

UJI KUAT TEKAN CAMPURAN BETON DENGAN LIMBAH BATUAN PABRIK PENGRAJIN BATU ALAM JUNREJO, KOTA BATU

**Siti Nurlina, Sri Murni Dewi dan Arief Budi Setiawan
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang**

ABSTRAK

Semakin majunya perkembangan teknologi dalam era global dewasa ini menyebabkan semakin meningkatnya laju pembangunan fisik di Indonesia, khususnya di bidang konstruksi. Seiring dengan pembangunan tersebut maka dibutuhkan pemenuhan bahan baku yang sesuai dengan yang diperlukan. Hal ini menimbulkan kekhawatiran, karena semakin menipisnya persediaan bahan baku yang ada sehingga sulit untuk memperolehnya maka berakibat mahalnya harga bahan baku tersebut. Penggunaan bahan baku dari limbah merupakan salah satu alternatif yang cukup potensial untuk diteliti. Jenis batu limbah yang dihasilkan pabrik pengrajin batu alam Junrejo bermacam-macam seperti marmer, andesit dan basalt. Dalam hal ini alternatif yang dicoba adalah menggunakan limbah batuan yang berjenis basalt sebagai pengganti butiran kasar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dilihat dari nilai kuat tekan campuran beton yang menggunakan limbah batuan pabrik pengrajin batu alam Junrejo, kota Batu sebagai pengganti agregat kasar. Limbah batuan yang digunakan pada campuran beton dalam penelitian ini adalah dengan mengkomposisikan pada variasi campuran agregat kasar dimulai dari penggunaan limbah dari 0 % sampai dengan 100 % agregat kasar limbah batuan tersebut dalam campuran beton.

Setelah diketahui pengaruh dari penggunaan limbah batuan tersebut dalam campuran beton, maka diharapkan bisa dijadikan acuan dari hasil penelitian skripsi ini untuk menggunakan limbah batuan pabrik batu alam Junrejo, kota Batu. Tentunya sesuai dengan komposisi yang disarankan dalam penelitian ini.

Kata Kunci : limbah batuan, kuat tekan, campuran beton

PENDAHULUAN

Pabrik pengrajin batu alam di desa Junrejo, kota Batu merupakan pabrik pengrajin batuan yang menggunakan bahan dasar batu alam sebagai produk unggulannya. Jenis batu alam yang digunakan juga bermacam-macam seperti marmer, andesit dan basalt. Batu alam dengan ukuran besar diproses dengan cara diiris dan dibentuk dengan ukuran tertentu, sisa-sisa butiran batuan yang tidak memenuhi standar dibuang dan ini merupakan limbah padat yang dihasilkan.

Karena itu dianggap perlu untuk melakukan pengembangan teknologi bahan untuk mendapatkan alternatif

bahan baku baru yang bisa lebih baik dari bahan sebelumnya. Dalam hal ini alternatif yang dicoba adalah menggunakan limbah batuan yang berjenis basalt dari pabrik pengrajin batu alam di desa Junrejo, kota Batu sebagai pengganti butiran kasar.

Pemilihan limbah batuan dari pabrik pengrajin batu alam Junrejo sebagai butiran kasar dengan campuran semen, air dan pasir karena secara fisik mempunyai karakteristik bahan yang cukup baik, namun mempunyai kekurangan pada bentuk bahan yang pipih. Disamping itu tersedianya bahan/limbah hasil buangan pabrik yang cukup

banyak dan kesulitan pihak pabrik dalam hal pembuangan limbah.

Berdasarkan uraian diatas maka dicoba diadakan penelitian untuk mengetahui sejauh mana kekuatan dari

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Normal

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan bantuan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. (SK SNI T – 15 – 1991 – 03)

Beton sederhana dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara, dan bisa juga diberi campuran bahan lain. Campuran yang masih plastis dicor ke dalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen – air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah, atau kira-kira 0,1 kali kekuatan tekannya. (Nawy, Edward G. 1990)

Dalam bidang ilmu teknologi beton yang dikenal dengan jenis beton normal adalah yang memakai agregat normal (batu pecah). Beton normal merupakan beton tanpa bahan tambahan yang terdiri dari tiga unsur utama yaitu semen, agregat dan air dengan berat jenis sekitar 2200 – 2500 kg/m³.

Batuan Basalt

Batuan aphanitik dari kelompok gabro disebut *basalt*. Basalt sebagian besar terbentuk sebagai lava pada saat sekarang. Bentuk yang paling banyak terdapat berupa lembaran di permukaan bumi dan mendominasi dari batuan beku yang berhubungan dengan *sabuk orogenik* (orogenik belt).

Tekstur yang banyak terdapat pada basalt adalah holokristalin, juga terdapat kacaan. Tekstur porpiritik

campuran beton dengan limbah hasil buangan pabrik pengajin batu alam di desa Junrejo, kota Batu tersebut berdasarkan kuat tekan yang akan dihasilkan

disusun dari kristal subhedral dan euhedral sebagai fenokris sedangkan sebagai masa dasar dari mikrokristalin dan kacaan. Tekstur aliran terlihat dibawah mikroskop berupa penokris yang dikelilingi oleh mikrokristalin secara teratur.

Struktur yang banyak terdapat pada saat sekarang adalah struktur aliran, sebagai contoh lava dari gunung di Hawaii. Permukaan pada aliran lava sering ditemukan struktur rongga (versikular). Struktur meniang berbentuk poligonal yang tegak lurus. Dan struktur bantal (pillow structure) dari lava dimana pendinginannya terbentuk dibawah permukaan air, struktur ini berbentuk lava sub spheroidal.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Hasil uji dari kuat tekan digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaannya.

Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air dan semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air-semen semakin tinggi kekuatan tekan. Suatu jumlah air tertentu diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton. Kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi menurunkan

kekuatan. (Wang, Chu-kia dan Salmon, Charles G, 1994).

Selain faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan beton diatas, terdapat beberapa faktor lain yang juga memberikan pengaruh. Faktor tersebut adalah : (murdock, dkk 1986)

1. Jenis semen dan kualitasnya.
Mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kekuatan batas.
2. Jenis dan permukaan agregat.
Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat berbutir kasar akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun tarik yang lebih besar daripada penggunaan kerikil halus dari sungai.
3. Efisiensi dari perawatan.
kehilangan kekuatan sebesar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah pekerjaan sangat

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Benda uji dibuat dalam keseragaman komposisi beton dalam berat, yaitu 1 semen : 2 agregat halus : 3 agregat kasar dan faktor air semen yang sama, yaitu sebesar 0,5. Dibuat perlakuan yang berbeda pada ukuran maksimum limbah (agregat) dan persentasenya sebagai agregat kasar. Ada tiga variasi ukuran yaitu 1.9, 2.54, dan 3.81 cm dalam setiap blok percobaan. Dalam penelitian ini blok percobaan yang ditentukan oleh peneliti adalah variasi persentase limbah dalam agregat kasar.

Sehingga didapatkan 5 macam campuran benda uji yang masing-masing terdiri dari 3 macam ukuran agregat.

- 1) Campuran A
Campuran A adalah campuran beton dengan perbandingan 1 semen : 2 agregat halus : 3 agregat kasar dengan FAS 0,5. Campuran A dibuat dengan 3 variasi ukuran butiran agregat maksimum yaitu agregat

penting pada pekerjaan lapangan dan pada waktu pembuatan benda uji.

4. Suhu.
Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kekuatan beton akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur.
Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah sejalan dengan umurnya.

Hipotesis Penelitian

- Diduga penambahan komposisi agregat kasar limbah yang berbentuk pipih pada campuran benda uji memberikan pengaruh perlemahan pada kekuatan tekan benda uji.
- Diduga variasi ukuran butiran agregat kasar pada campuran benda uji memberikan pengaruh terhadap kuat tekan benda uji.

maksimum 19 mm, 25.4 mm, 38.1 mm. Dan memiliki variasi komposisi campuran agregat kasar yaitu 100 % batu pecah biasa + 0 % limbah batuan. Jadi pada campuran A jumlah total benda uji adalah 15 silinder.

- 2) Campuran B
Campuran B adalah campuran beton dengan perbandingan 1 semen : 2 agregat halus : 3 agregat kasar dengan FAS 0,5. Campuran B dibuat dengan 3 variasi ukuran butiran agregat maksimum yaitu agregat maksimum 19 mm, 25.4 mm, 38.1 mm. Dan memiliki variasi komposisi campuran agregat kasar yaitu 75 % batu pecah biasa + 25 % limbah batuan. Jadi pada campuran B jumlah total benda uji adalah 15 silinder.
- 3) Campuran C
Campuran C adalah campuran beton dengan perbandingan 1 semen : 2 agregat halus : 3 agregat kasar dengan FAS 0,5. Campuran C dibuat

dengan 3 variasi ukuran butiran agregat maksimum yaitu agregat maksimum 19 mm, 25.4 mm, 38.1 mm. Dan memiliki variasi komposisi campuran agregat kasar yaitu 50 % batu pecah biasa + 50 % limbah batuan. Jadi pada campuran C jumlah total benda uji adalah 15 silinder.

4) Campuran D

Campuran D adalah campuran beton dengan perbandingan 1 semen : 2 agregat halus : 3 agregat kasar dengan FAS 0,5. Campuran D dibuat dengan 3 variasi ukuran butiran agregat maksimum yaitu agregat maksimum 19 mm, 25.4 mm, 38.1 mm. Dan memiliki variasi komposisi campuran agregat kasar yaitu 25 % batu pecah biasa + 75 % limbah batuan. Jadi pada campuran D jumlah total benda uji adalah 15 silinder.

5) Campuran E

Campuran E adalah campuran beton dengan perbandingan 1 semen : 2 agregat halus : 3 agregat kasar dengan FAS 0,5. Campuran E dibuat dengan 3 variasi ukuran butiran agregat maksimum yaitu agregat maksimum 19 mm, 25.4 mm, 38.1 mm. Dan memiliki variasi komposisi campuran agregat kasar yaitu 0 % batu pecah biasa + 100 % limbah batuan. Jadi pada campuran E jumlah total benda uji adalah 15 silinder.

Jadi jumlah total benda uji untuk 3 variasi ukuran agregat maksimum dan 5 variasi komposisi agregat kasar adalah 75 benda uji. Pengujian silinder beton dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan alat mesin uji tekan.

Adapun rancangan pembuatan benda uji dibuat dengan model rancangan acak lengkap, selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Rancangan Pembuatan Benda Uji

Komposisi Campuran Agregat Kasar	Variasi ukuran butiran agregat maksimum (cm)		
	1,9	2,54	3,81
Jumlah benda uji			
A 100 % BPB + 0 % LB	5	5	5
B 75 % BPB + 25 % LB	5	5	5
C 50 % BPB + 50 % LB	5	5	5
D 25 % BPB + 75 % LB	5	5	5
E 0 % BPB + 100 % LB	5	5	5

Ket :

BPB = Batu Pecah biasa

LB = Limbah Batuan

Sumber : Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

a. Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti mengikuti aturan yang sering digunakan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi ukuran

agregat dan persentase limbah dalam campuran.

b. Variabel tak bebas adalah variabel yang nilainya tergantung dari nilai variabel bebas. Variabel tak bebas dalam penelitian ini adalah hasil uji tekan beton.

PEMBAHASAN

Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar dilakukan dengan pengujian slump. Pengujian slump menggunakan alat ukur kerucut

abrams, yang bertujuan untuk mengetahui kelecakan dan kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan beton (workability).

Tabel 2. Hasil pengujian rata-rata slump

	Variasi Ukuran maksimum Agregat Kasar		
	1.91 (cm)	2.54 (cm)	3.81 (cm)
Variasi Campuran Agregat Kasar	Slump		
A 100 % BPB + 0 % LB	8.5	10.5	11
B 75 % BPB + 25 % LB	9	14	12
C 50 % BPB + 50 % LB	11	11.5	10.5
D 25 % BPB + 75 % LB	11	13	13.5
E 0 % BPB + 100 % LB	11	14	10.5

Ket :

BPB = Batu Pecah biasa

LB = Limbah Batuan

Sumber : Hasil pengujian laboratorium

Pengujian Beton Keras

Untuk pengujian keras dibuat benda uji berupa silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Setelah mencapai umur yang di tentukan, dalam penelitian ini pada 28 hari. Benda uji tersebut di test dengan alat yang

disebut “ *Commpression Testing Mechine*”. Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji tegak lurus membentuk sudut 90 ° dan memberi tekanan sampai benda uji tersebut hancur. Adapun hasil pengujian tekan benda uji ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton (kN)

	Variasi Ukuran Maksimum Agregat Kasar		
	1.91 (cm)	2.54 (cm)	3.81 (cm)
Variasi Campuran Agregat Kasar	Kuat Tekan Beton (kN)		
A 100 % BPB + 0 % LB	400	316	357.7
	335	327.2	417
	309	327	380.1
	372.6	249.6	333.6
	323.6	231	324.1
B 75 % BPB + 25 % LB	304	400	289.9
	246	327.2	345.1
	312.7	365.2	268.3
	353.8	290.4	313
	247.3	404	280.5
C 50 % BPB + 50 % LB	415	382.9	351.4
	257.6	455	396.1
	329.2	338.1	315.9
	438	400	281.9
	311.6	400	279.4
D 25 % BPB + 75 % LB	262.9	319.1	331.4
	336.7	298.4	310.2
	338.7	318.4	306.8
	390.7	298.8	228.5
	244.7	239.1	334.1

E 0 % BPB + 100 % LB	341.8	224.8	222.7
	381.2	228.6	299.2
	377.9	263.2	219.2
	368.3	230.2	260.5
	307.6	377.5	219.2

Ket :

BPB = Batu Pecah biasa

LB = Limbah Batuan

Sumber : Hasil penelitian laboratorium

Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton (Kg/cm²)

	Variasi Ukuran Maksimum Agregat Kasar		
	1.91 (cm)	2.54 (cm)	3.81 (cm)
Variasi Campuran Agregat Kasar	Kuat Tekan Beton (kg/ cm ²)		
A 100 % BPB + 0 % LB	226.354	178.819	202.417
	189.571	185.157	235.974
	174.858	185.044	215.093
	210.848	141.245	188.779
	183.120	130.719	183.403
B 75 % BPB + 25 % LB	172.029	226.354	164.050
	139.208	185.157	195.287
	176.952	206.661	151.827
	200.210	164.333	177.122
	139.943	228.617	158.731
C 50 % BPB + 50 % LB	234.842	216.677	198.852
	145.772	257.477	224.147
	186.289	191.325	178.763
	247.857	226.354	159.523
	176.330	226.354	158.108
D 25 % BPB + 75 % LB	148.771	180.574	187.534
	190.533	168.860	175.537
	191.665	180.178	173.613
	221.091	169.086	129.305
	138.472	135.303	189.062
E 0 % BPB + 100 % LB	193.419	127.211	126.022
	215.715	129.361	169.313
	213.848	148.941	124.042
	208.415	130.267	147.413
	174.066	213.621	124.042

Ket :

BPB = Batu Pecah biasa

LB = Limbah Batuan

Sumber : Hasil penelitian laboratorium

Tabel 5. Rekapitulasi Kuat Tekan Beton Rata-Rata (Kg/cm²)

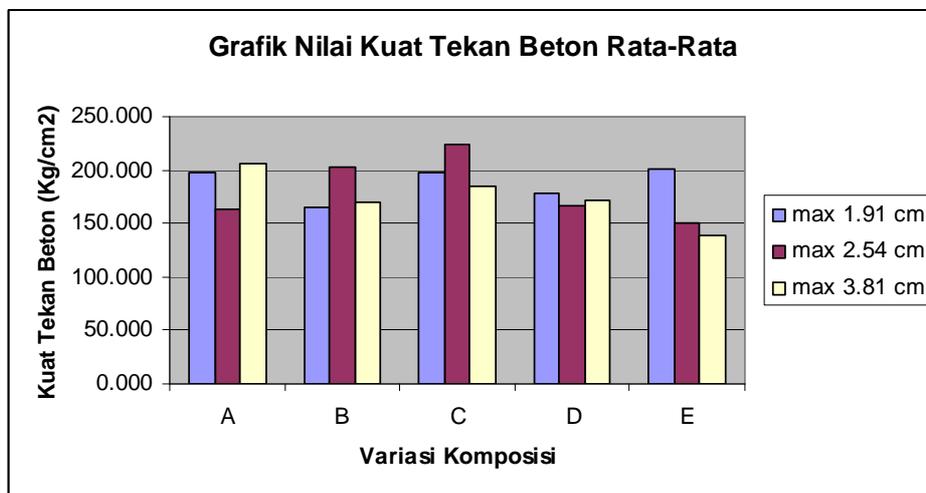
	Variasi Ukuran maksimum Agregat Kasar		
	1.91 (cm)	2.54 (cm)	3.81 (cm)
Variasi Campuran Agregat Kasar	Kuat Tekan Beton (kg/ cm ²)		
A 100 % BPB + 0 % LB	196.950	164.197	205.133
B 75 % BPB + 25 % LB	165.668	202.224	169.403
C 50 % BPB + 50 % LB	198.218	223.637	183.878
D 25 % BPB + 75 % LB	178.106	166.800	171.010
E 0 % BPB + 100 % LB	201.093	149.880	138.166

Ket :

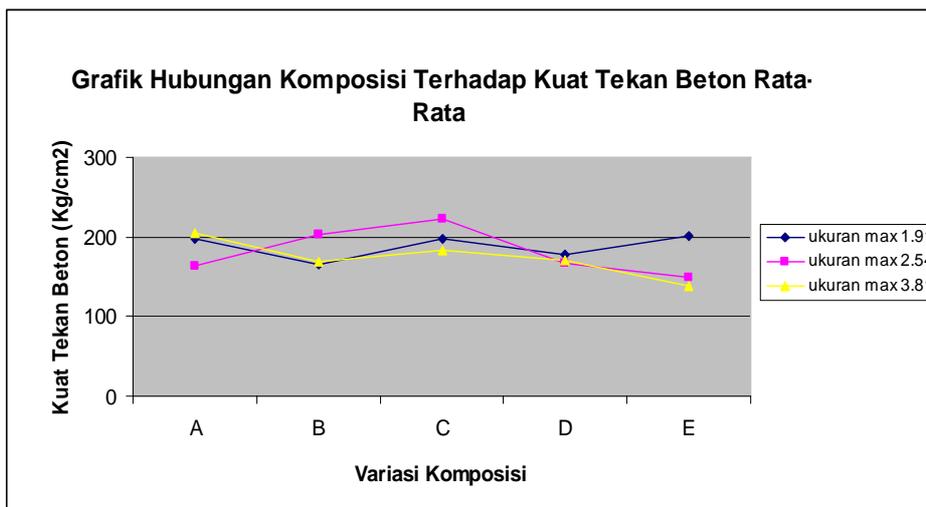
BPB = Batu Pecah biasa

LB = Limbah Batuan

Sumber : Hasil penelitian laboratorium



Gambar 1. Grafik nilai kuat tekan beton rata-rata



Gambar 2. Grafik hubungan komposisi terhadap nilai kuat tekan beton rata-rata

Pengujian Hipotesis
Pengaruh variasi komposisi agregat kasar terhadap kuat tekan beton

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dapat terlihat bahwa variasi komposisi agregat kasar berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton, hal ini terlihat jelas pada variasi komposisi dengan ukuran butiran 3.81 cm .

Nilai kuat tekan yang dihasilkan pada ukuran 3.81 cm pada variasi :

- 100 % BPB + 0 % LB adalah 205.133 Kg/cm² ;
- 75 % BPB + 25 % LB sebesar 169.403 Kg/cm² ;
- 50 % BPB + 50 % LB sebesar 183.878 Kg/cm² ;
- 25 % BPB + 75 % LB sebesar 171.010 Kg/cm² dan
- 0 % BPB + 100 % LB sebesar 138.166 Kg/cm²,

dari grafik nilai kuat tekan beton rata-rata terlihat pola yang menurun. Hal ini didukung oleh hasil pengujian hipotesis yang menyatakan bahwa variasi komposisi agregat berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan beton.

Dari hasil uji statistik dengan menggunakan varian satu arah maka diperoleh hasil bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$, hal ini menunjukkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya bahwa variasi komposisi agregat kasar limbah sebagai pengganti sebagian agregat kasar batu pecah biasa berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan beton, dengan rasio kegagalan 5%. Hasil yang didapat dari uji F untuk variasi ukuran maksimum agregat terhadap kuat tekan beton adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Resume F_{hitung} dan F_{tabel} untuk variasi komposisi terhadap kuat tekan beton

Pada Komposisi	F_{hitung}	F_{tabel}
A 100 % BPB + 0 % LB	4.452	3.890
B 75 % BPB + 25 % LB	3.5032	3.890
C 50 % BPB + 50 % LB	1.9369	3.890
D 25 % BPB + 75 % LB	0.2345	3.890
E 0 % BPB + 100 % LB	8.1898	3.890

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan tabel terlihat bahwa variasi komposisi agregat kasar berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan beton. kecuali pada komposisi (50 % BPB + 50 % LB) dan (25 % BPB + 75 % LB) variasi komposisi tidak terlihat pengaruhnya. Akan tetapi setelah dilakukan analisis ragam dua antara variasi komposisi terhadap gradien kuat tekannya terlihat pengaruh yang nyata.

Pengaruh variasi ukuran butiran agregat kasar terhadap kuat tekan beton

Pada variasi ukuran butiran berdasarkan data hasil uji kuat tekan beton menyatakan bahwa ukuran butiran berpengaruh pada kuat tekan beton. Hal ini didukung oleh hasil pengujian hipotesis menyatakan bahwa variasi ukuran maksimum agregat berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan beton. Kecuali pada beton dengan ukuran maksimum 1.91 cm tidak memberikan pengaruh nyata karena memiliki rasio ukuran mendekati satu, dan pada ukuran 1.91 cm jenis material yang lebih menentukan kekuatan beton.

Tabel 7. Resume F_{hitung} dan F_{tabel} untuk variasi komposisi agregat terhadap kuat tekan beton

Pada Ukuran Maksimum	F_{hitung}	F_{tabel}
1.91 (cm)	1.3585	2.780
2.54 (cm)	6.2983	2.780
3.81 (cm)	5.9051	2.780

Hubungan antara variasi komposisi agregat kasar dan ukuran butiran agregat kasar terhadap nilai kuat tekan beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi komposisi agregat kasar dan ukuran maksimum agregat kasar berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Dari hasil analisis varian dua arah nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Artinya interaksi antara variasi komposisi dan ukuran agregat maksimum ada pengaruh disebabkan karena variasi komposisi mempengaruhi kuat tekan beton.

KESIMPULAN

Dari proses analisis data hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian hipotesis pada analisis varian satu arah :
 - untuk pengaruh variasi komposisi agregat terhadap kuat tekan beton menyatakan bahwa komposisi agregat kasar berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton.
 - untuk pengaruh ukuran butiran agregat kasar terhadap kuat tekan beton menyatakan bahwa ukuran butiran berpengaruh pada kuat tekan beton.
2. Pengujian hipotesis pada analisis varian dua arah :
 - untuk pengaruh variasi komposisi terhadap kuat tekan beton menyatakan bahwa komposisi berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton.
 - untuk pengaruh ukuran butiran agregat kasar terhadap kuat tekan beton menyatakan bahwa variasi ukuran butiran tidak terlihat nyata pada kuat tekan beton.

Bentuk dan jenis material

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada ukuran butiran maksimum 1.91 cm ukuran butiran tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan beton hal ini disebabkan karena pengaruh bentuk butiran yang relatif seragam dengan rasio ukuran kurang dari satu.

dari data diperoleh nilai kuat tekan beton untuk ukuran maksimum 1.91 cm pada 100 % limbah lebih besar dari 100% BPB hal ini dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan. jenis batuan basalt memiliki kekuatan yang lebih bagus dari pada batu pecah biasa.

- untuk pengaruh interaksi antara ukuran butiran dan komposisi terhadap kuat tekan beton menyatakan bahwa interaksi antara ukuran butiran dan komposisi berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton.
3. Pemakaian agregat kasar limbah pada ukuran butiran maksimum 1.91 cm dengan komposisi 100% limbah memberikan pengaruh yang positif terhadap kuat tekan beton. hal ini disebabkan jenis batuan basalt memiliki kekuatan yang lebih bagus dari pada batu pecah biasa. Sehingga limbah batuan (LB) dengan ukuran maksimum 1.91 layak digunakan sebagai agregat alternatif pengganti agregat kasar pada campuran beton.
 4. Untuk variasi komposisi agregat kasar berdasarkan data dan analisis hasil penelitian pada ukuran maksimum 3.81 cm menunjukkan bahwa penambahan komposisi agregat kasar limbah memberikan pengaruh perlemahan pada kuat tekan beton. Hal ini disebabkan karena bentuk yang pipih dan rasio ukuran butiran lebih dari satu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang sebagai tempat

pelaksanaan penelitian serta semua pihak atas dukungan dan partisipasinya selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Nawi, EG. 1990. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, Bandung : penerbit P.T.Eresco
SK SNI T – 15 – 1991 – 03. **Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal**, Bandung : penerbit Departemen Pekerjaan Umum
Cahya, Indra, 1984. **Teknologi Beton**, Malang : Bagian Penerbit

Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
Setia Graha, Dody, 1978. **Batuan dan Mineral**, Bandung : Penerbit NOVA.
Wang, Chu-kia, Charles G. Salmon dan Binsar Harianja, 1994, **Disain Beton Bertulang**, Edisi Keempat, Jakarta : Penerbit Erlangga.