

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Anggodo (2014) Dalam penelitiannya tentang Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Paving Block Pengaruh Fly Ash menyimpulkan sebagai bahan tambah mengakibatkan terjadi reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam Fly Ash. Selain itu, butiran Fly Ash yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh Fly Ash sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dan memanfaatkan sifat pozzolan dari Fly Ash untuk memperbaiki mutu beton. Fly Ash merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau semen, dan paving block dengan campuran Fly Ash memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada paving block normal pada komposisi tertentu. Penggunaan Fly Ash memperlihatkan dua pengaruh abu terbang di dalam paving block yaitu sebagai agregat halus dan sebagai pozzolan. Selain itu abu terbang di dalam beton menyumbang kekuatan yang lebih baik dibanding dengan beton normal.

Witarso & Lasino (2015) Dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Penambahan Abu Terbang Pada Paving Block Berbahan Baku Taling Asbuton Pemanfaatan bahan limbah (by product) dari proses ekstraksi aspal alam (asbuton) berupa tailing, penelitian bertujuan mendapatkan variant komposisi campuran yang dapat memenuhi syarat SNI dengan cara menambahkan abu

terbang sebagai bahan pengisi. Kajian ini difokuskan untuk campuran mortar dan pembuatan pavingblock. Proses ekstraksi yang dikaji adalah untuk menghasilkan bahan perkerasan jalan berupa aspal dengan efektivitasnya mencapai 15-35 %, sedang sisanya yang 65% berupa tailing, yang belum banyak dimanfaatkan padahal potensinya sangat besar, sehingga berpeluang untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan paving block ataupun bahan lain yang berbasis semen misalnya conblock. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memanfaatkan tailing aspal sebagai bahan baku dengan penambahan abu terbang sebagai bahan pengisi dalam pembuatan paving block dengan metoda eksperimental melalui pengujian di laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik. Sehingga selain diperoleh bahan bangunan yang memenuhi syarat SNI 036825-2002 (Metoda Pengujian Kuat Tekan Mortar Semen Portland) dan SNI 03-0691-1996 (Persyaratan Mutu dan Cara Uji Paving block) dengan harga murah, juga dapat mengurangi permasalahan limbah ekstrasi. Dalam penelitian ini bahan-bahan yang digunakan meliputi semen sebagai bahan pengikat dan pasir serta tailing aspal sebagai agregat halus, serta abu terbang sebagai filler untuk pembuatan paving block. Komposisi campuran yang digunakan adalah 1 PC : 2 agregat, dan 1 PC : 4 agregat yang terdiri dari berbagai variasi campuran pasir dan tailing dengan penambahan abu terbang. Pengujian kuat tekan pavingblock dilakukan pada umur 28 hari, dengan hasil mencapai 218,30 kgf/cm², pada campuran 1 semen : 2 agregat dengan proporsi 40% tailing, 40%, pasir dan 20% abu terbang, dan memenuhi syarat kelas B yang dapat digunakan untuk lapisan perkerasan (pavement) jalan lingkungan atau untuk halaman parkir.

Mulyati & Maliar (2015) Dalam penelitian ini tentang Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Pengganti Agregat Terhadap Kuat Tekan Paving Block Paving block (bata beton) merupakan bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya (SNI 03- 0691-1996). Penggunaan fly ash sebagai pengganti agregat dibuat dengan komposisi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% untuk campuran bahan paving block. Paving block dibuat berbentuk segi empat dan dilakukan pengujian pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan paving block semakin tinggi sesuai dengan pertambahan umur dari paving block, penggunaan fly ash 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dari paving block standar. Nilai kuat tekan paving block pada umur 28 hari untuk paving block standar sebesar 220,67 kg/cm², penggunaan 10% sebesar 255,51 kg/cm², penggunaan 20% sebesar 328,28 kg/cm², penggunaan 30% sebesar 335,82 kg/cm², penggunaan 40% sebesar 279,02 kg/cm², dan penggunaan 50% sebesar 262,82 kg/cm². Kondisi yang optimum terdapat pada penggunaan 30% dengan kuat tekan paling tinggi. Untuk mencapai K300 hanya bisa digunakan fly ash sebesar 20% - 30% sebagai pengganti agregat. Paving block yang diperoleh dari hasil penelitian dapat dikategorikan paving block mutu B yang dapat digunakan untuk parkir mobil, dan pejalan kaki.

Nurzal & Nursyuhada (2017) Dalam penelitian ini tentang Pengaruh Pewarnaan dan Pematatan Tekanan Paving Block dengan Menambahkan 5 Wt.% Fly Ash dalam Kekuatan Tekan. Penelitian ini bertujuan berdasarkan SNI

03-0691-1996 untuk menyelidiki efek pewarnaan dan tekanan pemadatan dengan penambahan 5 wt.% Fly ash (Fa) pada kekuatan tekan. Fa berasal dari limbah bahan bakar pembangkit listrik tenaga panas Sijantang Sawahlunto. Meningkatnya produksi Fa menyebabkan dampak lingkungan yang negatif. Jadi, salah satu solusi untuk mengatasi efek tersebut adalah dengan menggunakan Fa sebagai bahan baku untuk campuran paving block yang dapat mengurangi biaya bahan baku dan meningkatkan kekuatannya. Blok paving berwarna abu-abu dan merah dengan komposisi 0% berat, 5% berat, Fa + Pb. Variasi tekanan pemadatan 55, 65, 75, 85 dan 95 Kg / cm². Waktu pengeringan selama 35 hari. Spesimen diproduksi dalam bentuk batang persegi panjang (panjang, L = 20 cm, lebar, B = 10 cm, tebal, W = 6 cm). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan 5% berat FA memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi dari 0% berat. Warna merah memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah dari paving block warna abu-abu yang menyebabkan warna merah (Iron Oxide) kurang mengikat pada saat pencampuran bahan. Paving block abu-abu dan merah sama-sama meningkatkan tekanan pemadatan tambahan, karena semakin tinggi tekanan pemadatan akan meningkatkan ikatan antara partikel sehingga porositas berkurang meningkatkan kekuatan tekan. Data keseluruhan, paving block abu-abu dengan komposisi 5% wt FA pada tekanan kompaksi 95 kg / cm² dengan nilai kuat tekan optimal 36.1 MPa dan nilai terendah ditemukan di paving blok warna merah pada 0 wt% FA di tekanan 55 kg / cm² dengan nilai 6,5 MPa. Paving block warna abu-abu dan merah memiliki kualitas kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996.

Thaarrini & Venkatasubramani (2015) Penelitian ini tentang Studi Kelayakan pada Kekuatan Kompres Mortar Geopolimer Abu Batu Bara. Abu batubara yang diperoleh dari pembangkit listrik Thermal terdiri dari sebagian besar Flyash dan jumlah abu Bawah yang lebih sedikit. Sebagai bagian utama dari abu batubara, abu terbang telah diakui secara luas sebagai bahan sumber untuk geopolimer sementara pemanfaatan abu dasar telah menerima perhatian yang sangat kurang karena ukurannya yang lebih kasar. Oleh karena itu untuk mempromosikan pemanfaatan abu dasar yang lebih besar di sektor konstruksi, karya ini mengusulkan penggunaan abu dasar tanah dalam mortar geopolimer. Pengaruh rasio molar $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O}$, rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH}$ dan mode curing dipelajari pada kuat tekan mortar geopolimer abu batubara. Molaritas larutan natrium silikat dijaga sebagai 8M. Curing ambient dan steam curing pada suhu 60°C telah dicoba. Hasil pengujian menunjukkan bahwa $\text{Na}_2\text{SiO}_3 / \text{NaOH}$ dari rasio 2 dengan rasio molar $\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O}$ 1 mortar mencapai kekuatan tekan yang lebih tinggi di bawah ambient curing dan curing steam.

B. Paving block

Paving block (bata beton) banyak digunakan dalam bidang konstruksi dan merupakan salah satu alternatif pilihan untuk lapis perkerasan permukaan tanah, kemudahan dalam pemasangan, perawatan relatif murah serta memenuhi aspek keindahan membuat paving block lebih banyak diminati. Umumnya paving block digunakan untuk perkerasan jalan, pedestrian dan trotoar. Selain itu dapat juga digunakan pada area khusus seperti pelabuhan peti kemas, lahan

parkir, area terbuka dan area industri. Keunggulan dari paving block, memiliki daya serap air yang baik, melalui pemasangan paving block dapat menjaga keseimbangan air tanah. Paving block (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya (SNI 03- 0691-1996)

C. Semen Portland

Dari definisi Semen *Portland* (PC) dapat dilihat bahwa semen portland dibuat dari *Carareous* seperti batu kapur (*Lime Stone* atau *Chalk*) dan bahan silica atau Alumunium yang terdapat dalam tanah liat (*Clay* atau *Shale*). Pada dasarnya proses pembuatan semen Portland terdiri dari : Penggilingan dan pencampuran menurut suatu proses tertentu dan dengan melalui pengawasan yang sangat ketat. Semen *Portland* ini dapat langsung dimasukkan sak atau mobil kontainer dan silo (tempat penyimpanan semen) (Zuraidah dan Jatmiko, 2007).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen merupakan bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidraulic (*hydraulic cements*). Semen portland atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidroli berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan

batu gips sebagai bahan tambahan. Semen yang digunakan adalah Semen Portland Tipe I. (Aris Sutrisno, Slamet Widodo : 2013)

Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Semen Portland di Indonesia (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

a. Jenis I

Semen portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

b. Jenis II

Semen portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

c. Jenis III

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

d. Jenis IV

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

e. Jenis V

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

Adapun susunan unsur semen portland adalah Kapur (60-65%), silika (17-25%), alumina (3-8%), besi (0,5-6%), magnesia (0,5-4%), sulfur (1-2%), soda/potash (0,5-1%). Ketika semen dicampur dengan air, timbulah reaksi kimia antara campuran-campurannya. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat macam senyawa yang paling penting yaitu :

1. Trikalsium Aluminate (C_3A), senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas yang menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.
2. Tricalcium Silikat (C_3S), senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama.
3. Dikalsium Silikat (C_2S), senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari, dan seterusnya mempunyai ketahanan terhadap agresi yang relatif tinggi penyusutan kering yang relatif rendah.
4. Tetra Calcium Aluminoferrite (C_4AF), senyawa ini kurang tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen (Kumala Chandra Gandhi 2010).

D. Agregat Halus (pasir)

- a. Agregat halus untuk paving block dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai-bagai mutu beton menurut pasal 4.2. ayat (1), maka agregat halus harus memenuhi satu, beberapa atau semua ayat berikut ini.
- b. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butiran-butiran agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm, apabila kadar lumpu rnelampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-harder (denganlarutanNaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
- e. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan. Agregat halus harus memenuhi syarat-syarat berikut :

1. Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat ;
 2. Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat ;
 3. Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat ;
- f. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

E. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton air diperlukan untuk :

1. Bereaksi dengan semen portland.
2. Menjadi pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan).

Untuk bereaksi dengan semen portland, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30% saja dari berat semen, namun dalam kenyataanya jika nilai faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 aadukan beton akan dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air semen lebih dari 0,40 (Kardiyono Tjokrodimulyo dalam Risdhika Anggita Ghozali 2010).

Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Standar SK SNI S – 04 - 1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A).

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

Air harus terbebas dari zat-zat yang membahayakan beton, dimana pengaruh zat tersebut antara lain :

1. Pengaruh adanya garam-garam mangan, timah, seng, tembaga dan timah hitam dengan jumlah cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan beton.
2. Pengaruh adanya seng klorida dapat memperlambat ikatan awal beton sehingga beton belum memiliki kekuatan yang cukup dalam umur 2-3 hari.
3. Pengaruh adanya sodium karbonat dan pontasium dapat menyebabkan ikat awal sangat cepat dan dalam konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan beton.
4. Pengaruh air laut yang umumnya mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78 persennya adalah sodium klorida dan 15 persennya adalah magnesium sulfat akan dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20% dan dapat memperbesar resiko terhadap korosi tulangan.

5. Pengaruh adanya ganggang yang mungkin terdapat dalam air atau pada permukaan butir-butir agregat, bila tercampur dalam adukan akan mengurangi rekatan antara permukaan butir agregat dan pasta.

Pengaruh adanya kandungan gula yang mungkin juga terdapat dalam air. Bila kandungan itu kurang dari 0,05 persen berat air tampaknya tidak berpengaruh terhadap kekuatannya beton. Namun dalam jumlah lebih banyak dapat memperlambat ikatan awal dan kekuatan beton dapat berkurang. (Risdhika Anggita Ghozali 2010).

F. Abu batu bara (Fly ash)

Fly ash batu bara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batu bara (Wardani, 2008). Pada pembakaran batu bara dalam PLTU, terdapat limbah padat yaitu abu layang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash). Partikel abu yang terbawa gas buang disebut fly ash, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut bottom ash. Di Indonesia, produksi limbah abu dasar dan abu layang dari tahun ke tahun meningkat sebanding dengan konsumsi penggunaan batubara sebagai bahan baku pada industri PLTU (Harijono D, 2006, dalam Irwanto, 2010).

Menurut Acosta, 2009, Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam furnace pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan elektrostatik precipitator. Fly ash merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan

dari pembakaran batu bara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. Fly ash terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas gas buangan, maka partikel-partikel fly ash umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel fly ash yang terkumpul pada presipitator elektrostatis biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3) dan besi oksida (Fe_2O_3).

Fly ash batubara mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari fly ash adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008). Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2.1. Komposisi dan klarifikasi fly ash

| Komponen | Bituminus | Subbituminus | Lignit |
|--------------------------------|-----------|--------------|--------|
| SiO ₂ | 20-60 | 40-60 | 15-45 |
| Al ₂ O ₃ | 5-35 | 20-30 | 20-25 |
| Fe ₂ O ₃ | 10-40 | 4-10 | 4-15 |
| CaO | 1-12 | 5-30 | 15-40 |
| MgO | 0-5 | 1-6 | 3-10 |
| SO ₃ | 0-4 | 0-2 | 0-10 |
| Na ₂ O | 0-4 | 0-2 | 0-6 |
| K ₂ O | 0-3 | 0-4 | 0-4 |

(Sumber Wardani 2008)

Pembakaran batubara lignit dan subbituminous menghasilkan fly ash dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminus, namun memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous. Fly ash batubara terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel fly ash hasil pembakaran batubara bituminous lebih 12 kecil dari 0,075 mm. Kerapatan fly ash berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170 sampai 1000 m² /kg (Marinda P, 2008).

G. Uji Kuat Tekan Paving Block

Standar uji kuat tekan paving block ini terdiri dari penggunaan beban tekan aksial terhadap benda uji paving block berbentuk kubus yang telah dicetak. Ambil sampel contoh uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dan rusuk-rusuknya di sesuaikan ukuran dengan contoh uji, contoh uji yang telah siap di tekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya, kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit arah penekanan pada contoh uji

di sesuaikan dengan arah tekanan didalam pemakaiannya, kuat tekan paving block dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

Keterangan :

P = beban tekan, N

L = luas bidang tekan

Kuat tekan rata-rata dari contoh paving block dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji. (SNI 03-0691-1996).

