

KAJIAN EKSPERIMENTAL BETON DENGAN AGREGAT KASAR DARI LIMBAH BATU KERAJINAN

Ira Puspitasari¹, Harianto Zaidulfar²

¹Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Bangunan Politeknik TEDC Bandung,
Email: eera.civilundip@gmail.com

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Bangunan Politeknik TEDC Bandung
Email: idharizaid@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil/ agregat kasar, semen serta air (Setiawan, 2016). Di sisi lain penggunaan kerikil yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui secara terus menerus sebagai bahan beton dikhawatirkan merusak lingkungan. Dalam mengatasi isu itu maka riset tentang konstruksi hijau (*Green Construction*) mulai digalakkan dengan salah satunya adalah pemanfaatan limbah batu kerajinan di Padalarang. Tujuan penelitian adalah mengetahui komposisi optimum agregat kasar dari limbah pada beton sehingga menghasilkan kuat tekan yang maksimum. Tahapan Pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data selanjutnya adalah analisis Laboratorium meliputi uji sifat teknis material penyusun beton yang meliputi pasir, kerikil alami dan kerikil dari limbah batu kerajinan. Dalam penelitian ini benda uji yang dibuat sebanyak 30, menggunakan mix desain DOE dan mengganti sebagian agregat kasar alami dengan agregat kasar dari limbah batu kerajinan. Berdasarkan penelitian sebelumnya ditentukan 6 komposisi antara agregat kasar /split (S) dan agregat kasar dari limbah (L) adalah 100% S : 0% L (beton normal), 80% S : 20% L, 60% S : 40% L, 40% S : 60% L, 20% S : 80% L dan 0 % S : 100 % L, masing masing komposisi berjumlah lima benda uji. Pengujian meliputi berat jenis, kuat tekan dan modulus elastisitas beton.. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton normal pada mix desain yang sama adalah 8.40 MPa dan kuat tekan maksimum pada beton dengan campuran agregat dari limbah batu kerajinan diperoleh pada proporsi 40% split dan 60% limbah yaitu 14.35 MPa. Modulus elastisitas pada beton normal adalah 15308 MPa dan pada beton dengan limbah nilai maksimum diperoleh pada proporsi 20% split dan 80% limbah yaitu 18367.8 MPa. Berat jenis pada beton normal adalah 2.2 dan nilai terkecil diperoleh dari beton dengan limbah pada komposisi 100% agregat kasar dari limbah batu kerajinan yaitu 2.184.

Kata kunci: Kontruksi Hijau, Limbah, Batu Kerajinan, Padalarang, DOE

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi saat ini menunjukkan bahwa material struktur yang sangat populer digunakan di seluruh dunia adalah beton. Beton adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran pasir, kerikil/ agregat kasar, semen serta air (Setiawan, 2016). Agregat kasar merupakan sumber daya alam yang lama kelamaan akan habis dan tidak dapat diperbaharui, permasalahan inilah yang akan dicarikan alternatif penggantinya. Alternatif pengganti material digunakan limbah batu kerajinan dimana melanjutkan penelitian sebelumnya, bahwasannya penggunaan agregat kasar dari limbah batu kerajinan bisa dimanfaatkan untuk pembuatan beton ringan dengan berat jenis beton sekitar 1700 kg/ dm³ (Ira, 2018) lebih kecil dari berat jenis beton normal yaitu 2400 kg/m³ namun kuat tekan rendah karena non pasir. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis berencana melakukan penelitian beton normal dengan agregat berasal dari limbah batu kerajinan. Pembuatan mix desain kebutuhan bahan beton sesuai beton normal dengan metode SK.SNI T-15-1990-03./ Current British Method (D0E), disusun oleh British Departement of Environment pada tahun 1975 untuk menggantikan Road Note.4 di Inggris. Untuk kondisi di Indonesia telah diadakan penyesuaian pada besarnya variasi kuat tekan beton. Pembuatan campuran beton dengan metode DOE, kemudian hasil mix desain disubstitusikan ke proporsi benda uji dengan

kandungan material agregat dari limbah batu kerajinan sebesar 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dimana masing- masing proporsi berjumlah 5 benda uji berbentuk silinder.

Tujuan dari penelitian beton dari limbah batu kerajinan sebagai agregat kasar adalah

- a. Mengetahui karakteristik mekanis agregat kasar dari limbah batu kerajinan meliputi berat jenis, berat isi, daya serap air, keausan
- b. Mengetahui karakteristik mekanis beton dengan pemakaian limbah batu kerajinan sebagai agregat kasar dibandingkan dengan beton normal pada pengujian kuat tekan, berat jenis dan modulus elastisitas
- c. Mengetahui komposisi split dan limbah yang menghasilkan kuat tekan, berat jenis dan modulus elastisitas yang optimum.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori Beton

Menurut Wahyu Dwi Cahyadi (2012:7) dalam penelitiannya menyatakan bahwa beton merupakan campuran antara bahan agregat halus dan kasar dengan pasta semen (kadang-kadang juga ditambahkan admixture), yang apabila dituangkan ke dalam cetakan dan kemudian didiamkan, akan menjadi keras seperti batuan. Menurutnya, proses pengerasan terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Hal ini menyebabkan kekerasan beton terus bertambah sejalan dengan waktu, imbuhnya (Wahyu Dwi Cahyadi, 2012:7. Sesuai perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, menurut Supartono (1998) ternyata kriteria beton tinggi juga berubah sesuai dengan perkembangan jaman, beton dikatakan mutu tinggi jika kekuatan tekannya di atas 50 MPa dan di atas 80 MPa adalah beton mutu sangat tinggi. Ada beberapa fakta yang mempengaruhi kekuatan beton mutu tinggi, yaitu :

Faktor Air Semen (FAS)

Tri mulyono (2004) Secara umum, semakin besar nilai FAS semakin rendah mutu kekuatan beton. Dengan demikian untuk menghasilkan sebuah beton yang bermutu tinggi FAS dalam beton haruslah rendah, sayangnya hal ini menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan. Umumnya nilai FAS minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan nilai maksimal 0,65. Tujuan pengurangan FAS ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi. Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, Supartono (1998) FAS dapat diartikan sebagai meter to cementitious ratio, yaitu berat air terhadap berat total semen dan aditif cementitious yang umumnya di tambahkan pada campuran beton mutu tinggi.

Kualitas Agregat

Menurut Larrad (1990), Umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butiran (MHB) sekitar 1,50-3,8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai $2,5 < MHB < 3,0$ umumnya menghasilkan beton mutu tinggi dengan FAS yang rendah dan mempunyai kekuatan tekan dan kelecakan yang optimal. Ukuran butir agregat maksimum juga akan mempengaruhi mutu beton yang akan dibuat. Hasil penelitian Larrad (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15 mm. Namun demikian pemakaian butiran agregat sampai dengan 25 mm masih memungkinkan di perolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya.

Kontrol Kualitas

Untuk menghasilkan beton yang bermutu tinggi, faktor kontrol terhadap kualitas proses produksi beton pada saat pengambilan sampel, pengujian maupun proses penakaran sampai perawatan sangat perlu diperhatikan.

Agregat Batu Pecah Limbah Kerajinan

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. (Tjokrodimaljo K, 2004). Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah (misalnya kerikil) atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam, membakar tanah liat, dan sebagainya. (Tjokrodimaljo K, 2004).

Benda padat buangan / limbah, kemungkinan pemanfaatannya untuk dipakai sebagai pengganti agregat dalam pembuatan beton, sebenarnya bukanlah suatu konsep yang baru, bahkan pada masa

– masa terakhir ini sering dibicarakan dan tampak meningkat kebutuhannya. Sebelum barang-barang bekas / limbah buangan tersebut dipakai, maka perlu dipertimbangkan (diteliti) dulu terhadap hal-hal sebagai berikut (Tjokrodimuljo K, 2004 dalam Misdarpon Deddy, 2006) :

- a. Tinjauan ekonomi, apakah tidak lebih mahal dari pada agregat biasa.
- b. Tinjauan sifat teknis, apakah secara teknis dapat dipakai.

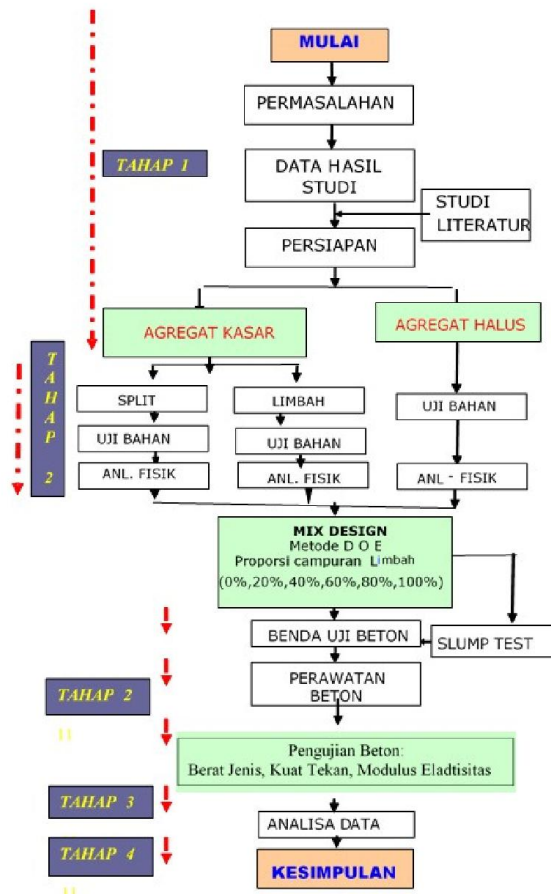
Agregat batu pecah limbah kerajinan ini terletak di daerah Cipatat Padalarang Kabupaten Bandung Barat. Di daerah Cipatat banyak sekali pengrajin dengan bahan dasar batuan. Limbah yang dihasilkan dari industri ini berupa batu pecah dengan ukuran yang beraneka ragam. Limbah ini menumpuk begitu saja, padahal secara fisik bisa dimanfaatkan untuk kegiatan lain yang memiliki nilai ekonomis. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Ira (2018), bahwa limbah batu kerajinan ini bisa dijadikan sebagai agregat pada beton ringan non pasir, maka melihat karakteristik fisiknya batu pecah limbah kerajinan ini bisa dijadikan sebagai agregat halus dan kasar pengganti pada beton.

State of The Art

State of the art dari topik penelitian ini adalah bersesuaian dengan bidang arsitektur, realestate, dan teknik lingkungan. Penelitian ini dilakukan terkait dengan bidang keahlian teknik sipil, dimana didalamnya terdapat rekayasa bahan, jadi penelitian ini dapat dikategorikan sebagai bidang Teknologi Material Maju yang mendapat prioritas dalam penelitian kompetitif nasional dengan kategori penelitian dosen pemula

METODE PENELITIAN

Penelitian ini memiliki alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

Penjelasan alur penelitian:

a. Tahap Pertama

Pada tahap pertama dilakukan persiapan berdasarkan data hasil studi, observasi lapangan dan studi literature. Persiapan meliputi bahan maupun peralatan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Persiapan bahan meliputi pencucian pasir, split dan limbah batu kerajinan. Pasir yang digunakan adalah pasir Cimalaka, split diperoleh dari took material sekitar Cimahi dan limbah diperoleh dari toko material Fahmi Klg 2 Alam Jaya yang khusus menjual batu split hasil pengolahan limbah batu kerajinan yang beralamat di Jaln Prapatan Arab Kp. Cipadang Manah RT 03 RW 16 Desa Padalarang Kabupaten Bandung Barat.

b.Tahap Kedua

Pada tahap kedua dilakukan pengujian karakteristik bahan meliputi uji fisik yaitu berat jenis, berat isi, daya serap air pasir biasa, kerikil biasa dan pasir dari limbah batu kerajinan. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda ujin dengan metode DOE ditetapkan f'c: 30 MPa kemudian hasil mix desain disubstitusikan ke proporsi benda uji dengan komposisi antara split dan limbah sebagai berikut :

100 % : 0% , 80% : 20%, 60 % : 40% , 40 %: 60% ,20% : 80% , 0% : 100% masing – masing proporsi berjumlah 5 benda uji sehingga total keseluruhan benda uji adalah 30 buah silinder dan dilakukan perawatan (curing) dengan cara perendaman dalam air setelah berumur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan, berat jenis dan modulus elastisitas

c. Tahap Ketiga

Pada tahap ketiga dilakukan analisi data dan penarikan kesimpulan dan saran

PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus

Pengujian agregat dilakukan di laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia dari mulai 21 Juni sampai 02 Juli 2019. Agregat yang akan digunakan sebagai material campuran pada beton pada benda uji diperiksa parameternya. Parameter agregat halus yang diuji meliputi berat isi, kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, analisa saringan. Sedangkan pada split dan limbah meliputi berat isi, kadar air, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, keausan agregat. Sebelum dilakukan pemeriksaan , pasir, split dan limbah dicuci terlebih dulu supaya memenuhi standar SNI untuk material beton. Setelah dicuci , agregat dijemur dan diangin- angina pada suhu ruangan . Berikut merupakan hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar dan halus.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Pemeriksaan Agregat (Hasil Analisis, 2019)

Parameter	Satuan	Hasil
AGREGAT HALUS		
Kadar Lumpur	%	0.92
Kadar Air Asli	%	0.75
Kadar Air SSD	%	2.882
Berat isi	%	1543.61
Berat Jenis Semu		2.708
Berat Jenis Kering		2.512
Berat Jenis SSD		2.584
Analisa Saringan (FM)	%	2.64
AGREGAT KASAR		
	Split	Limbah

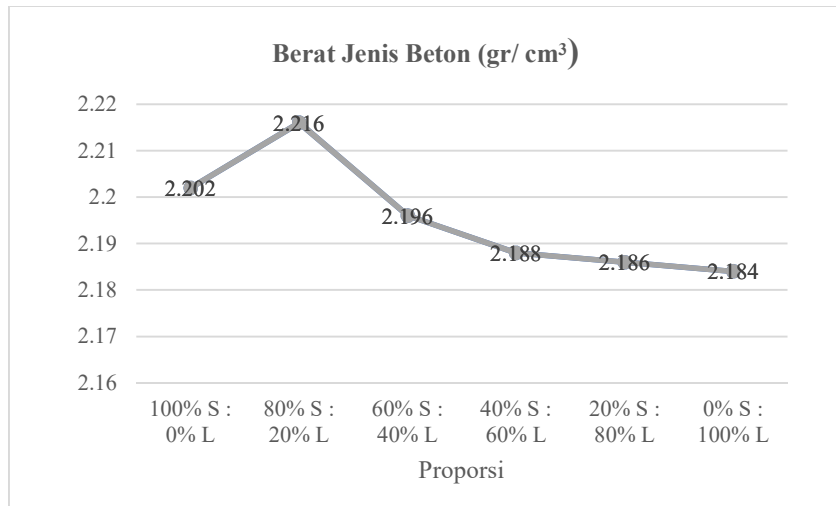
Kadar Lumpur	%	0.2	0.3
Kadar Air Asli	%	2.45	2.4
Kadar Air SSD	%	5.08	3.3
Berat Isi		1281.9	1427.47
Berat Jenis Semu		2.6	2.66
Berat Jenis Kering		2.29	2.44
Berat Jenis SSD		2.41	2.52
Analisa saringan (FM)	%	3.53	4.07
Keausan Agregat	%	26.19	17.34

Berat Jenis Beton

Sebelum benda uji dites kuat tekan, maka dilakukan pengukuran dimensi dan massa benda uji. Pengukuran dimensi meliputi diameter dan tinggi silinder kemudian dihitung volume silinder. Berat jenis diperoleh dari masaa / berat beton dibagi dengan volume beton dalam satuan gr/cm^3 . Rekapitulasi hasil perhitungan berat jenis adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Berat Jenis Beton (Sumber : Hasil Analisa, 2019)

Variasi Adukan	Berat Jenis (gr/cm^3)					BJ Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
100% S : 0% L (Beton Normal)	2.24	2.23	2.19	2.18	2.17	2.202
80% S : 20% L	2.25	2.29	2.18	2.17	2.19	2.216
60% S : 40% L	2.23	2.23	2.17	2.17	2.18	2.196
40% S : 60% L	2.26	2.21	2.17	2.15	2.15	2.188
20% S : 80% L	2.21	2.2	2.15	2.18	2.19	2.186
0% S : 100% L	2.18	2.23	2.16	2.17	2.18	2.184



Gambar 2. Grafik Berat Jenis Berdasarkan Proporsi Campuran Split dan Limbah

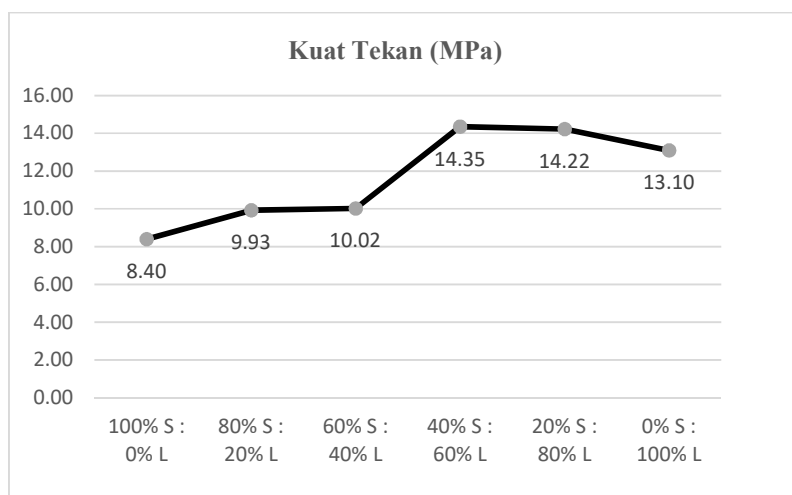
Berdasarkan dari gambar 2 bisa disimpulkan bahwa berat jenis paling kecil dimiliki oleh beton dengan proporsi limbah (L) 100% dan split (S) 0%. Ini membuktikan bahwa semakin besar proporsi limbah sebagai pengganti agregat kasar maka beton semakin ringan yang diperlihatkan melalui berat jenis yang kecil.

Tekan Beton

Pengujian selanjutnya adalah uji kuat tekan beton menggunakan alat compression test. Pada saat pengujian, alat menunjukkan besarnya gaya yang dimiliki oleh masing- masing benda uji. Kemudian hasil gaya tersebut dibagi dengan luasan topping silinder sehingga diperoleh nilai kuat tekan dalam satuan MPa. Rekapitulasi hasil perhitungan kuat tekan beton dengan berbagai proporsi adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton dengan Berbagai Proporsi Agregat Kasar

Proporsi	Kuat Tekan (Mpa)					Rata - rata
	1	2	3	4	5	
100% S : 0% L (Beton Normal)	10.1705	8.17045	10.24	10.99	10.59	8.40
80% S : 20% L	9.47727	9.26136	10.76	10.8	9.34	9.93
60% S : 40% L	9.28409	8.63636	8.77	10.11	13.32	10.02
40% S : 60% L	13.3523	12.7386	15.6	15	15.04	14.35
20% S : 80% L	13.2727	5.20455	7.63	14.12	15.27	14.22
0% S : 100% L	13.3182	13.4432	11.21	14.23	13.3	13.10

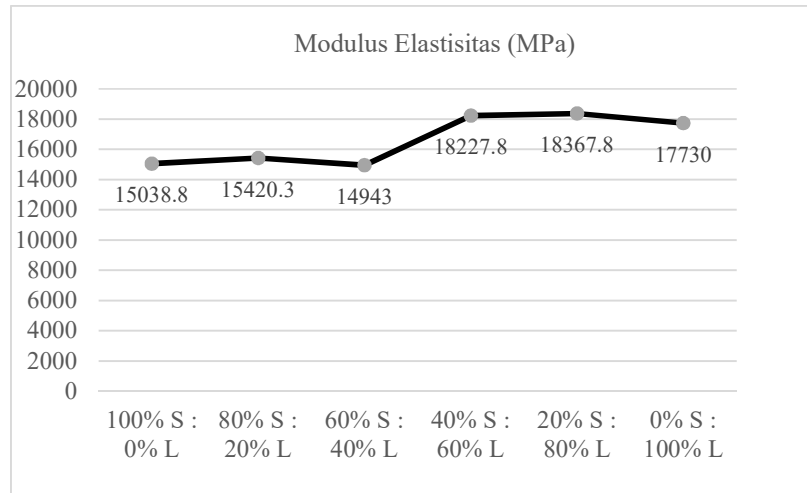


Gambar 3. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton dengan Berbagai Proporsi Agregat dan Split

Berdasarkan gambar 3 , bisa disimpulkan bahwa pada mix desain yang sama beton normal memiliki kuat tekan 8.40 MPa, diman nilai ini lebih kecil dari beton dengan campuran agregat kasar dari limbah batu kerajinan yaitu 14.35 MPa pada proporsi 40% split dan 60% limbah .

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah kemampuan beton untuk berubah bentuk akibat pembebanan tekan tanpa terjadi deformasi plastis atau permanen. Pada umumnya bahan, termasuk beton memiliki daerah awal pada diagram tegangan regangan dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan diagram teganganregangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan menahan tegangan yang cukup besar akibat beban- beban yang terjadi pada suatu regangan (kemungkinan terjadi retak) yang kecil. Berikut merupakan hasil rekapitulasi modulus elastisitas beton berdasarkan proporsi agregat split dan limbah:



Gambar 4. Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas Pada Beton

Berdasarkan gambar 4 bisa disimpulkan bahwa modulus elastisitas paling besar terdapat pada beton dengan campuran agregat 80% limbah dan 20% split yaitu 18367.8 MPa sedangkan pada beton normal hanya 15038.8 MPa. Semakin besar nilai modulus elastisitas beton maka kemampuan menahan perpendekan atau perpanjangan semakin baik. Artinya penggunaan limbah semakin mempersar nilai modulus elastisitas beton.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Penggunaan agregat limbah sebagai pengganti agregat kasar alami mengurangi berat jenis beton dibandingkan beton normal yaitu 2.184 gr/cm^3 pada proporsi 100% limbah dan 0% split dibandingkan berat jenis pada beton normal atau proporsi 0% limbah dan 100% split yaitu 2.2 gr/cm^3
2. Kuat tekan optimum diperoleh pada proporsi 40% split dan 60% limbah dengan kuat tekan 14.35 Mpa dan yang terkecil pada proporsi 100% split dan 0% limbah (beton normal) yaitu 8.4 Mpa
3. Modulus elastisitas maksimum diperoleh pada proporsi agregat 20% split dan 80% limbah dengan nilai 18367.8 MPa dan paling kecil terdapat pada beton dengan proporsi 60% split dan 40% limbah yaitu 14943 MPa.
4. Melihat nilai berat jenis, kuat tekan dan modulus elastisitas pada beton dengan campuran agregat yang memiliki nilai lebih baik dibandingkan beton normal pada mix desain yang sama maka penggunaan agregat kasar dari limbah batu kerajinan bisa digunakan sebagai alternatif dalam meningkatkan kuat tekan beton dan substitusi agregat alam
5. Hasil kuat tekan beton normal yang rendah dibanding rencana dikarenakan pengujian mix desain hanya sekali dan perlu dilakukan uji coba berulang kali sehingga kuat tekan mendekati rencana

Saran

1. Jumlah benda uji diperbanyak yaitu minimal 10 buah per proporsi
2. Memperbanyak jumlah variabel proporsi dan umur pengujian
3. Uji coba mix desain campuran diperbanyak dan diulang agar diperoleh kuat tekan yang direncanakan sehingga beton bisa digunakan untuk bagian struktural

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi C, 2003, Beton Non Pasir dengan Agregat Batu Kapur asal Klaten ukuran 10mm – 20mm, Program S.1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Misdarpon D, 2006, Tesis, Pemanfaatan Batu Beragkal Kapur Limbah Industri Sebagai Agregat Untuk Beton Non Pasir. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri, Ir, MT, Teknologi Beton, Andi Yogyakarta, 2004,
- Raju N K, 1983, Design of Concrete Mixes, CBS Publishers & Distributors, 485, Jain Bhawan, Bholu Nath Nagor, Shandra, Delhi – 11032 India Second Edition.
- Tjokrodimuljo K, 2004, Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yen Tsong, Chen How- Ji, Huang Yue-Lin and Peng Hsien Sheng. 2007. Production of Sintered Fine Sediment Lightweight Aggregate. Departement of Civil Engineering, National Chung-Hsing University Taiwan