

**Pemanfaatan Batu Berangkal Kapur Limbah Industri
Sebagai Agregat Untuk Beton Non-Pasir
(Suatu Alternatif dalam upaya Pengembangan Diklat Pada Keahlian Teknik Sipil di
P4TK BMTI Bandung)**

*The Use of Petrify Berangkal Kapur Industrial Waste
As Aggregate in No-Fines Concrete*

*(As an Alternative of Civil Engineering Subject Matters in Training Development at TEDC
Bandung)*

Deddy Misdarpon⁽¹⁾, Nunuy Nurjanah⁽²⁾

⁽¹⁾Widyaiswara P4TK BMTI Bandung,⁽¹⁾
⁽²⁾.....⁽²⁾

ABSTRACT

Petrify berangkal kapur is an Industrial waste resulting from calcifies production that sometime deteriorate environment condition. It is possible to exploit it as ossifying materials for road e.g. Rigid pavement, but only a few has been implemented, because of its limitation reason as petrify berangkal kapur. This research was conducted in a way to study the properties of petrify berangkal kapur / calcify waste as concretes aggregate as well as the properties of no fines concrete made of petrify berangkal kapur aggregate. In this research, the specimen tested were concrete cylinder of 15 cm diameter and height of 30 cm, the water /cement ratio was 0,40, the variation of aggregate/cement ratio was 6 variations, they were 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, and 1:10, the technical properties of no fines concrete to be examined were : specific gravity, cavity volume, and strength ness, Test specimen was conducted at 28 days age of concrete. The experimental result shows, that in general petrify berangkal kapur is favorable to be used for no-fines concrete aggregates. Greater amount of cement has to be used to make no-fines concrete of greater specific gravity, and strength ness. The cavities volumes were tend to minimize. The petrify berangkal kapur is unfavorable as a light weight aggregates, because of owning to its specific gravity that's nearly 2, 5. The most efficient usage of cement in concrete of petrifies berangkal kapur aggregates were reached aggregate/cement ratio of 1:6, and the result the strength ness of more than 9 Map. The implementation of developing research and design of no-fines concrete will be conducted in Skill Training program and planning.

Keyword: Petrify berangkal kapur waste, the properties of aggregates, no-fines concrete and Skill Training.

1. PENDAHULUAN

Dalam rancangan peraturan pemerintah Nomor: ?..... pasal 26 tentang Pendidikan Vokasi/Kejuruan, dinyatakan bahwa pendidik pada SMK/MAK atau bentuk lain yang sederajat harus memiliki kualifikasi akademik dan kompetensi sebagai agen pembelajaran. Kompeten sebagai agen pembelajaran, sebagai mana yang dimaksud dalam Standar Nasional Pendidikan, meliputi kompetensi pedagogic (atau tanpa 'k'), kompetensi kepribadian, kompetensi profesional, dan kompetensi sosial sesuai dengan. (Hidayat D, dkk, 2005).

Dalam rangka pembinaan dan peningkatan profesionalitas bagi pendidik dan tenaga kependidikan serta widyaiswara, khususnya dalam upaya penjaminan mutu pendidikan dalam rangka pembentukan insan Indonesia cerdas dan kompetitif mutlak diperlukan peningkatan kompetensi pendidik tersebut secara berkelanjutan, sesuai dengan tuntutan persaingan global. Salah satu pilar dari kompetensi Pendidik yang perlu dikembangkan adalah kompetensi profesional sebagai ciri utama profesionalitas pendidik/guru vokasi. Untuk itu, penelitian bidang keahlian yang mencermati secara tajam kompetensi bagi tenaga pendidik keahlian teknik sipil ini menjadi sangat diperlukan.

Hasil pengamatan dan observasi lapangan di beberapa Pabrik Kapur di daerah Cipatat – Padalarang Kabupaten Bandung, ternyata batuan kapur limbah industri dari Pabrik kapur Cipatat, adalah batuan yang oleh masyarakat setempat disebut **batu berangkal kapur**, sebagai sisa-sisa pembakaran yang dilakukan secara konvensional.

Dari proses pembuatan kapur hasil industri, ternyata terdapat limbah berupa batuan kapur yang tidak dapat diproses lagi menjadi kapur produksi, yang disebut batu berangkal kapur, jumlahnya cukup memadai, sehingga perlu untuk dioptimalkan pemanfaatannya bagi kepentingan masyarakat dan umum.

Batuan kapur limbah industri ini secara visual dimungkinkan untuk dijadikan agregat beton, termasuk untuk beton non-pasir.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat terungkap sejumlah kompetensi yang dapat dikembangkan lagi untuk kepentingan pengembangan diklat pada Keahlian Teknik Sipil.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Benda Uji

Agregat kasar ukuran 10-20mm, dari batu berangkal kapur yang diambil dari pabrik kapur Cipatat–Padalarang Kabupaten Bandung.

Benda uji berupa silinder beton, dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set Saringan/Ayakan (Sieves),
2. Timbangan
3. Mesin Los Angeles, Cetakan silinder beton ukuran diameter = 150 mm, tinggi = 300 mm dan Mesin aduk beton,
4. Tabung kerucut dan alas rata yang kedap air
5. Oven
6. Gelas ukur dan
7. Mesin uji tekan beton (*Universal Testing Machine / UTM*) merek

RIEHLE, berkapasitas 60.000 lbs, dengan ketelitian 5 lbs.

Pembuatan Agregat Kasar

Agregat kasar dihasilkan dengan cara dipecah memakai mesin *Stone Crusher*, dan manual dengan tangan, sehingga diperoleh gradasi ukuran 10- 20mm.

Pengujian Sifat Teknis Agregat

Pengujian sifat Teknis Agregat dilakukan terhadap : Berat Satuan, Berat Jenis, dan Serapan Air Agregat, serta Keausan Agregat dengan mesin Los Angeles.

Pencetakan dan Perawatan Benda Uji

Pencetakan dan perawatan benda uji dilakukan pada benda uji sebanyak enam (6) variasi adukan, dan tiap-tiap variasi terdiri dari lima (5) buah sampel.

Pengujian sifat Teknis Beton Non-Pasir

Pengujian sifat teknis beton non-pasir dilakukan terhadap : Pemeriksaan berat jenis, Volume Rongga, dan kuat tekan, juga dilakukan analisis terhadap kebutuhan bahan dan pemanfaatan beton non-pasir.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Perbandingan semen : agregat = 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, dan 1:10.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kelayakan Batu Berangkal Kapur Studi Pendahuluan Agregat

Berdasarkan studi lapangan yang dilakukan di beberapa Pabrik Kapur (PK) Cipatat, maka hasil penelitian tentang batu berangkal kapur limbah industri, secara umum adalah sebagai berikut :

a. Batu berangkal kapur dapat diperoleh dari batuan yang mengandung senyawa karbonat / batu batuan kapur (CaCO_3), dimasukkan ke dalam tungku pembakaran berkapasitas 40-50 ton), dan dibakar dengan menggunakan bahan bakar 'kayu bakar' selama tiga hari tiga malam, kemudian dikeluarkan secara berangsur-angsur.

b. Hasil pembakaran batuan kapur berupa: kapur produksi, sebanyak $\pm 95\%$ dan limbah sisa pembakaran, berupa batu berangkal kapur sebanyak $\pm 5\%$.

Ketersediaan Batu berangkal kapur untuk agregat beton non-pasir

Ketersediaan batu berangkal kapur sebagai limbah dari pembuatan kapur sebanyak 64 ton per bulan, cukup memadai untuk dimanfaatkan bahkan secara langsung menjadi salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan lingkungan. Ketersediaan agregat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas produksi kapur dan jumlah limbah per bulan

No.	Nama Pabrik Kapur	Jml Kapur (ton)	Persts. limbah (%)	Jml Limbah (ton)
1.	Sinar Baru	140	5	7
2.	Bina Raksa	220	4.5	10
3.	Subur	200	5	10
4.	Putra Jaya	150	3.3	5
5.	Gunung Kawi	320	4.4	14
6.	Karya Mekar	310	3.9	12
7.	Okubawa Sakti	96	6.25	6
Jml	7	1436 ton	4.62 %	64 ton

Sifat Teknis Agregat

Berat Satuan Agregat

Berat satuan gembur (*Shovelled*) = 1,3595 ton/m³ dan berat satuan padat (*Rodded*) = 1,4133 ton/m³

Berat Jenis Agregat

Berat jenis batu berangkal kapur rata-rata hasil pengujian, kondisi *SSD* = 2,53 dan pada kondisi kering oven = 2,46

Serapan Air

Rata-rata serapan air agregat batu berangkal kapur = 3,2%, apabila dibandingkan dengan batu kapur asal Klaten dengan gradasi 10-20mm, serapan airnya 7,46% (Hadi C, 2003), maka agregat ini memiliki serapan air yang rendah.

Keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles

Keausan agregat batu berangkal kapur hasil pengujian adalah = 46,80 %.

Sifat Teknis Beton Non-Pasir

Hasil Pengadukan dan Slump Test

Hasil pengujian dari seluruh spesimen beton segar non-pasir yang diuji ternyata bahwa nilai slam nya = 0, karena semen dan air yang dipakai sedikit, tidak adanya agregat halus, dan agregat kasar satu sama lain saling mengunci dan sulit untuk turun.

Hasil adukan yang siap diuji slam dapat dilihat pada Gambar 1 dan hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Adukan siap diuji / di cetak



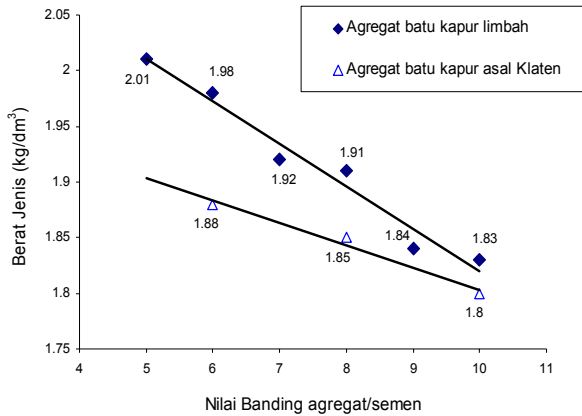
Gambar 2. Hasil Pengujian Slam beton segar Beton non-pasir selalu = 0

Dimensi dan Berat Benda Uji Beton Non-Pasir

Benda uji beton non-pasir berupa silinder, dibuat sebanyak 6 variasi adukan, masing masing variasi terdiri dari 5 (lima) buah silinder, dan jumlah seluruhnya adalah 30 buah. Berat benda uji, menurut nilai banding volume agregat /semen tidak sama, hal ini disebabkan karena pemakaian jumlah semen yang berbeda.

Berat Jenis Beton Non-Pasir

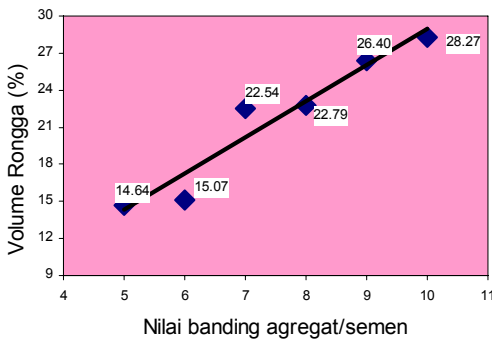
Bila dibandingkan berat jenis beton non-pasir dari batu kapur asal Klaten (Hadi C, 2003), dengan gradasi yang sama, maka berat jenis beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah ternyata lebih besar. Berat jenis beton non-pasir hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar3.



Gambar3. Diagram hubungan nilai banding Agregat /semendengan berat jenis beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah Industri ukuran 10-20 mm dan batu kapur asal klaten

Volume Rongga

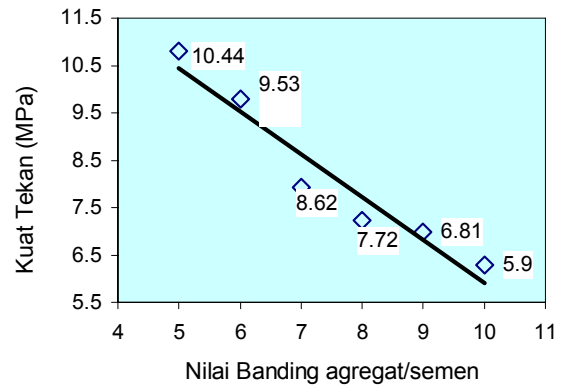
Hasil pengujian volume rongga rata-rata beton non-pasir dapat dilihat pada tabel Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Hubungan Antara Nilai Banding Agregat /Semen dengan Volume Rongga Beton Non-Pasir dari Agregat Batu Berangkal Kapur Ukuran 10-20mm

Kuat Tekan Beton Non-Pasir

Hasil rata-rata kuat tekan beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah ukuran 10-20 mm, sangat dipengaruhi oleh Rasio agregat/semen. Jika rasio agregat /semen besar, artinya jumlah pasta semen dalam adukan beton sedikit, maka daya rekat antar butir agregat lemah, sehingga diperoleh kuat tekan beton yang rendah.

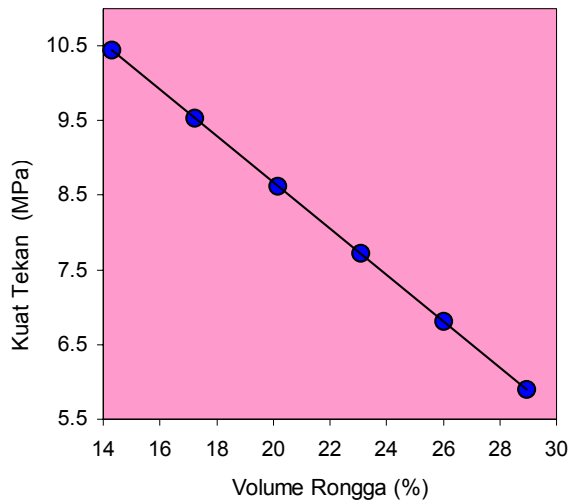


Gambar 5. Hubungan Antara Nilai Banding Agregat/Semen dan Kuat Tekan Beton Non-Pasir dari Agregat Batu Berangkal Kapur Ukuran 10-20mm

Hubungan antara nilai banding agregat/semen dengan kuat tekan beton non-pasir dari batu berangkal kapur limbah ukuran 10-20 mm dapat dilihat pada diagram Gambar 5.

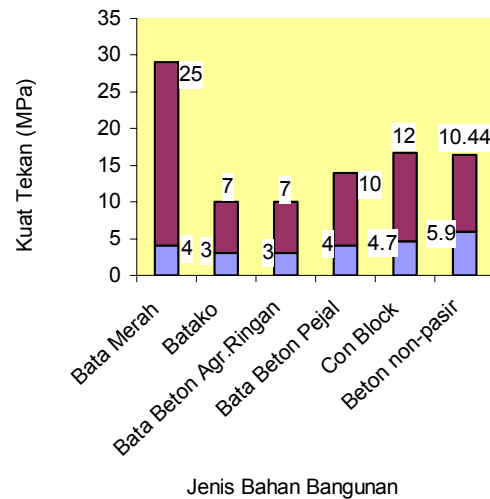
Rasio agregat/semen sangat berpengaruh terhadap kuat tekan, tetapi berat jenis dan volume rongga berpengaruh lebih signifikan terhadap kuat tekan. Artinya, bila berat jenis kecil dan volume rongga besar, maka kuat tekannya rendah.

Demikian sebaliknya apabila berat jenis besar, volume rongga kecil, maka kuat tekannya besar. Hubungan antara volume rongga, dan kuat tekan dapat dilihat pada diagram Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Volume Rongga dan Kuat Tekan Beton Non-Pasir dari Agregat Batu Berangkal Kapur Ukuran 10-20mm

Jika kuat tekan beton non-pasir dengan agregat batu berangkal kapur limbah Industri ukuran 10-20mm, dibandingkan dengan bahan bangunan lain misalnya bata merah, batako, bata beton berlubang, bata beton pejal, batu cetak beton, maka beton non-pasir ini masih memadai kekuatannya, yaitu sedikit di atas kekuatan bata beton pejal dan sesuai fungsinya sebagai salah satu beton ringan. Lihat diagram pada Gambar 7



Gambar 7. Perbandingan Kuat Tekan Berbagai Bahan Bangunan

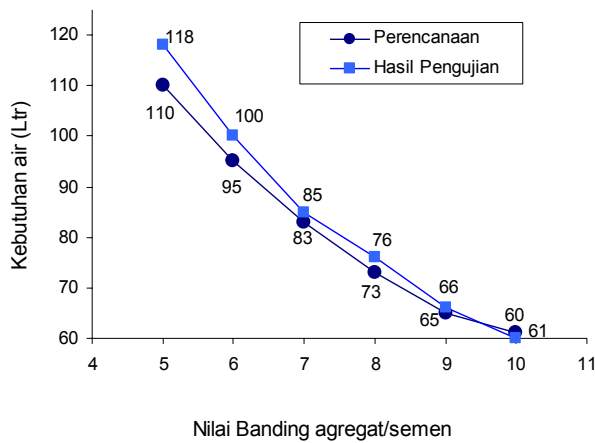
Kebutuhan Bahan Dasar dan Harga Beton Non-Pasir

Kebutuhan Bahan untuk 1 m³ Beton Non-Pasir

Selanjutnya kebutuhan bahan dianalisis berdasarkan hasil pengujian berat beton non-pasir, berdasarkan kebutuhan per m³ dan kebutuhan untuk spesimen benda uji berbentuk silinder pada volume tertentu.

Kebutuhan Air

Kebutuhan rata-rata air per 1 m³ beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah Industri ukuran 10–20 mm untuk tiap variasi adukan ditunjukkan pada diagram Gambar 8.

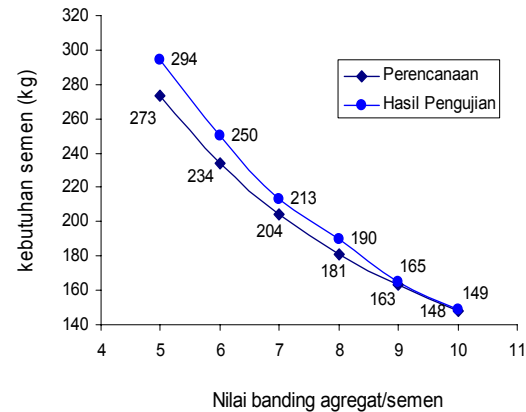


Gambar 8. Hubungan Antara Nilai Banding Agregat/Semen dengan Kebutuhan Air per 1m³ Beton Non-Pasir dari Agregat Batu Berangkal Kapur Limbah Industri Ukuran 10-20mm

Kebutuhan Semen

Kebutuhan semen cukup ekonomis dan efisien, tetapi pasta semen berada pada kondisi optimum, seluruh agregat dapat terselimuti dengan sempurna. Kebutuhan semen yang paling besar ada pada nilai banding 5 berturut-turut menurun hingga pada nilai banding 10. Kemampuan pasta semen untuk mengikat dan menyelimuti agregat pada adukan yang memerlukan agregat banyak, menjadi berkurang sehingga hanya sebagian agregat saja yang dapat terikat sempurna, sedangkan sebagian yang lain akan membentuk ikatan yang berongga.

Seperti halnya air, kebutuhan semen juga mencapai terbanyak pada nilai banding agregat/semen yang terdekat atau pada nilai banding yang terkecil, dari diagram Gambar 9 dapat dibaca bahwa kebutuhan semen paling sedikit ada pada nilai banding agregat/semen yang terbesar, yaitu pada nilai banding agregat/semen 10.



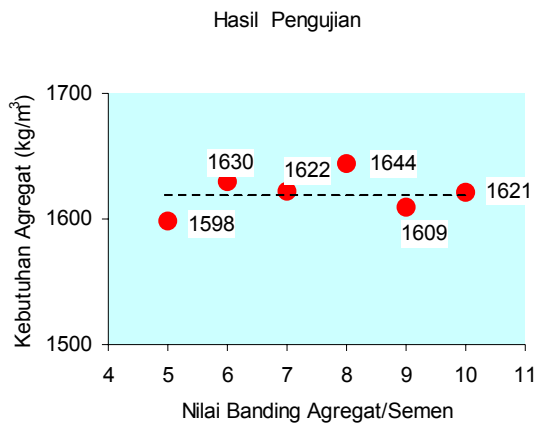
Gambar 9. Hubungan Antara Nilai Banding Agr/Smn. dan Kebutuhan Semen untuk Tiap 1m³ Beton Non-Pasir dari Agregat Batu Berangkal Kapur Limbah Industri Ukuran 10-20mm

Kebutuhan Agregat.

Kebutuhan agregat untuk beton non-pasir, berbanding terbalik dengan kebutuhan semen atau air pada nilai banding yang sama, dan kenyataan hasil pengujian menunjukkan bahwa kebutuhan agregat mulai dari perbandingan volume 1:5 berturut-turut ke 1:10 berkisar antara 1600 kg/m³ dan 1650 kg/m³, dengan rata-rata kebutuhan agregat = 1621 kg/m³.

Dari diagram Gambar 10 dapat terbaca bahwa kebutuhan agregat fluktuasi walaupun sedikit.

Diperlukan agregat terbanyak dan terjadi kehancuran agregat terbanyak saat pengadukan ada pada nilai banding 8, tetapi kebutuhan agregat terkecil ada pada nilai banding yang kecil, yaitu pada nilai banding 5



Gambar 10. Hubungan Antara Nilai Banding Agr/Smn. dan Kebutuhan Agregat Untuk Tiap 1 m³ Beton Non-Pasir dari Agregat Batu Berangkal Kapur Limbah Industri Ukuran 10-20mm

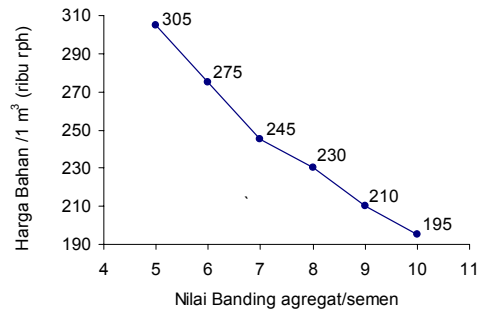
Perhitungan Harga Bahan dasar Beton Non-Pasir

Perhitungan harga bahan dasar untuk tiap 1m³ beton non-pasir, didasarkan pada kebutuhan bahan hasil analisis setelah dilakukan pengujian dan dimaksudkan juga untuk mengetahui biaya yang diperlukan untuk membuat beton non-pasir ditinjau dari aspek material. Perhitungan harga bahan dasar beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur hasil pengujian dilakukan pada seluruh variasi adukan untuk dijadikan perbandingan.

Harga dasar bahan :

1. Semen tipe PC merk Tiga Roda = Rp.28.000,-/ zak
2. Agregat setelah di stone crusher = Rp.50,00,- / kg
3. Air = Rp.150,00,- / liter

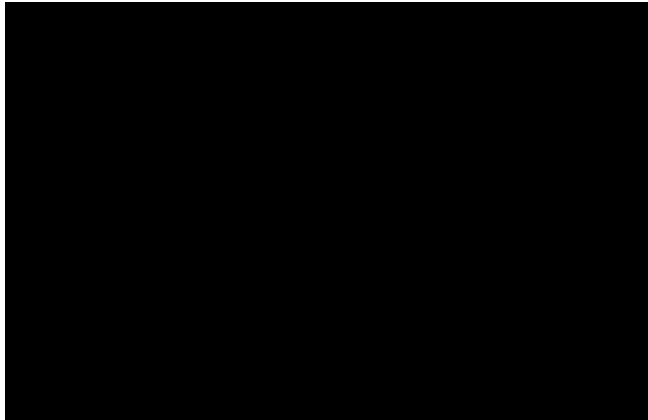
Harga bahan beton non-pasir sesuai dengan nilai banding agregat/semen dapat dilihat pada grafik Gambar 11.



Gambar 11. Harga Bahan yang Diperlukan untuk 1m³ Beton Non-Pasir pada Tiap Variasi Adukan

Pemanfaatan beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah, berdasarkan kuat tekan dan harga dasar materialnya dapat diterapkan pada pekerjaan Teknik Sipil. Sesuai dengan kuat tekannya, maka beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah Industri ukuran 10-20 mm, dapat dimanfaatkan pada pekerjaan-pekerjaan tertentu atau sebagai pengganti bahan konstruksi.. Menurut SK SNI S-04-1989-F, pemanfaatannya adalah seperti pada diagram Gambar 12.

Aplikasi perancangan dan pembuatan beton non-pasir, dapat dilakukan pada rancangan program diklat keahlian Teknik Sipil, karena hasil penelitian ini mengungkap sejumlah kompetensi yang dapat dikembangkan dalam upaya pengembangan Teknologi Beton dalam lingkup pekerjaan keahlian Teknik Sipil.



Gambar 12. Pemanfaatan Beton Non-Pasir Menurut Besarnya Kuat Tekan

Aplikasi dalam Pengembangan Diklat Keahlian

Standar Kompetensi

Standar Kompetensi Guru SMK (Struktur & Bahan Bangunan pada Keahlian Teknik Sipil). Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh beberapa kompetensi, yang dapat dihubungkan dengan Standar Kompetensi Guru SMK

Struktur Program Diklat Keahlian Teknik Sipil

Aplikasi perancangan dan pembuatan beton non-pasir dapat dilakukan dalam bentuk Diklat pada keahlian Teknik Sipil. Struktur Programnya dapat dirancang dalam proposal Diklat

Deskripsi Program Diklat

- a. Sifat Teknis Beton Non-Pasir, adalah kajian tentang pengertian, manfaat, dan sifat-sifat beton non-pasir, serta penerapannya baik pada struktur atau pada non struktur pekerjaan Teknik Sipil.
- b. Bahan – bahan Penyusun Beton, adalah kajian tentang air sebagai bahan

penyusun, fungsi dan kriterianya, Semen Portland, dan agregat, meliputi jenis, fungsi dan perannya, serta proses pembentukan beton.

- c. Sifat Teknis Agregat, adalah kajian tentang agregat dan permasalahan nya, jenis dan macam-macamnya, sifat-sifat teknis, cara pembuatan serta fungsi dan perannya dalam pembentukan beton.
- d. Pembuatan Agregat Beton Non-Pasir, adalah kajian dan pelaksanaan tentang metodologi pembuatan, gradasi, pengkondisian dan pengujian sifat teknis agregat untuk beton non-pasir.
- e. Perancangan adukan Beton, adalah kajian dan pelaksanaan tentang Mix Design adukan beton berdasarkan coba-coba, SNI, ACI, dan ROAD NOTE No.4, sehingga kebutuhan bahan dapat dianalisis secara pasti.
- f. Pengujian Beton Segar, adalah kajian dan pelaksanaan tentang proses pengadukan, pengujian beton dalam keadaan plastis, meliputi sifat teknis, kelecakan (*Consistency*), dan *Slump Test*.
- g. Pembuatan Spesimen Beton Non-Pasir, adalah kajian dan pelaksanaan tentang pembuatan benda uji baik berupa kubus atau silinder Beton Non-Pasir, berdasarkan variasi adukan yang telah ditentukan, ketepatan dimensi, serta ketentuan kepadatannya.
- h. Pengendalian Mutu Beton, adalah kajian dan pelaksanaan tentang pengendalian mutu beton, meliputi pengawasan, perawatan / *Curing*, Capping, kodefikasi, Evaluasi dan Rehabilitasi cacat yang terjadi.
- i. Pengujian Spesimen Beton Non-Pasir, adalah kajian dan pelaksanaan tentang pengujian sifat teknis Beton Non-Pasir, meliputi dimensi, Berat Jenis, Volume Rongga, dan Kuat Tekan

- j. Pembuatan Kreasi Beton Non-Pasir, adalah penerapan/aplikasi rancangan Beton Non-Pasir dalam bentuk kreasi disain benda kerja yang bersifat dekoratif, dan fungsional seperti Pot Bunga, Baluster Tangga, dll.

Strategi Pembelajaran

- Mengacu pada pembelajaran orang dewasa (Andragogis), widyaiswara sebagai nara sumber dan fasilitator, dalam penyampaian informasi menggunakan media dan metodologi yang variatif
- Sesuai dengan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai, maka KBM dilengkapi dengan Modul / Bahan Ajar yang representatif, teori disajikan secara interaktif, praktik dilakukan di Bengkel atau Lab. dengan peralatan yang standar dan memadai.
- Pelaksanaan KBM Praktik mengikuti pola seri dan parallel, apabila terjadi sesi menunggu pekerjaan yang masih basah dan harus tertunda, peserta tidak akan mengalami pengangguran kegiatan.
- Materi Diklat dikaji dan disajikan dengan menitik beratkan pada latar belakang, kondisi dan pengalaman peserta sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai secara efektif dan efisien.
- Wawasan peserta tentang materi Diklat akan semakin berkembang dengan disediakannya sesi kunjungan Industri sebagai sarana studi banding, dan observasi lebih dekat tentang pelaksanaan di lapangan.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian tentang pemanfaatan batu berangkal kapur limbah industri sebagai

agregat untuk beton non-pasir, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Batu berangkal kapur limbah Industri ukuran 10-20 mm mempunyai berat satuan sebesar $1,359 \text{ kg / dm}^3$ atau $1,359 \text{ ton/m}^3$ dan berat jenis 2,46/ 2,53.
- Berat jenis beton non-pasir dari batu berangkal kapur limbah pada perbandingan volume semen : agregat 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, dan 1:10 berturut-turut sebesar 2.01; 1.98; 1.92, 1.91, 1.84 dan 1.83.
- Volume rongga beton non-pasir dari batu berangkal kapur limbah pada perbandingan volume semen : agregat 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 berturut-turut sebesar 14.64%; 15.07%; 22.54%; 22.79%; 26.40%; 28.27%.
- Kuat tekan beton non-pasir dari batu berangkal kapur limbah pada perbandingan volume semen : agregat 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9; 1:10 berturut-turut sebesar 10.44 MPa; 9.53 MPa; 8.62 MPa; 7.72 MPa; 6.81 MPa; 5.90 Mpa.
- Kebutuhan semen per 1m^3 beton non-pasir dari batu berangkal kapur limbah pada perbandingan volume semen : agregat 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, dan 1:10 menurut hasil pengujian, adalah sebesar : 294 kg, 250 kg, 213 kg, 190 kg, 166 kg, dan 149 kg. dibuat dalam bentuk tabel
- Kebutuhan air, sesuai dengan kebutuhan semen, yaitu mulai dari perbandingan volume 1:5 berturut-turut ke 1:10 cenderung menurun.
- Kebutuhan agregat, mulai dari perbandingan volume 1:5 berturut-turut ke 1:10 berkisar antara 1600 kg/m^3 dan 1650 kg/m^3 , dengan rata-rata kebutuhan agregat = 1621 kg/m^3 .
- Batu berangkal kapur limbah Industri dapat dimanfaatkan sebagai agregat

untuk beton non-pasir sesuai dengan sifat-sifat teknis hasil penelitian.

9. Sesuai dengan kuat tekannya, beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur limbah, dapat dimanfaatkan untuk struktur ringan, bangunan tidak bertingkat, dinding cor setempat, bangunan non struktur, dan dapat dipakai sebagai bahan pengganti bata merah, batako, dan bata cetak lainnya.
10. Aplikasi perancangan beton non-pasir dapat dilaksanakan dalam bentuk perancangan program diklat Kompetensi / Keahlian Teknik Sipil.

Saran

1. Pada waktu pengadukan, perlu dilakukan secara hati-hati, karena agregat dari batu berangkal kapur mudah hancur.
2. Pada saat pencetakan / pengecoran, perlu betul-betul dikontrol kapasitas pematatannya, apakah setiap spesimen akan dipadatkan atau tidak.
3. Batu berangkal kapur limbah Industri dapat dimanfaatkan sebagai agregat untuk beton non-pasir, sebagai salah satu alternatif pemanfaatannya dalam upaya membantu mengatasi permasalahan lingkungan.
4. Pengembangan perancangan usahakan diaplikasikan dalam bentuk program diklat keahlian agar lebih fokus pada substansi materi.
5. Perlu adanya penelitian terhadap beton non-pasir dari agregat batu berangkal kapur terutama tentang uji reaksi alkali silika aktif, kandungan mineral batuan dan modulus elastisitas beton non-pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2005, "Data Potensi Industri, Tanda Daftar Industri 2003-2004 Kabupaten Bandung", Dinas Perindustrian Kabupaten Bandung.
- [2] Anonim, 1994, *Tata cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan (SNI 03-3449-1994)*, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum.
- [3] Frick H, & Koesmartadi CH, 1999, *Seri Konstruksi Arsitektur 9 Ilmu Bahan Bangunan, Eksploitasi, Pembuatan, Penggunaan, dan Pembuangan*, Yogyakarta : Penerbit Kanisius, Soegija pranata, University Press.
- [4] Hadi C, 2003, "Beton Non-Pasir dengan Agregat Batu Kapur asal Klaten ukuran 10mm–20mm", Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- [5] Mulyono T, 2004, *Teknologi Beton*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- [6] Neville, A.M. and Brooks, J.J, 1973, *Concrete Technology*, First Edition, England: Longman Scientific & Technical.
- [7] Raju N K, 1983, *Design of Concrete Mixes*, CBS Publishers & Distributors, 485, Jain Bhawan, Bhol Nath Nagor, Shandra, Delhi – 11032 India Second Edition.
- [8] Satriana S, 2004, "Penggunaan Batu Gamping Non Klasik Lunak (Keprus) ukuran 5-10mm Sebagai Agregat dalam Pembuatan Beton Non-Pasir", Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,
- [9] Tjokrodinuljo K, 2004, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

- [10] Tjokrodimuljo K, 2003, "Buku Bahan Ajar Teknologi Bahan Konstruksi", Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- [11] Tjokrodimuljo K, 2004, "Beton Non-Pasir untuk Pembuatan Elemen Non Struktur dan Elemen Struktur Ringan", Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.