpur dan tanah liat karena persediaan batu sangat kurang. Menurut sejarah awal membangun kemampuan mortar muncul di Yunani. Mortar dibuat dengan batu kapur dengan penambahan abu vulkanik yang memungkinkan untuk mengeras didalam air yang biasa disebut pozzolanat (semen hidrolik).

Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) adalah campuran yang terdiri dari pasir, bahan perekat, serta air, dan diaduk sampai homogen. Pasir sebagai bahan bangunan dasar harus direkatkan dengan bahan perekat. Bahan perekat yang digunakan dapat bermacam-macam, yaitu dapat berupa tanah liat, kapur, semen merah (bata merah yang dihaluskan), maupun semen potland.

Mortar merupakan campuran material pasir, semen, dan air dengan komposisi tertentu yang diaduk menggunakan alat/mesin pengaduk (Pedoman Standardisasi Nasional No.8 2007). Mortar (sering disebut juga mortel atau spesi) adalah bahan bangunan terdiri dari agregat halus, bahan perekat, serta air, dan diaduk sampai homogen. Adukan mortar dibuat kekecekannya cukup baik sehingga mudah dikerjakan diaduk, dibawa ketempat pembuatan dengan “uji sebar” dengan alat berupa “meja sebar”. Mortar sebagai bahan bangunan, biasanya diukur sifat – sifatnya, misalnya kuat tekan, berat jenis, kuat tarik, daya serap air, kuat rekat dengan bata merah, susutan. (Tjokrodinuljo, K 2012).

2.1.1 Jenis Mortar

Adapun berbagai jenis mortar, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen, mortar instan, dan mortar kapur.

1. Mortar Lumpur

Mortar lumpur terbuat dari campuran pasir, lumpur/tanah liat dan air. Semua bahan-bahan atau material tersebut dicampur menjadi satu dengan perbandingan yang telah dihitung matang. Sebab, jika terlalu sedikit pasir

dapat menghasilkan retak-retak pada tembok saat mengeras. Begitu juga jika terlalu banyak pasir dapat menyebabkan adukan kurang melekat.

2. Mortar Kapur

Mortar kapur terbuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Mula-mula kapur dan pasir dicampurkan dalam keadaan kering lalu tambahkan air. Jangan terlalu banyak menambahkan air secukupnya saja agar hasilnya baik. Umumnya jumlah pasir yang digunakan tiga kali volume kapur, itu karena kapur mengalami penyusutan saat proses pelekatan. Kapur yang dapat digunakan adalah *fat lime* dan *hydraulic lime*.

3. Mortar Semen

Mortar semen terbuat dari campuran semen, pasir dan air pada proporsi yang sesuai. Perbandingan jumlah semen dan pasir berkisar antara 1:2 sampai dengan 1:6 tergantung pada kebutuhannya. Mortar semen lebih kuat dari jenis mortar lainnya itulah kenapa mortar semen sering digunakan untuk tembok, kolom, pilar dan bagian-bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air, mortar semen ini bersifat perekat atau pengikat dalam proses pengerasan.

4. Mortar instan

Mortar instan atau semen instan terbuat dari campuran semen, pasir silika, zat aditif. Ada beberapa produsen yang menambahkan abu vulkanik sebagai penguatnya karena abu vulkanik memiliki sifat anti terhadap getaran, tekanan, dan keretakan. Mortar instan dibuat dengan bahan-bahan terbaik dan diproses oleh komputer dengan mesin-mesin modern.

5. Mortar Khusus

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur dan mortar semen dengan tujuan tertentu. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya mortar tahan api diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dengan *aluminous*

cement, dengan perbandingan satu *aluminous cement* dan dua serbuk batu api. Mortar ini biasanya di pakai untuk tungku api dan sebagainya.

2.1.2 Mortar busa

Tanah yang dicampur dengan *foam* telah banyak digunakan di Jepang sebagai pelebaran dan proyek timbunan (*back filling*). Tanah kohesi dapat di aplikasikan sebagai material campuran *foam*, material tersebut merupakan material setempat yang apabila dicampur dengan *foam* akan mengembang sehingga kebutuhan material tidak banyak dan pengadaan material timbunan tidak perlu didatangkan dari lokasi lain (Handayani, 2007).

Penggunaan material ringan telah banyak dilakukan seperti menggunakan roda ban karet atau limbah buangan hasil produksi baja (*slag*), balai pengembangan pusat jalan dan jembatan belum lama ini mengembangkan suatu teknologi material ringan pengganti timbunan menggunakan mortar busa (Abramsom, L.W., 2002).

Material ringan mortar busa adalah material menyerupai beton yang terdiri dari campuran material pasir, semen, air, dan cairan busa (*foam agent*), dan berfungsi sebagai bahan pengganti timbunan tanah dengan densitas 7-8 kN/m³, dan kuat tekan bebas minimal 800 kPa. Material ini digunakan sebagai timbunan konstruksi jalan yang dimaksud untuk mengurangi beban timbunan (SKH-1.7.16.1).

Mortar busa adalah gabungan yang terdiri dari campuran antara cairan busa (*foam agent*), semen, pasir dan air. Material timbunan dengan mortar busa menggunakan metode campuran rasio tertentu antara semen, *foam* dengan material pasir. Penambahan *foam* pada campuran mortar akan mengembang hingga 4 (empat) kali volume awal sehingga kebutuhan material dapat dikurangi bila dibandingkan dengan material tanpa campuran *foam* (Handayani, 2007).

Mortar busa dapat mengurangi berat timbunan dan mengurangi penurunan serta ketidakstabilan yang berlebihan. Pekerjaan pelaksanaan mortar busa mudah karna dapat memadat sendiri karena berperilaku seperti mortar beton dimana material campuran tersebut mengeras sesuai dengan waktu (*curing*) yang

ditetapkan. Timbunan mortar busa menyerupai konstruksi perkerasan kaku (*rigid pevement*).

Keunggulan dan kegunaan mortar busa :

1. Beratnya ringan dan kekuatan cukup tinggi untuk *subgrade* dan fondasi perkerasan jalan
2. Berat isi dan kuat tekan campuran dapat direncanakan sesuai keinginan sehingga dapat mengurangi tekanan lateral tanah pada suatu struktur bangunan abutment fondasi jembatan atau mengurangi berat timbunan
3. Tahan terhadap perubahan karakteristik propertis akibat proses kimiawi maupun fisik dan memiliki daya dukung kekuatan selama masa konstruksi pelaksanaannya serta memiliki daya dukung cukup memadai sebagai pondasi perkerasan jalan

Kriteria penggunaan material ringan mortar – busa

1. Memiliki densitas kering material campuran, maksimum 0,8 gr/cm³, sesuai dengan spesifikasi material ringan dengan mortar busa untuk konstruksi jalan (Kemen. PU, 2011).
2. Memiliki kuat tekan minimum 800 kPa.
3. Memiliki *flow* atau daya air sebesar 18 cm ± 2 cm.
4. Material campuran mengeras sendiri karena berperilaku seperti mortar beton, dimana material campuran tersebut dapat mengeras sesuai dengan waktu pemeraman yang ditetapkan.
5. Menggunakan lapis pencegah retak refleksi atas timbunan mortar-busa, agar retakan yang terjadi di timbunan tidak akan merefleksi ke permukaan perkerasan. Jika tidak digunakan lapisan tersebut, perlu diperhatikan resiko timbulnya retakan refleksi.

2.1.3 Spesifikasi mortar-busa

Spesifikasi uji fisik dan mekanis material ringan mortar-busa harus sesuai. Untuk densitas kering maksimum material ringan lapis pondasi 0,8 gr/cm³. Dan untuk densitas kering maksimum lapis pondasi bawah 0,6 gr/cm³.

Tabel 2.1 Kekuatan tekan minimum (umur 14 hari) material ringan lapisan pondasi

Densitas kering maks (gr/cm ³)	Kekuatan tekan minimum (UCS)	
	kPa	Kg/cm ³
0,8	2000	20

(Sumber : Kemen. PU, 2011)

Tabel 2.2 Kekuatan tekan minimum (umur 14 hari) material ringan lapisan pondasi bawah

Densitas kering maks (gr/cm ³)	Kekuatan tekan minimum (UCS)	
	kPa	Kg/cm ³
0,6	800	8

(Sumber : Kemen. PU, 2011)

2.2 Material Pengisi Pada Campuran Mortar - Busa

2.2.1 Semen

Beton mulai ditinggalkan orang seiring dengan mundurnya kerajaan romawi. Baru sekitar tahun 1790, J. Smeaton dari Inggris menemukan bahwa kapur yang mengandung lempung dan dibakar akan mengeras dalam air. Bahan ini mirip dengan semen yang dibuat bangsa Romawi.

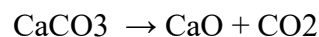
Nama semen Portland (*Portland cement*) diusulkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824 karena campuran air, pasir, dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali diolah di pulau Portland, dekat pantai Dorset, Inggris. Semen Portland pertama kali diproduksi di pabrik oleh David Saylor di Coplay Pennsylvania, Amerika Serikat pada Tahun 1875. Sejak itu semen Portland berkembang dan terus dibuat sesuai kebutuhan. Indonesia telah pula memiliki banyak pabrik semen portland modern dengan mutu internasional. Pabrik yang tersebar di Sumatera, Jawa dan Sulawesi.

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu :

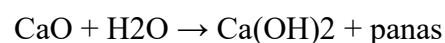
1. Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non- hidrolik adalah kapur. Kapur dihasilkan oleh proses kimia dan mekanis dari alam. Kapur telah digunakan selama berabad-abad lamanya sebagai bahan adukan dan plesteran untuk bangunan. Hal tersebut dapat dilihat pada piramida-piramida di Mesir yang dibangun 4500 tahun sebelum masehi.

Kapur digunakan sebagai bahan pengikat selama zaman Romawi dan Yunani. Pondasi jalan pada zaman Romawi, termasuk jalan Via Appia, merupakan tanah yang distabilkan dengan kapur. Kini kapur digunakan dalam bidang pertanian, industri kimia, industri karet, industri kayu, industri farmasi, industri baja, industri gula dan industri semen. Jenis kapur yang baik adalah kapur putih, yaitu yang mengandung kalsium oksida yang tinggi ketika masih berbentuk kapur tohor (belum berhubungan dengan air) dan akan mengandung banyak kalsium hidroksida ketika telah berhubungan dengan air. Kapur telah dihasilkan dengan membakar batu kapur atau kalsium karbonat bersama beserta bahan-bahan pengotornya, yaitu magnesium, silikat, besi, alkali, alumina dan belerang. Proses pembakaran dilaksanakan dalam tungku tanur tinggi yang berbentuk vertikal atau tungku putar pada suhu $800 - 1200^{\circ} \text{C}$. Kalsium karbonat terurai menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida dengan reaksi kimia sebagai berikut :



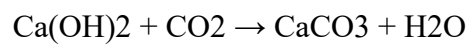
Kalsium oksida yang terbentuk disebut kapur tohor dan jika berhubungan dengan air akan menjadi kalsium hidroksida serta panas. Dengan reaksi kima adalah :



Proses ini dinamakan dengan proses mematikan kapur (*slaking*) dan hasilnya, yaitu kalsium hidroksida, sering disebut sebagai kapur mati. Kecepatan berlangsungnya reaksi terutama bergantung pada kemurnian kapur, sehingga semakin tinggi kemurnian kapur yang bersangkutan

makin besar daya reaksinya terhadap air. Kapur mati dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, yaitu: Dapat dimatikan dengan cepat, dapat dimatikan agak lambat, dapat dimatikan dengan lambat.

Kapur mati dapat didapatkan dengan menambahkan air secukupnya (sekitar sepertiga dari kapur tohor). Dimpul kapur diperoleh dengan menambahkan air yang berlebihan pada kapur tohor. Pengikatan kapur terjadi akibat kehilangan air akibat penyerapan oleh batu bata atau akibat penguapan. Proses pengerasan berlangsung akibat reaksi karbondioksida dari udara dengan kapur mati. Reaksinya adalah sebagai berikut :



Dari reaksi kimia diatas dapat terlihat bahwa akan terbentuk kembali kristal-kristal kalsium karbonat, yang mengikat massa heterogen itu menjadi massa padat. Proses pengerasan ini berjalan lambat dan dapat berlangsung bertahun-tahun sebelum mencapai kekuatan yang penuh. Agar dapat berlangsung, diperlukan aliran udara bebas untuk persediaan karbondioksida yang dapat menembus bagian terdalam dari adukan sehingga proses pengerasan dapat berlangsung menyeluruh. Kapur putih ini cocok untuk menjernihkan plesteran langit-langit, untuk mengapur kamar-kamar yang tidak penting dan garasi, atau untuk membasmi kutu-kutu dalam kandang.

2. Semen hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozollan, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen expansif. Contoh lainnya adalah semen portland putih, semen warna dan semen-semen untuk keperluan khusus.

3. Semen Portland

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi persyaratan SNI.0013-81 atau standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standart tersebut (PB.1989:3.2-8).

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (SII 0013-81) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

a. Semen Portland Type I

Fungsi semen portland type I digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0, 0% – 0, 10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, perkerasan jalan, struktur rel, dan lain-lain.

Tabel 2.3 Komposisi Semen Portland Type I

Nama Senyawa	Presentase
Tricalcium Silicate(C3S)	55%
Dicalcium Silicate(C2S)	19%
Tricalcium Aluminate(C3A)	10%
Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	7%
Magnesium Oksida(MgO)	2,8%
Sulfur Trioksida(SO3)	2,9%
Bebas dalam pembakaran	1,0 %
Bebas (CaO)	1,0%

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

b. Semen Portland Type II

Fungsi semen portland type II digunakan untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (Pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,10–0,20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunandibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam dan landasan jembatan.

Tabel 2.4 Komposisi Semen Portland Type II

Nama Senyawa	Presentase
Tricalcium Silicate(C3S)	51%
Dicalcium Silicate(C2S)	24%
TricalciumAluminate(C3A)	6%
Tetracalsium Aluminate Ferrit(C4AF)	11%
MagnesiumOksida(MgO)	2,9%
SulfurTrioksida(SO ₃)	2,5%
Hilang dalam pembakaran	0,8%
Bebas (CaO)	1,0%

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

c. Semen Portland Type III

Fungsi semen portland type III digunakan untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, bangunan-bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.

Tabel 2.5 Komposisi Semen Portland Type III

Nama Senyawa	Presentase
Tricalcium Silicate (C3S)	57%
Dicalcium Silicate(C2S)	19%
Tricalcium Aluminate(C3A)	10%
Tetracalsium Aluminate Ferrit(C4AF)	7%
Magnesium Oksida(MgO)	3,0%
SulfurTrioksida(SO3)	3,1%
Hilang dalam pembakaran	0,9%
Bebas (CaO)	1,3%

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

d. Semen Portland Type IV

Fungsi Semen Portland type IV digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis.

Tabel 2.6 Komposisi Semen Portland Type IV

Nama Senyawa	Presentase
Tricalcium Silicate (C3S)	28%
Dicalcium Silicate(C2S)	49%
Tricalcium Aluminate(C3A)	4%
Tetracalsium Aluminate Ferrit(C4AF)	12%
Magnesium Oksida(MgO)	1,8%
SulfurTrioksida(SO3)	1,9%
Hilang dalam pembakaran	0,9%
Bebas CaO	0,8%

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

e. Semen Portland Type V

Fungsi semen portland type V dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada tanah/air yang mengandung sulfat melebihi 0,20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

Tabel 2.7 Komposisi Semen Portland Type V

Nama Senyawa	Presentase
Tricalcium Silicate (C3S)	38%
Dicalcium Silicate(C2S)	43%
Tricalcium Aluminate(C3A)	4%
Tetracalsium Aluminate Ferrit(C4AF)	9%
Magnesium Oksida(MgO)	1,9%
SulfurTrioksida(SO ₃)	1,8%
Hilang dalam pembakaran	0,9%
Bebas CaO	0,8%

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

2.2.2 Pasir

Pasir adalah contoh bahan material butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 mm. Materi pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Hanya beberapa tanaman yang dapat tumbuh di atas pasir, karena rongga-rongganya yang besar. Pasir memiliki warna sesuai dengan asal pembentukannya. Pasir juga penting untuk bahan bangunan bila dicampur Semen.

Berdasarkan asal dan sumbernya, pasir dibagi menjadi beberapa jenis:

1. Pasir Alam , yaitu pasir yang bersumber dari gunung, sungai, pasir laut, bekas rawa dan ada juga dari pasir galian.
2. Pasir Galian, Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan atau dengan menggali tanah. Pasir jenis ini pada umumnya berbutir tajam, bersudut, berpori dan bebas kandungan garam yang membahayakan. Namun

karena diperoleh dengan menggali maka pasir ini sering bercampur dengan kotoran atau tanah, sehingga sering dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

3. Pasir Sungai, Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, sehingga umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses pergesekan. Karena butirannya halus maka baik untuk plester tembok. Namun karena bentuknya yang bulat, daya rekat antar butir pasir ini menjadi agak kurang baik.
4. Pasir Laut, Pasir ini diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan bulat akibat proses gesekan. Pasir ini banyak mengandung garam, sehingga kurang baik untuk bahan bangunan. Pasir yang mengandung garam akan menyerap kandungan air dari udara, sehingga pasir akan selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun. Oleh karena itu, sebaiknya pasir jenis ini tidak digunakan untuk bahan bangunan.
5. Pasir Pabrikasi, yaitu pasir yang didapatkan dari penggilingan bebatuan yang kemudian diolah dan disaring sesuai dengan ukuran maksimum dan minimum agregat halus.

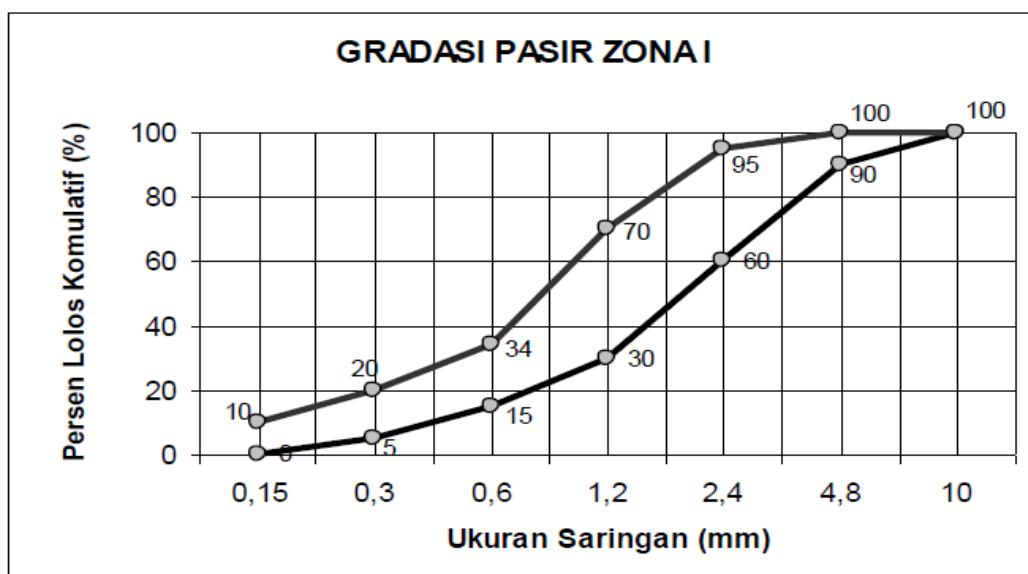
Adapun pasir yang digunakan untuk pembuatan mortar busa adalah pasir yang lolos ayakan (Standart ASTM E 11-70) yang diameternya lebih kecil 5 mm. Penggunaan bahan pasir yang lolos ayakan lebih kecil dari 5 mm adalah untuk mengantisipasi adanya kerapuhan saat kondisi mortar kering. Karena pada dasarnya sifat pasir hanyalah sebagai bahan pengisi bukan sebagai bahan perekat. Pasir yang baik untuk digunakan adalah pasir yang berasal dari sungai dan tidak mengandung tanah lempung karena dapat mengakibatkan retak- retak.

Selain syarat-syarat diatas, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh bahan-bahan yang akan digunakan, sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM, yaitu sebagai berikut : Agregat normal yang dipakai dalam campuran beton sesuai dengan ASTM, berat isinya tidak boleh kurang dari 1200 kg/m³. Untuk Agregat halus: Modulus halus butir 2,3 sampai 3,12. Kadar

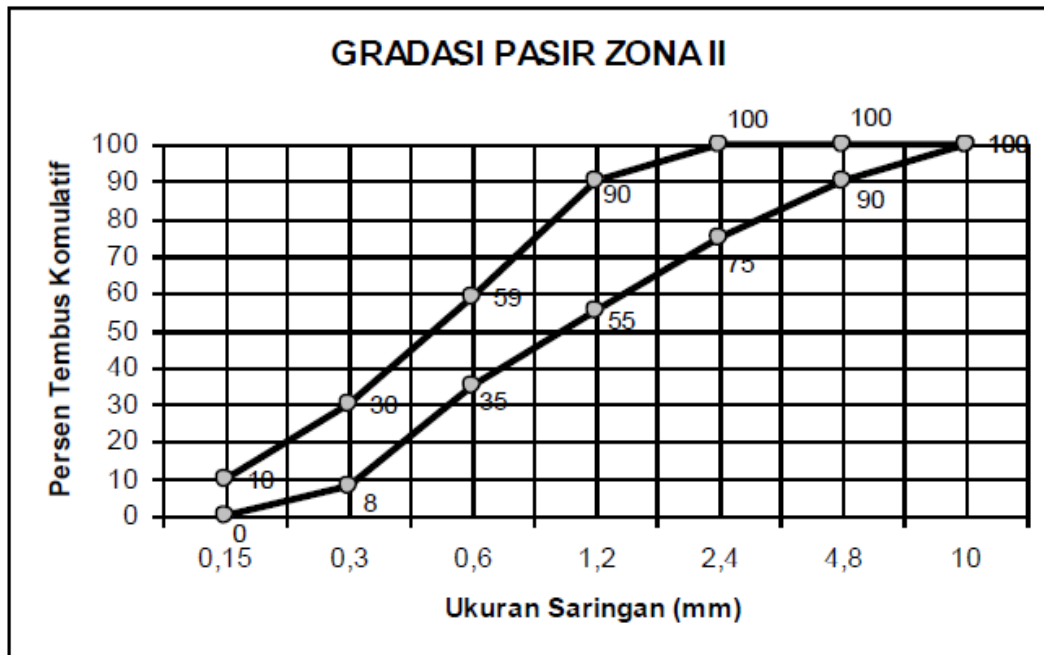
lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm atau No.200) dalam persen berat maksimum. Untuk beton yang mengalami abrasi sebesar 3,0%. Untuk beton jenis lainnya sebesar 5%.

Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapikan maksimum 3%. Kandungan arang dan lignit; Bila tampak permukaan mortar dipandang penting (mortar akan diekspos), maksimum 0,5 %, Beton jenis lainnya, maksimum (1 - 0.5) %. Kadar zat organik yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (NaSO_4) 3%, tidak menghasilkan warna yang lebih tua dibanding warna standar. Jika warnanya lebih tua maka ditolak kecuali ; Warna lebih tua timbul karena sedikit adanya arang lignit atau yang sejenis, ketika diuji dengan uji perbandingan kuat tekan beton yang dibuat dengan pasir standar silika hasilnya menunjukkan nilai lebih besar dari 95%. Uji kuat tekan sesuai dengan cara ASTM C.87.

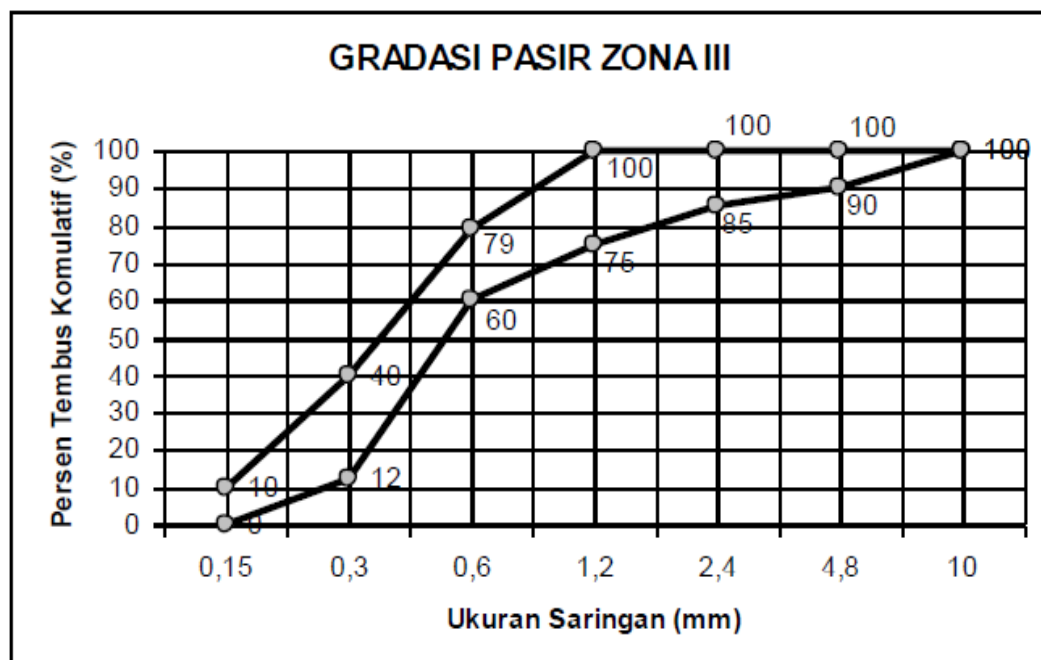
Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6%. Kekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat, maksimum 15%.



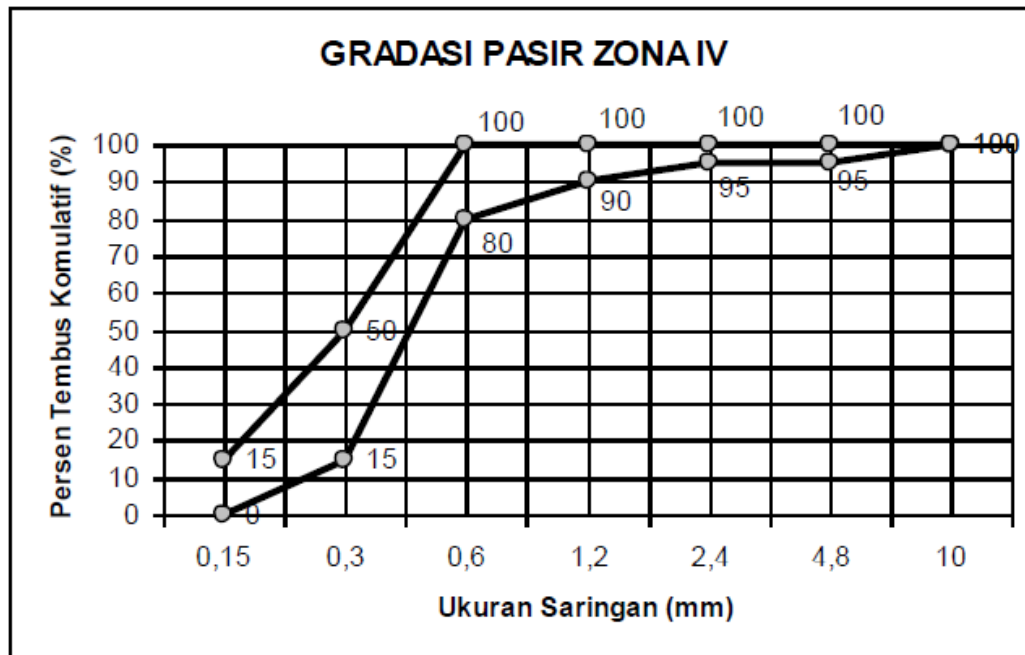
Gambar 2.1 Gradasi Pasir Zona I



Gambar 2.2 Gradasi Pasir Zona II



Gambar 2.3 Gradasi Pasir Zona III



Gambar 2.4 Gradasi Pasir Zona IV

2.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan mortar untuk memicu proses kimiawi semen, lalu memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Tri Mulyono MT 2003 : 51).

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap berat total campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai faktor air semen (*water cement ratio*). 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 yang dapat digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan

lainnya). Air yang dapat diminum bisa digunakan sebagai campuran beton. Air laut tidak boleh digunakan sebagai campuran beton.

2.2.4 Syarat umum air

Air yang digunakan untuk campuran mortar harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton. Sebaiknya menggunakan air yang dapat diminum (ACI 318-89:2-2). Tekanan udara (*foam generator*).

2.3 Bahan tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat mineral. Bahan tambah kimiawi ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan (Tri Mulyono, 2005).

Menurut ASTM C.494, *admixture* dibedakan menjadi tujuh jenis, yaitu :

1. Tipe A : *Water Reducing Admixture* (WRA)

Bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan air pengaduk untuk menghasilkan mortar dengan konsistensi tertentu. Dengan menggunakan jenis bahan tambah ini akan dapat dicapai tiga hal, yaitu :

Hanya menambah/meningkatkan *workability*. Dengan menambahkan WRA ke dalam mortar maka dengan fas (kadar air dan semen) yang sama tinggi. maka mortar segar akan lebih mudah dituang, diaduk dan dipadatkan. Karena jumlah semen dan air tidak dikurangi dan *workability* meningkat maka akan diperoleh kekuatan tekan mortar keras yang lebih besar dibandingkan beton tanpa WRA menambah kekuatan tekan mortar. Dengan mengurangi/memperkecil fas (jumlah air dikurangi, jumlah semen tetap) dan menambahkan WRA pada mortar segar akan diperoleh beton dengan kekuatan yang lebih tinggi. Dari beberapa hasil penelitian

ternyata dengan fas yang lebih rendah tetapi *workability* tinggi maka kuat tekan beton meningkat.

Mengurangi biaya (ekonomis) dengan menambahkan WRA dan mengurangi jumlah semen serta air, maka akan diperoleh beton yang memiliki *workability* sama dengan beton tanpa WRA dan kekuatan tekannya juga sama dengan mortar tanpa WRA. Dengan demikian mortar lebih ekonomis karena dengan kekuatan yang sama dibutuhkan jumlah semen yang lebih sedikit.

2. Tipe B : *Retarding Admixture*

Bahan tambah yang berfungsi untuk memperlambat proses waktu pengikatan mortar. Biasanya digunakan pada saat kondisi cuaca panas, memperpanjang waktu untuk pematatan, pengangkutan dan pengecoran.

3. Tipe C : *Accelerating Admixtures*

Jenis bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat proses pengikatan dan pengembangan kekuatan awal mortar. Bahan ini digunakan untuk memperpendek waktu pengikatan semen sehingga mempercepat pencapaian kekuatan mortar. Yang termasuk jenis *accelerator* adalah : kalsium klorida, *bromide*, karbonat dan silikat. Pada daerah-daerah yang menyebabkan korosi tinggi tidak dianjurkan menggunakan *accelerator* jenis kalsium klorida. Dosis maksimum yang dapat ditambahkan pada beton adalah sebesar 2 % dari berat semen.

4. Tipe D : *Water Reducing and Retarding Admixture*

Jenis bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi jumlah air pengaduk yang diperlukan pada beton tetapi tetap memperoleh adukan dengan konsistensi tertentu sekaligus memperlambat proses pengikatan awal dan pengerasan mortar.

Dengan menambahkan bahan ini ke dalam mortar, maka jumlah semen dapat dikurangi sebanding dengan jumlah air yang dikurangi.

Bahan ini berbentuk cair sehingga dalam perencanaan jumlah air pengaduk mortar, maka berat *admixture* ini harus ditambahkan sebagai berat air total pada mortar.

5. Tipe E : *Water Reducing and Accelerating Admixture*

Jenis bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu untuk mengurangi jumlah air pengaduk yang diperlukan pada mortar tetapi tetap memperoleh adukan dengan konsistensi tertentu sekaligus mempercepat proses pengikatan awal dan pengerasan mortar. mortar yang ditambah dengan bahan tambah jenis ini akan dihasilkan mortar dengan waktu pengikatan yang cepat serta kadar air yang rendah tetapi tetap *workable*. Dengan menggunakan bahan ini diinginkan mortar yang mempunyai kuat tekan tinggi dengan waktu pengikatan yang lebih cepat (mortar mempunyai kekuatan awal yang tinggi).

6. Tipe F : *Water Reducing, High Range Admixture*

Jenis bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan mortar dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih. Dengan menambahkan bahan ini ke dalam mortar untuk mengurangi jumlah air pengaduk dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga diharapkan kekuatan mortar yang dihasilkan tinggi dengan jumlah air sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan (*workability beton*) juga lebih tinggi.

Bahan tambah jenis ini berupa *superplasticizer*. Yang termasuk jenis *superplasticizer* adalah *kondensi sulfonat melamine formaldehyde* dengan kandungan *klorida* sebesar 0,005%, *sulfonat naphthalin formaldehyde*, modifikasi *lignosulphonat* tanpa kandungan *klorida*. Jenis bahan ini dapat mengurangi jumlah air pada campuran mortar dan meningkatkan *slump* mortar sampai 208 mm. Dosis yang dianjurkan adalah 1 % - 2 % dari berat semen.

7. Tipe G : *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*

Jenis bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan mortar dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12 % atau lebih sekaligus menghambat pengikatan dan pengerasan mortar. Bahan ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan memperlambat waktu ikat mortar. Digunakan apabila pekerjaan sempit karena keterbatasan sumberdaya dan ruang kerja.

Jenis bahan tambah mineral (*additive*) yang ditambahkan pada mortar dimaksudkan untuk meningkatkan kinerja kuat tekan mortar dan lebih bersifat penyemenan. mortar yang kekurangan butiran halus dalam agregat menjadi tidak kohesif dan mudah *bleeding*. Untuk mengatasi kondisi ini biasanya ditambahkan bahan tambah *additive* yang berbentuk butiran padat yang halus. Penambahan *additive* biasanya dilakukan pada mortar kurus, dimana betonnya kekurangan agregat halus dan mortar dengan kadar semen yang biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh. Yang termasuk jenis *additive* adalah : *pozzollan*, *fly ash*, *slag* dan *silica fume*.

Bahan tambahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Foam Agent* yaitu bahan tambahan retarding, termasuk dalam kategori Tipe E : *Water Reducing and Accelerating Admixture* pada klasifikasi ASTM C. 494. Adapun beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral menurut Tri Mulyono (tahun : 2005) antara lain:

- a. Memperbaiki kinerja *workability*
- b. Mengurangi panas hidrasi
- c. Mengurangi biaya pekerjaan mortar
- d. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat
- e. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika
- f. Mempertinggi usia mortar
- g. Mempertinggi kekuatan tekan mortar
- h. Mempertinggi keawetan mortar

- i. Mengurangi penyusutan
- j. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam mortar

2.4 *Foam agent*

Cairan busa (*foam agent*) adalah suatu bahan yang terbentuk dengan menjebak banyak sekali gelembung gas dalam benda cair atau padat, utamanya berjenis bahan baku aktif permukaan. Busa (*foam agent*) yang digunakan mengandung protein nabati atau sejenisnya yang dapat menghasilkan gelembung terpisah yang stabil sehingga dapat menghasilkan campuran material ringan yang memenuhi spesifikasi teknis (Kemen. PU, 2014).

Foam agent merupakan cairan yang apabila dicampur dengan air dan diberikan tekanan udara tertentu akan membentuk busa yaitu senyawa kimia dominan yang teridentifikasi dalam cairan pembentuk busa diantaranya: 1-*dedocanol*, *methoxyacetic acid tridecyl ester* dan 1-*tetradecanol* dapat juga disebut cairan surfactan yang memiliki karakteristik kimia yang hampir sama dengan air. *Foam agent* adalah suatu bahan yang terbuat dari larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Salah satu bahan yang mengandung surfaktan adalah *Detergent* (Deni Hidayat, Yusep Muslih Purwana, Florentina Pungky Pramesti).

Foam agent merupakan bahan kimia campuran yang berasal dari campuran bahan alami maupun bahan buatan. *Foam agent* dengan bahan alami berupa protein memiliki kepadatan 80 gram/liter, sedangkan bahan buatan berupa bahan sintetik yang memiliki kepadatan 40 gram/liter.

Foam agent dapat dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan kimia yang sifatnya sebagai pengembang, sama halnya seperti bahan kimia pembuat sabun busa pada sabun. Bahan pengembang busa pada sabun biasanya memakai bahan texapon. Texapon adalah bahan kimia yang mempunyai fungsi salah satunya mengangkat lemak dan kotoran atau zat yang memiliki sifat surfaktan. texapon sudah sangat di kenal dalam industri pembuatan bahan untuk kebersihan seperti cairan pencuci piring, cairan pencuci tangan, *shampoo* dan lain sebagainya.

Tujuan penggunaan bahan *foaming agent* adalah untuk menambah volume mortar busa tanpa menambah berat dari mortar busa itu sendiri, dengan demikian akan membuat fisik mortar busa dapat dibuat lebih besar dari mortar busa pada umumnya tetapi mempunyai berat yang hampir sama atau bahkan lebih ringan. *Foam Agent* saat dicampur dengan kalsium hidroksida yang terdapat pada pasir dan air akan bereaksi sehingga membentuk *hydrogen*. Gas *hydrogen* ini membentuk gelembung-gelembung udara di dalam campuran beton tadi. Gelembung-gelembung udara ini menjadikan volumenya menjadi dua kali lebih besar dari volume semula. Di akhir proses pembusaan, *hydrogen* akan terlepas ke atmosfer dan langsung digantikan oleh udara. Rongga-rongga tersebutlah yang membuat mortar menjadi ringan (ASTM C 796-87A).

2.5 Kuat Tekan Mortar Busa

Kekuatan mortar busa merupakan salah satu kinerja utama mortar. Kekuatan tekan adalah kemampuan mortar untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2005). Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASMT C-39 pada umur 28 hari. Kemampuan kuat tekan mortar atau beton yang terbuat dari semen yang diuji terhadap beban yang diterimanya. Kuat tekan semen dipengaruhi oleh proses hidrasi semen (Partama, Eka, dkk dalam Lea.1998). Kekuatan tekan dapat mencapai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan.

Kekuatan tekan mortar yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran 10 cm x 20 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan (*compression testing machine*) sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 .

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan adalah :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- σ = Kuat tekan beton (kg/cm²)
- P = Beban maksimum (kg)
- A = Luas penampang benda uji (cm²)

2.6 *Workability*

Workability adalah tingkat kemudahan dilaksanakan atau dikerjakan, yang meliputi bagaimana mortar itu mudah untuk dibawa dan ditempatkan di mana-mana, mudah dikerjakan, mudah dipadatkan, dan mudah untuk dilakukan *finishing*.

Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain:

- 1) Jumlah air pencampur : Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
- 2) Kandungan semen : jika fas tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.
- 3) Gradasi campuran pasir : Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
- 4) Bentuk butiran agregat halus: Agregat berbentuk kasar lebih mudah untuk dikerjakan.
- 5) Butir maksimum.
- 6) Cara pemadatan dan alat pemadat.

Untuk meningkatkan *workability*, dapat dilakukan dengan :

- 1) Menambah pasta semen (air + semen)
- 2) Menggunakan *well-graded* agregat.
- 3) Menggunakan *admixture*.

2.7 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan mortar. Fas yang tinggi dapat menyebabkan mortar yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah fas kuat tekan mortar semakin tinggi. Namun demikian, nilai fas yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan mortar semakin tinggi. Nilai fas yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu mortar menurun. Umumnya nilai fas minimum untuk mortar normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2005).

Tujuan pengurangan fas ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas mortar yang dibuat sehingga akan dihasilkan mortar mutu tinggi. Pada mortar mutu tinggi atau sangat tinggi, fas dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap mortar total semen dan *aditid cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran mortar mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada mortar mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2-0,5 (SNI 03-6468-2000). Bahan ikat yang digunakan pada penelitian ini adalah semen dan *Fly Ash* (sebagai pengganti semen). Rumus yang digunakan pada mortar mutu tinggi adalah:

$$\text{fas} = W/(c + p) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- fas = Faktor air semen
- W = Rasio total berat air
- c = Berat semen
- p = Berat bahan tambah pengganti semen

2.8 Penelitian Sejenis

Berikut ini merupakan beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan dan menjadi literatur dan referensi tambahan bagi penulis, yaitu:

- a. **Judul** : Analisa Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi Timbunan Jalan
Nama Peneliti : Deni Hidayat, Yusep Muslih Purwana, dan Florentina Pungky Pranesti
Kesimpulan : Perbandingan deformasi pada tanah dasar akibat beban timbunan menggunakan timbunan konvensional dengan timbunan ringan yang dianalisis menggunakan program plaxis. Teknologi ini dikembangkan sebagai inovasi teknologi karena mempunyai sifat self compacted menjadi material pengganti berkualitas tinggi (*high grade soil*).

- b. **Judul** : Analisa stabilitas dan penurunan pada timbunan mortar busa ringan menggunakan metode elemen hingga
Nama Peneliti : Rifki Fadilah, dan Indra Noer Hamdhan
Kesimpulan : Indonesia sudah melakukan beberapa cara salah satunya adalah Analisis penurunan dan stabilitas menggunakan mortar busa ringan oprit jembatan yang dilakukan dengan penggunaan material ringan sebagai timbunan di atas tanah lunak. Pemodelan dilakukan dengan metode elemen hingga dengan 3 model tanah yang berbeda, terjadinya penurunan sebesar 3,34 m pada model timbunan biasa dengan nilai faktor keamanan (SF) 1,129, sedangkan pada timbunan yang menggunakan material ringan penurunan yang terjadi sebesar 1 m dengan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 3

- c. Judul : Penerapan Teknologi *Corrugated* Mortar-Busa Pusjatan (CMP) pada *Fly Over* Dermoleng
- Nama Peneliti : Wahyu S. Winurseto
- Kesimpulan : Kementrian pekerjaan umum dan perumahan rakyat membangun beberapa jembatan layang untuk mengatasi kemacetan, salah satunya adalah *Fly Over* dengan waktu pembangunan yang cepat menggunakan teknologi *Corrugated Mortar Busa Pusjatan (CMP)*. Teknologi CMP merupakan pengembangan teknologi yang mempunyai banyak kelebihan, dan juga tingkat efisiensinya yang tinggi merupakan hasil kontribusi penggunaan mortar busa untuk timbunan jalan. Teknologi ini sangat cocok untuk persimpangan jalan yang membutuhkan bentang yang panjang.