

PEMANFAATAN ABU TERBANG DAN ABU BATU STONE CRUSHER SEBAGAI FILLER PADA LAPIS BETON SEMEN PONDASI BAWAH (CEMENT TREATED SUBBASE/CTSB)

Yasruddin, Fauzi Rahman dan Ayu Kumala Sari

¹*Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat*
Email : yasruddin_mt@yahoo.co.id; frahmanktb@yahoo.co.id

ABSTRACT

Subbase course is a part of pavement courses between the base course and subgrade. The types of subbase course commonly used in Indonesia include: using good aggregate gradation and Cement Treated Base stabilization, Lime Treated Base stabilization, Soil Cement Stabilization and soil stabilization with lime (Soil Lime Stabilization). In the General Specification 2010 of the Ministry of Public Works of the Directorate General of Highways, aggregate stabilization with cement in the subbase course is called Cement Treated Subbase (CTSB). This CTSB has specifications with aggregate compositions which must meet the requirements in the sieve analysis specification: 95 - 100% pass the sieve in 1½ inche; 50 - 100% pass the sieve in ¾ inche; 20 - 60% pass the sieve of number 8 and 0 - 15% pass the sieve of number 200. The minimum compressive strength at 28 days should not be less than 75 kg/cm² (7.5MPa). This research use fly ash and stone ash of stone crusher as filler which passing sieve number 200.

The research begins with mortar research by varying the content of fly ash and stone ash of stone crusher by 0%, 5%, 10% and 15%. Mortar compressive strength was tested at age 3, 7, 14, 21, and 28 days. In this mortar research sought the largest compressive strength (optimum) to be continued to concrete research. The planned compressive concrete strength of 7.5MPa is tested at 28 days.

Optimum mortar compressive strength was found on fly ash filler 10% age 28 day equal to 23.4MPa, stone ash of stone crusher filler 5% age 28 day equal to 17.21MPa and normal filler 0% age 28 day equal to 25.0MPa. As for compressive strength for CTSB normal concrete the average value is 13.49MPa, CTSB fly ash concrete 10% the average value is 14,72MPa and CTSB stone ash of stone crusher concrete 5% the average value is 11,80MPa at age 28 days. CTSB concrete strength test results in accordance with the General Specification 2010 of the Ministry of Public Works of Directorate General of Highways with a minimum compressive strength of 7.5MPa. Based on the result of concrete testing, fly ash and stone ash of stone crusher as filler can be used for CTSB (Cement Treated Subbase).

Keywords: fly ash, stone ash, filler, Cement Treated Subbase (CTSB)

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, yaitu : lapisan tanah dasar (*sub grade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan permukaan/penutup (*surface course*). Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapis permukaan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Jenis lapisan pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia, antara lain: menggunakan agregat bergradasi baik dan stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Base*), stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*), stabilisasi tanah dengan semen (*Soil Cement Stabilization*) serta stabilisasi tanah dengan kapur (*Soil Lime Stabilization*).

Di dalam Spesifikasi Umum 2010 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, stabilisasi agregat dengan semen pada lapisan pondasi bawah yang disebut lapis beton semen pondasi bawah (*Cement Treated Subbase/CTSB*). *CTSB* ini mempunyai spesifikasi dengan komposisi agregat yang harus memenuhi syarat-syarat dalam spesifikasi analisa saringan yaitu : 95 – 100 % lolos saringan dalam berat $1\frac{1}{2}$; 50 – 100% lolos saringan $\frac{3}{4}$; 20 – 60 % lolos saringan No. 8 dan 0 – 15 % lolos saringan No. 200. Kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari tidak boleh kurang dari 75 kg/cm^2 . Dalam penelitian ini adalah memanfaatkan abu terbang dan abu batu *stone crusher* sebagai *filler* yang lolos saringan No. 200.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan:

1. Mengetahui perubahan nilai kuat tekan mortar dengan variasi penggunaan *filler* dengan abu terbang dan abu batu *stone crusher* dengan rasio 0%, 5%, 10% dan 15%.
2. Mengetahui perubahan nilai kuat tekan mortar *filler* abu terbang dan *filler* abu batu *stone crusher* pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
3. Mengetahui kadar optimum abu terbang dan abu batu *stone crusher* yang dapat digunakan sebagai *filler* pada pencampuran beton berdasarkan analisa kuat tekan mortar.
4. Mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton abu terbang dan beton abu batu *stone crusher* pada umur 28 hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian lapis perkerasan antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar. Lapisan pondasi bawah ini memiliki berbagai macam fungsi, yaitu :

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
2. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
4. Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
5. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.
6. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
7. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat (akibat lemahnya daya dukung tanah dasar) pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.

Salah satu metode stabilisasi agregat dengan semen pada lapisan pondasi bawah adalah Lapis Beton Semen Pondasi Bawah (*Cement Treated Subbase/CTSB*) yang bermanfaat :

- Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
- Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada plat beton.
- Menyediakan rantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.
- Menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butir-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas terakumulasi di bawah pelat.

2.2 Spesifikasi Umum Lapis Beton Semen Pondasi Bawah (*Cement Treated Subbase/CTSB*)

2.2.1 Bahan Agregrat

a) Sumber Agregrat

Sebelum dilakukan pelaksanaan *CTSB*, komposisi agregrat yang akan dipakai dalam konstruksi *CTSB*. Agregrat tersebut harus memenuhi syarat-syarat dalam Spesifikasi. Hasil pengujian kuat tekan sampel yang dibuat dari hasil percobaan campuran dan sudah mengalami perawatan, diuji pada umur 7 hari.

b) Syarat-syarat yang diperlukan pada agregrat

Agregrat untuk *CTSB* harus sesuai dengan persyaratan pada Tabel 2.1. Semua agregrat untuk *CTSB* harus bebas dari bongkahan tanah lempung, kotoran, unsur organik, atau unsur-unsur lain yang merugikan dan harus berkualitas sedemikian sehingga akan membentuk suatu *CTSB* yang kuat dan stabil.

2.2.2 Semen

Semen yang digunakan untuk *CTSB* adalah semen portland biasa. Menurut ASTM C150.2003, 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 merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregrat kasar halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregrat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregrat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregrat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%

(tergantung mutu beton), namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

2.2.3 Air

Air yang digunakan pada *CTSB* untuk mencampur, merawat atau pemakaian-pemakaian yang lain harus bebas dari minyak, garam, asam, alkali, gula, tumbuh tumbuhan atau bahan-bahan lain yang merugikan terhadap hasil akhir. Air merupakan salah satu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Karena air diperlukan sebagai pereaksi terhadap semen serta bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan (Tjokrodinuljo, 1996). Semen tidak akan berfungsi apa-apa tanpa bereaksi dengan air. Maka dari itu kualitas air yang digunakan harus benar-benar dikontrol dan sesuai dengan standar yang telah ditentukan (*Portland Cement Association, Principle of Quality Concrete, 1975*). Umumnya air tawar yang dapat diminum, baik yang diolah oleh perusahaan air minum maupun tanpa diolah dapat digunakan untuk pembuatan beton.

2.2.4 Bahan Pencampuran

Pemakaian bahan pencampur, terutama yang untuk memperlambat waktu ikat, adalah sering digunakan dalam hal dimana *CTSB* diproduksi dengan unit pencampur sentral dan dikirim ke tempat yang jauh, atau perlu waktu lama untuk pekerjaan penyelesaian. Harus dilakukan secara hati-hati dalam memberikan bahan pencampur, kelebihan bahan pencampur akan merusak mutu *CTSB*.

Tabel 2.1 Spesifikasi *CTSB*

Uraian	Persyaratan
Analisa Ayakan	% lolos saringan dalam berat
Ukuran Ayakan	
1 ½	95-100
¾	50-100
No. 8	20-60
No. 200	0-15

Sumber : Spesifikasi Umum 2010 Standard Bina Marga

2.4 Pozzolan

ASTM C618-03 mendefinisikan pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan aluminium silika yang tidak mempunyai sifat perekat (sementasi) pada dirinya sendiri, tetapi dengan butirannya yang sangat halus bias bereaksi dengan kapur dan air membentuk bahan perekat (senyawa yang bersifat hidrolis) pada temperatur normal.

Menurut ASTM C618-03, pada dasarnya proses hidrasi semen adalah reaksi antara silika, kapur dan air menghasilkan perekat (CSH) dan sisa hidrasi (kapur). Sisa hidrasi inilah yang akan bereaksi dengan silika yang berasal dari material pozzolan untuk menghasilkan perekat (CSH) baru. Ada beberapa kondisi yang mempengaruhi proses pozzolanik yaitu kehalusan bahan pozzolan, bentuk kristal, kandungan silika, alumina, ferrit dan bahan dasar.

Bahan pozzolan terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Pozzolan Alam (Natural): tufa, abu vulkanik dan tanah diatomae. Di Indonesia Pozzolan alam dikenal dengan nama trass.
2. Pozzolan Buatan (sintetis): yang termasuk dalam jenis ini adalah hasil pembakaran tanah liat, hasil pembakaran batu bara (abu terbang/*fly ash*), pecahan batu dan masih banyak yang lainnya.

2.5 Abu Terbang (*fly ash*)

Abu terbang (*fly ash*) adalah limbah industri yang dihasilkan dari pembakaran batubara dan terdiri dari partikel yang halus. Abu terbang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. Abu terbang di kenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Gradasi dan kehalusan abu terbang dapat memenuhi persyaratan gradasi AASTHO M17 untuk mineral *filler*. Penggunaan mineral *filler* dalam campuran aspal beton adalah untuk mengisi rongga dalam campuran, untuk meningkatkan daya ikat aspal beton, dan untuk meningkatkan stabilitas dari campuran.

2.6 Abu Batu

Abu batu saat ini merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecahan batu (*stone crusher*) yang jumlahnya tidak sedikit. Saat ini abu batu tidak begitu laku untuk dijual karena pemakaian dalam industri konstruksi sudah sangat sedikit, mengingat penggunaan pasir sebagai agregat halus masih digunakan untuk campuran beton.

Abu batu juga merupakan agregat buatan. Agregat yang merupakan mineral filler atau pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu. Material jenis ini banyak dibutuhkan untuk campuran dalam proses pengaspalan dan bisa digunakan sebagai pengganti pasir.

2.7 Filler

Filler yang artinya sebagai bahan pengisi dapat dipergunakan debu, batu kapur, debu dolomite, atau semen dan harus bebas dari setiap benda yang harus dibuang. Dalam penelitian ini menggunakan abu terbang dan abu batu. *Filler* mempunyai ukuran yang lolos 100% lolos dari 0,60 mm dan tidak kurang dari 75 % berat partikel yang lolos saringan 0,075 mm (saringan basah).

Perlu diperhatikan agar bahan tersebut tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang dikehendaki dan bahan dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1 %).

Syarat-syarat *filler* sebagai berikut :

- Bahan *filler* terdiri dari abu batu, semen Portland, abu terbang, debu dolomite, kapur dan lain-lain.
- Harus kering dan bebas dari pengumpulan dan bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 tidak kurang dari 70 % beratnya.
- Penggunaan kapur sebagai bahan pengisi dapat memperbaiki daya tahan campuran, membantu penyelimutan dari partikel agregat.

2.8 Kekuatan Tekan Mortar

Metode pengujian kekuatan tekan mortar dapat menggunakan acuan SNI 03-6825-2002. Pengujian kekuatan mortar semen Portland menggunakan benda uji khusus

berbentuk kubus dengan ukuran sisi 5 cm. Kekuatan tekan mortar semen Portland adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen Portland berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu. Gaya maksimum merupakan gaya yang bekerja pada saat benda uji kubus pecah (SNI 03-6825-2002).

Rumus – rumus yang digunakan untuk perhitungan adalah kekuatan tekan mortar dihitung dengan rumus :

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A}$$

Dimana

σ_m = kekuatan tekan mortar, MPa

P_{maks} = gaya tekan maksimum, N

A = luas penampang benda uji, mm²

2.9 Kekuatan Tekan Beton

Sifat paling penting dari beton pada umumnya ialah kuat tekan. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekannya tinggi sifat-sifat yang lain juga baik. Pengukuran kuat tekan beton dilakukan dengan membuat benda uji berupa kubus beton dengan ukuran 150 mm atau silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kedua benda uji ditekan dengan alat uji tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum yang memecahkan itu dibagi dengan luas penampang kubus atau luas penampang silinder diperoleh nilai kuat tekan. Nilai diperoleh bahwa kuat tekan beton dengan benda uji silinder menghasilkan kuat tekan sekitar 84% dari pada dengan benda uji kubus.

Nilai kekuatan tekan beton dapat dihitung dengan persamaan

$$f'_c = P/A$$

dimana :

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban runtuh yang diterima benda uji (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat Ayakan

Ukuran ayakan yang digunakan antara lain :

- ayakan No. 1½
- ayakan No. ¾
- ayakan No. 8
- ayakan No.200

3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen : Semen Portland, memakai Semen Conch
2. Agregat : PT. CITRA PUTRI, Awang Bangkal Karang Intan
3. Bahan filler : Abu terbang dari PLTU Asam-asam Kalsel
4. Bahan filler : Abu batu *stone crusher* dari PT. CITRA PUTRI, Awang Bangkal Karang Intan Kalsel
5. Air : Air bersih (PDAM)

3.3 Perencanaan Komposisi Campuran Bahan

3.3.1 Perencanaan Komposisi Campuran Mortar Abu Terbang dan Abu Batu

Metode perencanaan komposisi campuran mortar dibuat berdasarkan SNI 03-6825-2002, sebagai berikut :

1. Mortar direncanakan dengan bahan-bahan dasar pembentuk campuran yaitu pasir yang divariasikan dengan abu terbang atau abu batu 0%, 5%, 10%, 15% terhadap berat agregat halus, Semen tipe 1 Conch dan air PDAM.
2. Untuk uji kekuatan tekan mortar, kubus yang digunakan dengan ukuran sisi 50 mm dengan variasi mortar yang menggunakan abu terbang 0% (MN), mortar yang menggunakan abu terbang 5% (MF5), mortar yang menggunakan abu terbang 10% (MF10) dan mortar yang menggunakan abu terbang 15% (MF15).
3. Untuk uji kekuatan tekan mortar, kubus yang digunakan dengan ukuran sisi 50 mm dengan variasi mortar yang menggunakan abu batu 5% (MA5), mortar yang menggunakan abu batu 10% (MA10) dan mortar yang menggunakan abu batu 15% (MA15).

4. Pengujian terhadap kubus untuk kekuatan tekan mortar dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.
5. Jumlah benda uji keseluruhan 105 buah untuk setiap variasi sebanyak 3 sampel uji.

3.3.2 Perencanaan Komposisi Campuran Beton

Komposisi campuran dibedakan untuk beton normal dan beton modifikasi yang menggunakan abu terbang dan abu batu yang paling optimum berdasarkan nilai kekuatan tekan mortar.

1. Beton direncanakan untuk f'_c sebesar 7,5 MPa dengan bahan-bahan dasar pembentuk campuran yaitu Agregat yang divariasikan dengan abu terbang, abu batu, Semen Coach dan air PDAM.
2. Persentasi abu terbang dan abu batu yang digunakan dalam campuran beton adalah persentasi paling optimum berdasarkan kekuatan tekan pada pengujian kubus mortar.
3. Metode perencanaan campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000 dengan syarat kekuatan berdasarkan SNI 03-2847-2002.
4. Untuk uji kekuatan tekan beton, silinder yang digunakan berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan variasi beton yang menggunakan persentasi abu terbang dan abu batu paling optimum
5. Pengujian terhadap silinder untuk kekuatan tekan dilakukan pada umur 28 hari.
6. Menurut SNI 2493-2011 jumlah benda uji minimal 3 untuk masing-masing umur pengujian dan kondisi pengujian sehingga jumlah total benda uji beton 9 buah (Beton Normal = BN; Beton Fly Ash = BF; Beton Abu Batu = BA) dengan menggunakan 3 benda uji untuk setiap variasi.

3.4 Pengujian Benda Uji

3.4.1 Pengujian Benda Uji Mortar

Pada umur yang telah ditentukan, lakukan pengujian kekuatan tekan terhadap benda uji itu dengan urutan kegiatan sebagai berikut :

1. Angkatlah benda uji dan tempat peredaman, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara di lap dan dibiarkan selama ± 15 menit;
2. Timbanglah kubus benda uji, lalu cacat berat benda uji itu;

3. Letakan benda uji pada mesin penekan; tekanlah benda uji itu dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji itu pecah. Pada saat pecah, catatlah besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja.
4. Hitung kekuatan tekan dengan menggunakan rumus

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana

σ_m = kekuatan tekan mortar, MPa

P_{maks} = gaya tekan maksimum, N

A = luas penampang benda uji, mm²

3.4.2 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton

Sehari sebelum beton mencapai umur uji yang telah ditetapkan yakni pada umur 28 hari, beton dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan hingga berada dalam kondisi jenuh kering permukaan/*surface saturated dry* (SSD). Selanjutnya menimbang dan mencatat masing-masing berat benda uji, kemudian meletakkan benda uji di mesin tekan secara sentris. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan, melakukan proses penambahan beban hingga benda uji mengalami keruntuhan dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.

Nilai kekuatan tekan beton dapat dihitung dengan persamaan

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.2)$$

dimana :

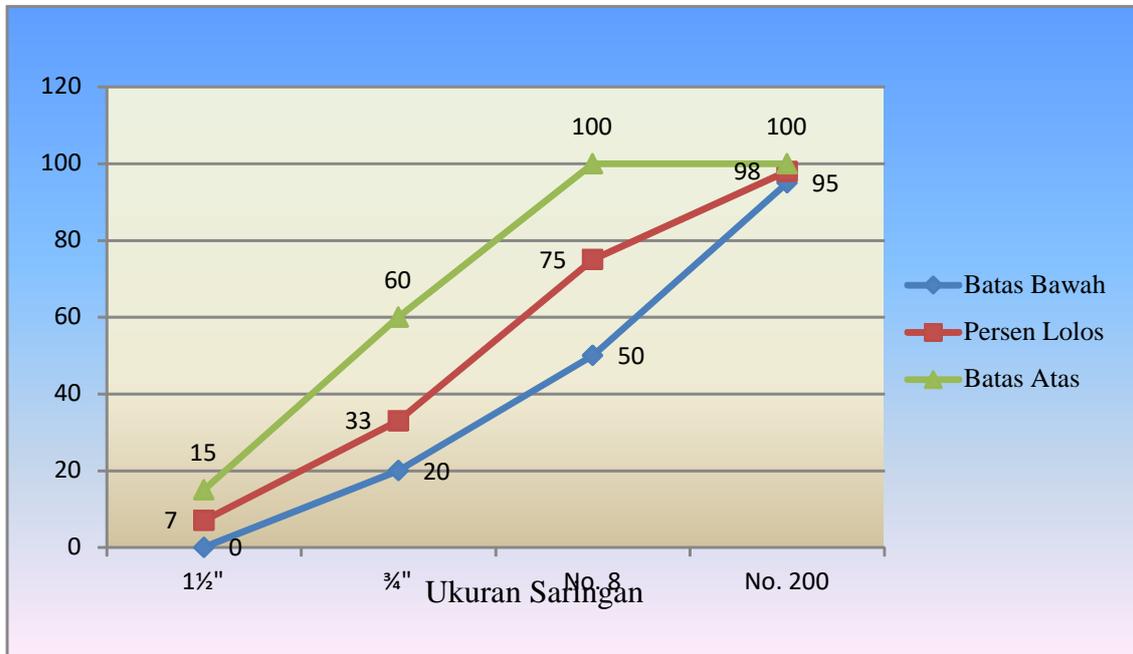
f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban runtuh yang diterima benda uji (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

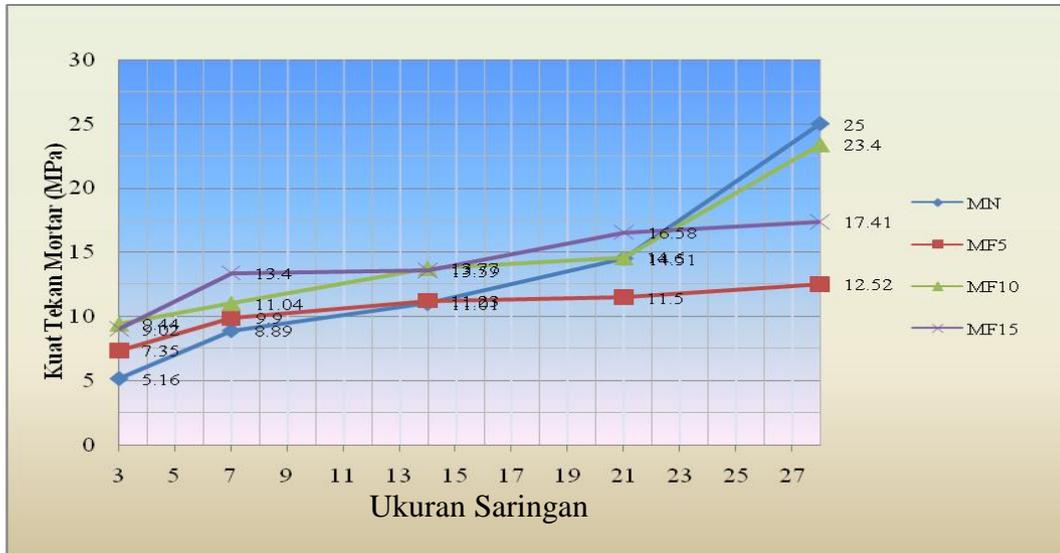
4.1 Analisa Saringan Bahan CTSB



Gambar 1. Hasil Pemeriksaan Bahan Analisa Saringan

Dari gambar 1. menunjukkan bahwa pemeriksaan analisa saringan dari Spesifikasi Umum 2010 Standar Bina Marga. Ukuran saringan 1 1/2" dengan *range* 0% sampai batas 15%, didapatkan persen lolos yaitu 7%. Ukuran Saringan 3/4" dengan *range* 20% sampai batas 60%, didapatkan persen lolosnya 33%. Ukuran saringan No.8 dengan *range* 50% sampai 100%, didapatkan persen lolosnya 75%. Ukuran saringan No.200, dengan *range* 95% sampai 100%, didapatkan persen lolosnya 98%. Dari hasil tersebut, pemeriksaan bahan analisa saringan berdasarkan Spesifikasi Umum 2010 Standar Bina Marga dapat memenuhi spesifikasi CTSB, semua masuk ke dalam *range* atas atau batas bawahnya.

4.2 Mortar Abu Terbang



Gambar 2. Hubungan Mortar Abu Terbang dengan Mortar Normal

Dari Gambar 2 menunjukkan bahwa pada setiap persentase mengalami kenaikan pada tiap umur rencana. Mortar dengan *filler* abu terbang 5% (MF5) mengalami kenaikan yang dimulai pada umur rencana 3 hari rata-rata kuat tekan sebesar 7,35MPa, umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 9,9MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 11,23 MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-rata sebesar 11,5MPa dan umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 12,52MPa. Mortar yang optimum pada mortar *filler* abu terbang 5% terdapat pada pada umur 28 hari.

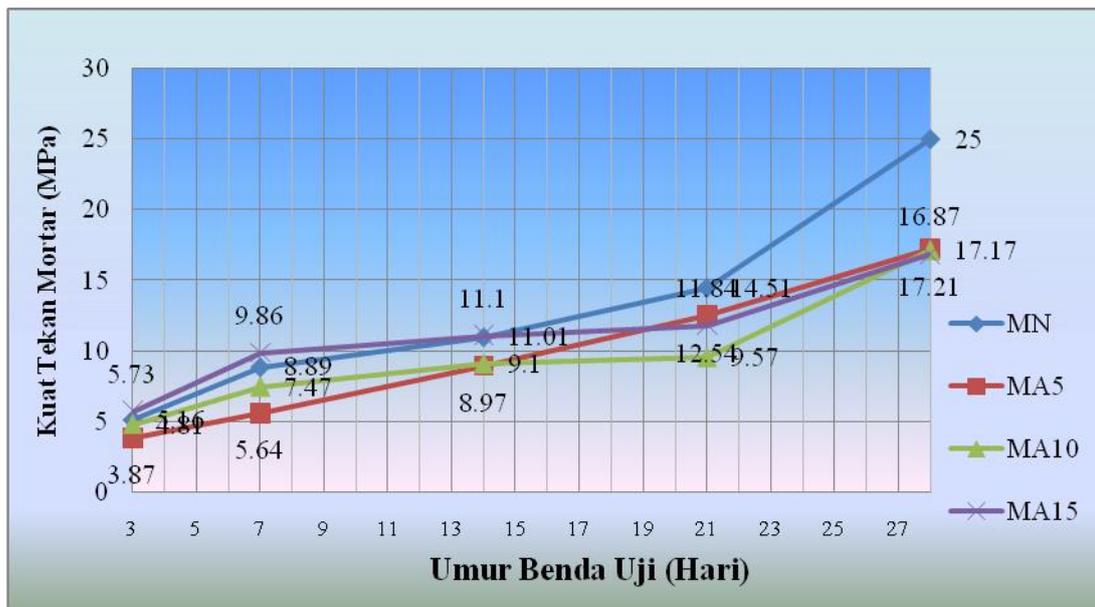
Pada mortar dengan *filler* abu terbang 10% (MF10) semakin meningkat pula pada setiap umur rencana, yaitu pada umur rencana 3 hari rata-rata kuat tekan sebesar 9,44 MPa, umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 11,04MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 13,77MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-rata sebesar 14,6MPa dan umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 23,40MPa. Mortar yang optimum pada mortar *filler* abu terbang 10% terdapat pada umur 28 hari.

Pada mortar dengan *filler* abu terbang 15% (MF15) semakin meningkat pula pada setiap umur rencana. Dimulai pada umur rencana 3 hari rata-rata kuat tekan sebesar 9,02Mpa, umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 13,40 MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 13,59Mpa, umur 21 hari kuat tekan rata-rata

sebesar 16,58Mpa dan umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 17,41Mpa. Mortar yang optimum pada mortar *filler* abu terbang 15% terdapat pada pada umur 28 hari.

Kenaikan hasil kuat tekan mortar pada umur 28 hari tidak stabil jika dihubungkan dengan persentase *filler* dari 0% (MN), 5% (MF5), 10% (MF10) dan 15% (MF15). Dari mortar dengan *filler* abu terbang 5% ke mortar dengan *filler* 10% mengalami kenaikan, namun dari mortar dengan *filler* 10% ke mortar dengan *filler* 15% mengalami penurunan. Untuk ke penelitian beton diambil hasil kuat tekan mortar yang optimum pada umur 28 hari sebesar 23,4MPa yang terdapat pada mortar dengan *filler* abu terbang 10% (MF10).

4.3 Mortar Abu Batu *Stone Crusher*



Gambar 3. Hubungan Mortar Abu Batu *Stone Crusher* dengan Mortar Normal

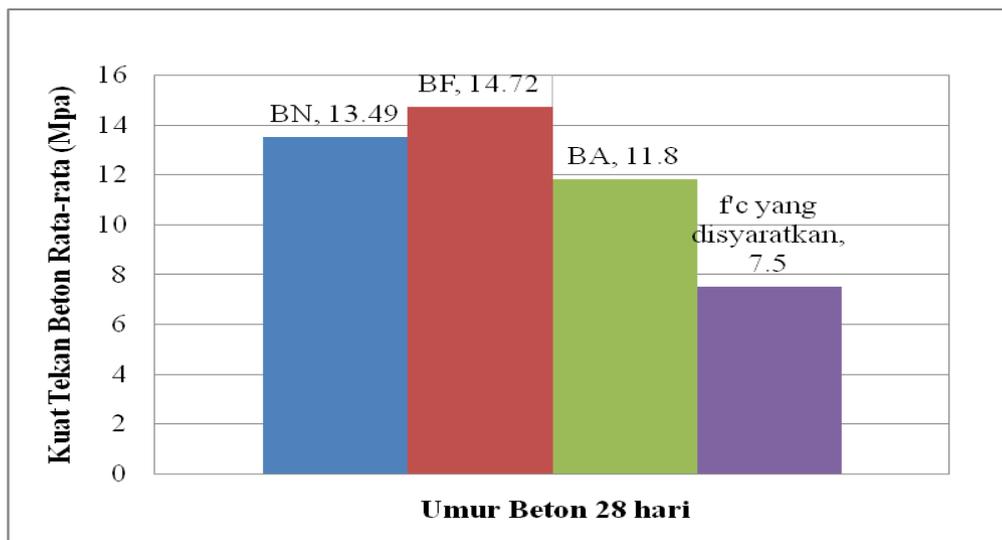
Dari gambar 3 menunjukkan bahwa pada setiap persentase mengalami kenaikan pada tiap umur rencana. Mortar dengan *filler* abu batu 5% (MA5) mengalami kenaikan. Dimulai pada umur rencana 3 hari rata-rata kuat tekan sebesar 3,87 MPa, umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 5,64MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 8,97MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-rata sebesar 12,54MPa dan umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 17,21MPa.

Pada mortar dengan *filler* abu batu 10% (MA10) semakin meningkat pula pada setiap umur rencana, yaitu pada umur rencana 3 hari rata-rata kuat tekan sebesar 4,81MPa umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 7,47MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 9,10 MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-rata sebesar 9,57MPa dan umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 17,17MPa.

Pada mortar dengan *filler* abu batu 15% (MA15) semakin meningkat pula pada setiap umur rencana. Dimulai pada umur rencana 3 hari rata-rata kuat tekan sebesar 5,73MPa, umur 7 hari kuat tekan rata-rata sebesar 9,86 MPa, umur 14 hari kuat tekan rata-rata sebesar 11,10MPa, umur 21 hari kuat tekan rata-rata sebesar 11,84MPa dan umur 28 hari kuat tekan rata-rata sebesar 16,87MPa.

Pada umur 28 hari, kuat tekan mortar mengalami penurunan jika dihubungkan dengan persentase *filler*. Semakin banyak persentase *filler* maka semakin menurun kuat tekan mortarnya. Kuat tekan rata-rata mortar dengan *filler* abu batu 0% (Mortar Normal/MN) sebesar 25MPa, mortar *filler* abu batu 5% sebesar 17,21MPa, mortar *filler* abu batu 10% sebesar 17,17MPa dan mortar *filler* abu batu 15 % sebesar 16,87MPa. Dalam hal ini diambil kuat tekan mortar yang optimum sebesar 17,21MPa pada mortar dengan *filler* abu batu 5% (MA5) untuk dilanjutkan ke penelitian beton.

4.4 Pengujian Beton



Gambar 4. Hubungan Antara Kuat Tekan Rata-rata Beton Normal, Beton Abu Terbang, Beton Abu Batu dan Kuat Tekan yang Disyaratkan

Dari gambar 4.4 di atas terlihat hasil pengujian beton *CTSB* yaitu beton normal *CTSB* (BN) rata-rata kuat tekannya sebesar 13,49MPa, beton *CTSB filler* abu terbang (BF) rata-rata sebesar 14,72MPa dan beton *CTSB filler* abu batu (BA) rata-rata sebesar 11,80MPa. Ketiga hasil kuat tekan di atas semuanya masuk dalam batasan kuat tekan yang disyaratkan minimum 7,5MPa.

Dapat dilihat juga hasil kuat tekan beton *CTSB* yang maksimum ada pada beton *CTSB filler* abu terbang (BF) rata-rata sebesar 14,72MPa. Hal ini bisa memanfaatkan sifat pozzolan dari abu terbang. Sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada pada beton tersebut. Maka dari itu beton *CTSB* dengan *filler* abu terbang mampu mendapatkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan abu batu.

Terlihat pula dari hasil kuat tekan beton normal *CTSB* (BN) rata-rata sebesar 13,49MPa, dan yang menggunakan *filler* abu batu *stone crusher* cenderung lebih turun dibandingkan beton *CTSB* normal, tetapi masih di atas kuat tekan yang disyaratkan yaitu 7,5 MPa. Penggunaan *filler* abu batu cenderung turun hal ini dikarenakan kualitas dari bahan abu batu tersebut yang kurang baik, sehingga berpengaruh pada hasil kuat tekan tersebut. Jadi penggunaan *filler* abu batu *stone crusher* ini kurang optimal jika dibandingkan dengan penggunaan *filler* abu terbang.

5. KESIMPULAN

Kuat tekan untuk beton normal *CTSB* nilai rata-ratanya sebesar 13,49MPa, beton *CTSB filler* abu terbang 10% rata-ratanya sebesar 14,72MPa dan untuk beton *CTSB filler* abu batu *stone crusher* 5% rata-ratanya sebesar 11,80MPa pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton *CTSB* memenuhi Standar Spesifikasi Umum 2010 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga dengan kuat tekan minimum yang disyaratkan 7,5MPa.

Berdasarkan hasil tes kuat tekan beton *CTSB filler* abu terbang dan *filler* abu batu *stone crusher* dapat digunakan untuk lapis beton semen pondasi bawah. Untuk beton *CTSB filler* abu batu tidak terlalu tinggi namun masih masuk dalam ketentuan yang ada pada Spesifikasi Umum Bina Marga. Jadi dari hasil penelitian ini lapis beton semen

pondasi bawah (CTSB) yang kuat terdapat pada beton CTSB filler abu terbang yaitu 14,72MPa pada umur 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

Atadroe." *Lapis Pondasi Bawah dan Atas Perkerasan Kaku*".

<http://atadroe88.blogspot.co.id/2011/11/sekilas-tentang-lapisan-pondasi-bawah.html>. (Diakses 29 Januari 2017)

Badan Standardisasi Nasional. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Semen Portland*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil*.

Danasi, Marsinus, Ade,L. 2015. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Silica Dan Filler Pasir Kwarsa*. Makassar

Hardi, tjoko (2013). *Manfaat Abu Batu Stone Crusher Sebagai Bahan Bangunan Di Kota Rembang*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Irfan, Prasetia. 2015. *Uji Karakteristik Abu Batubara PLTU Asam-Asam Sebagai Material Konstruksi*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin

Paulay T. & Park R. 1975. "*Reinforced Concrete Structures*". University of Canterbury, Departement of Civil Engineering, Christchurch, New Zealand.

Rahman, F. (2006). *Pengaruh Kehalusan Serbuk Pasir Silika Terhadap Kekuatan Tekan Mortar*. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.

Spesifikasi Umum 2010 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.

Syaka, Dewi Rara Wiyanti. 2013. *Pembuatan Beton Normal Dengan Fly Ash Menggunakan Mix Desain Yang Dimodifikasi*. Universitas Jember. Jember

Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Nafiri.

Tjokrodinuljo, Kardiyono.(2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS FT UGM.
Yogyakarta.