

## LIMBAH BATU LAHAR GUNUNG AGUNG SEBAGAI BAHAN CAMPURAN BETON DALAM UPAYA KELESTARIAN LINGKUNGAN

I Made Sastra Wibawa<sup>1\*)</sup>, Shinta Enggar Maharani<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati Denpasar

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mahasaraswati  
Denpasar

\*Email: [sastrawibawa@gmail.com](mailto:sastrawibawa@gmail.com)

### ABSTRACT

*There is a lot of excavation of materials for concrete mixtures in nature so that their existence is dwindling. Efforts are needed to find substitute materials but still maintain the quality of the concrete obtained. The purpose of this study is to determine the percentage of waste lava stone as a substitute for coarse aggregate in order to obtain compressive strength according to the plan and to determine the effect of environmental sustainability after waste stone is used as a concrete mixture. This study was conducted at the Laboratory of the Faculty of Engineering Unmas Denpasar by making a cylindrical specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. Replacement of lava rock waste was made in 5 categories P0, P1, P2, P3, P4 with 8 specimens in each category, where the compressive strength test was carried out at the age of 28 days, with category P0 as a control without adding lava rock waste. The results showed that there was an increase in the compressive strength of concrete in categories P1 and P2, P3 and a decrease in the compressive strength of concrete in category P4, but the decrease that occurred design compressive strength.*

**Keywords:** *Lava Stone Waste, Concrete Compressive Strength, Environmental Conservation*

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan di berbagai sektor menuntut adanya penyediaan lahan, bahan, peralatan, dan teknologi. Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan infrastruktur terutama pembangunan konstruksi seperti gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan bandar udara. Adanya pembangunan konstruksi sering mengalami kendala dalam hal penyediaan bahan material beton yang jumlahnya semakin berkurang. Bali pada awalnya menggunakan *quary* yang ada di Desa Gunaksa, Kabupaten Klungkung akibat adanya letusan Gunung Agung pada Tahun 1963, namun karena pesatnya perkembangan pembangunan konstruksi baik untuk pemukiman wisata, perkantoran, perumahan, dan prasarana jalan menyebabkan habisnya ketersediaan bahan di *quary* tersebut. sehingga pengambilan bahan beton bergeser ke wilayah Utara kaki Gunung Agung, dimana

berakibat meningkatnya harga bahan disebabkan oleh jarak angkut yang semakin jauh.

Kelangkaan bahan campuran beton yang tersedia di alam berpengaruh pada meningkatnya harga, oleh sebab itu sangat perlu dicarikan upaya pemecahannya dengan mencari alternatif bahan lain sebagai pengganti sebagian atau keseluruhan namun mutu beton harus tetap terjamin. Menurut Arsa. G., (2015), bahwa batu lahar hasil letusan gunung banyak dipakai sebagai bahan pembuatan ornament stil Bali dan juga sebagai bahan tembok yang bersifat *expose*. Bongkahan batu lahar yang diperoleh di *quary* dipotong lebih kecil sesuai ukuran yang diinginkan. Dalam proses pemotongan inilah timbul serpihan-serpihan kecil yang selanjutnya menjadi limbah, jika hal ini dibiarkan dapat menimbulkan limbah batu berserakan yang sudah pasti dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama tanah yang tidak dapat ditanami dengan tumbuhan lagi. Sebagai upaya menjaga kelestarian lingkungan dan memperoleh bahan campuran beton sebagai alternatif, maka dalam penelitian ini dipergunakan limbah batu lahar tersebut sebagai pengganti agregat kasar. Diharapkan melalui kajian ini dapat ikut melestarikan lingkungan dan diperoleh bahan alternatif atau material terbarukan untuk bahan campuran beton.

Berdasarkan uraian dari latar belakang maka perlu dilakukan kajian lebih seksama dalam skala laboratorium tentang penggunaan limbah batu lahar sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton, terutama terkait dengan besarnya kuat tekan yang terjadi. Rmusan permasalahan yang dapat diajukan adalah:

- a. Berapa prosen penggantian agregat kasar dengan limbah batu lahar untuk memperoleh kuat tekan rencana?
- b. Seberapa besar pengaruh kelestarian lingkungan terhadap penggunaan limbah batu lahar sebagai bahan alternatif campuran pada beton?

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui prosentase yang tepat penggantian agregat dengan limbah batu lahar sehingga diperoleh kuat tekan beton rencana serta untuk mengetahui besarnya pengaruh kelestarian lingkungan terhadap penggunaan limbah batu lahar sebagai bahan alternatif campuran pada beton.

## **2. METODOLOGI**

### **2.1 Limbah Batu Lahar**

Batu lahar adalah hasil muntahan letusan gunung yang selanjutnya dipakai sebagai hasil tambang sebagian masyarakat Karangasem khususnya yang berada di Kecamatan Kubu dan Kecamatan Bebandem (Arsa. G, 2015). Lahar yang keluar dari dalam gunung akan melalui proses alami menjadi batuan hitam keras yang memiliki tekstur unik dan kuat, bahkan seratnya memiliki nilai estetik sehingga sangat bagus dipergunakan sebagai pahatan. Masyarakat melakukan

penambangan dan pengolahan batu lahar melalui proses sederhana sehingga hasilnya juga tidak begitu menggembirakan, serta banyak serpihan batu yang terbuang. Setelah ditemukan teknologi pengolahan yaitu memotong batu lahar dengan menggunakan mesin pemotong, maka kerajinan pengolahan batu lahar semakin diminati oleh masyarakat dan hanya sedikit serpihan batu yang terbuang. Limbah ini jika dibiarkan berserakan dan bercampur dengan tanah perkebunan atau pertanian, maka dapat merusak kinerja tanah sebagai lahan subur bagi para petani. Kegiatan pengolahan batu lahar ini cukup besar menyerap tenaga kerja dan dapat memberikan pekerjaan sehingga mampu mengangkat taraf hidup masyarakat desa setempat (Arsa. G., 2015). Batu lahar gelondongan banyak dikirim ke seluruh kabupaten di Bali untuk dilakukan pemotongan sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan batu lahar yang pengolahannya dilakukan di lokasi penambangan juga sudah banyak dikirim ke pelosok Bali dan luar daerah, bahkan ke luar negeri seperti: Australia, Amerika, Belanda, dan Belgia.

Pengolahan batu lahar, baik di lokasi penambangan maupun yang dilakukan di pabrik pemotongan menimbulkan serpihan-serpihan kecil dan abu batu, inilah yang selanjutnya kita sebut sebagai limbah. Limbah yang ditimbulkan sering hanya dibuang saja yang pada akhirnya dipergunakan sebagai bahan urugan, namun ada juga yang dibiarkan berserakan sehingga dapat mengganggu kondisi tanah asli terutama yang dipergunakan sebagai lahan perkebunan. Kondisi yang paling merugikan adalah jika limbah ini dibiarkan menggenangi kemudian di musim hujan hanyut ke parit atau saluran pembuangan yang akhirnya dapat menyumbat aliran air dan menurangi kinerja saluran. Menurut Intara. I W., dkk., (2013), bahwa jika limbah yang dibiarkan masuk ke aliran saluran akan dapat menutup atau mengurangi luas penampang basah efektif dari saluran, dan hal ini dapat mengganggu kinerja saluran serta jika dibiarkan terus menerus akan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang lebih luas.

## **2.2 Sifat-sifat Beton**

Pada umumnya beton memiliki sifat kuat menerima gaya tekan oleh sebab itu konstruktur sangat mempercayai beton jika struktur yang direncanakan memikul beban tekan, tetapi beton kurang mampu menerima gaya tarik, sehingga untuk mengatasi hal tersebut dipakailah baja sebagai tulangan untuk memikul gaya tarik yang terjadi apabila beton menerima gaya tarik. Disamping sifat tekan dan tarik beton juga memiliki sifat awet dan kedap air yang dapat diandalkan, serta konstruksi beton sangat minimal memerlukan biaya pemeliharaan. Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti perbandingan air – semen dan tingkat pematannya (Murdock L. J., 1986). Biasanya dalam pelaksanaan beton hal ini menjadi perhatian serius para supervisor, untuk memperoleh mutu beton yang baik sudah memperhatikan mulai pemilihan bahan, pencampuran,

pengecoran, pemadatan, finishing, dan perawatan beton muda. Kekuatan beton tercermin dalam mutu yang ditulis dengan simbol “K”, maknanya adalah kuat tekan karakteristik. Kekuatan ini diperoleh dari hasil pemeriksaan benda uji berupa silinder atau kubus yang diuji dengan umur saat ditest bervariasi, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari yang ditetapkan terbatas sampai 5 %. Sedangkan kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas bidang tekan yang mampu diterima oleh benda uji sampai benda uji tersebut hancur (Wangsadinata. W., 1971).

### **2.3 Standard Deviasi**

*Standard Deviasi* diperoleh dari hasil pemeriksaan beberapa buah benda uji yang pelaksanaannya di laboratorium dengan melakukan pengujian kuat tekan beton. Dari beberapa variasi bentuk, umur saat di uji diperoleh suatu hasil yang nilainya menyebar namun masih sekitar nilai rata-ratanya. Besar kecilnya nilai penyebaran inilah yang disebut dengan istilah Standard Deviasi (S). Menurut Wangsadinata. W., (1971), terjadinya penyebaran nilai rata-rata saat melakukan pengujian kuat tekan beton sangat tergantung dari tingkat kesempurnaan dari tahap pelaksanaan pengerjaan beton dan sebaliknya semakin kecil nilai penyebaran tersebut terhadap nilai rata-ratanya, maka semakin besar tingkat kesempurnaan dari tarap pelaksanaan pengerjaan beton dan sebaliknya semakin kecil nilai penyebaran tersebut terhadap nilai rata-ratanya, maka semakin besar tingkat kesempurnaan tarap pengerjaan beton.

### **2.4 Kelestarian Lingkungan**

Pembangunan infrastruktur seharusnya tetap memperhatikan dan ikut menjaga kelestarian lingkungan, mulai dari hulu pengambilan material, mengolah, sampai membangun konstruksi, serta di hilir pembangunan yaitu penggunaannya yang ramah terhadap lingkungan. Karena seluruh pembangunan infrastruktur berada di bawah pengorganisasian Teknik Sipil, maka infrastruktur yang dibuat dapat dipastikan juga mengatur tentang terjaminnya kelestarian lingkungan. Terbatasnya ketersediaan material untuk pembangunan infrastruktur sedangkan tuntutan penyediaan infrastruktur sangat tinggi dan perkembangannya pesat, maka diperlukan mencari material alternatif agar tidak selalu merusak alam, kekuatan struktur tetap handal, namun tidak merusak lingkungan. Adanya beberapa kearifan lokal di Bali seperti: *Tri Hita Karana*, *Tri Angga*, *Hulu-Teben*, dan lainnya dapat merupakan acuan untuk ikut melestarikan lingkungan. Kebijakan pemerintah untuk membatasi ketinggian bangunan juga sebagai upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan seperti yang tertuang dalam Perda No. 16 tahun 2009, (Pemda Prov. Bali, 2009).

## 2.5 Pemeriksaan Bahan dan Pengujian Beton

Menurut Wangsadinata. W., (1971), bahan yang dipergunakan sebagai campuran beton harus memenuhi persyaratan yang telah diatur dalam peraturan tentang beton. Untuk mengetahui apakah bahan campuran beton telah memenuhi syarat ataukah tidak, maka dilakukan pemeriksaan bahan untuk mengetahui sifat-sifat dasar dari bahan yang dipergunakan. Bahan yang dipergunakan untuk campuran beton seperti agregat kasar (koral), agregat halus (pasir), semen, dan pasir dilakukan pengujian di laboratorium terhadap sifat-sifat dasarnya. Agregat kasar dan agregat halus dilakukan pengujian terhadap berat jenis, berat satuan, kadar air, gradasi, dan kadar lumpurnya. Semen pada umumnya jarang dilakukan pengujian khusus karena sesuai dengan pengalaman belum pernah terjadi pemalsuan terhadap semen, namun pemeriksaan secara visual harus dilakukan terhadap butiran semen apakah menggumpal ataukah tidak. Meskipun demikian untuk pengujian terhadap semen biasanya dilakukan terhadap berat satuannya saja, hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kemasan semen tidak ada yang bocor sehingga tidak terkontaminasi oleh air atau udara luar.

Pemeriksaan terhadap limbah batu lahar juga dilakukan tapi dalam kajian ini hanya dilakukan terhadap gradasinya saja, karena hanya dipergunakan sebagai pengganti agregat kasar sehingga susunan butirnya harus memenuhi syarat sesuai pedoman. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap *mix design* untuk mengetahui formula campuran yang diperlukan agar dicapai kuat tekan rencana. Sebagai langkah terakhir dilakukan prosedur di laboratorium mulai dengan mencampur beton, uji *slump test*, membuat benda uji, dan melakukan pengujian kuat tekan dari benda uji beton.

## 2.6 Kelestarian Lingkungan

Analisis terhadap kelestarian lingkungan yang terdampak dari pencemaran oleh adanya limbah batu lahar, dan setelah dipergunakan limbah batu lahar ini sebagai bahan campuran beton, dilakukan secara kualitatif berdasarkan pengamatan langsung di lapangan dan hasil wawancara dengan *stake holder* terkait. Wawancara terstruktur dilakukan dengan beberapa pertanyaan yang telah disiapkan terlebih dahulu. Pertanyaan yang diajukan adalah tentang: pemahaman *stake holder* terhadap batu lahar, limbah batu lahar, dan pendapatnya tentang penggunaan limbah sebagai campuran beton serta dampaknya kepada kelestarian lingkungan.

## 2.7 Pengujian Bahan Campuran Beton

Sesuai dengan hasil pemeriksaan terhadap bahan campuran beton, maka dapat disajikan bahwa seluruh persyaratan yang diperlukan untuk memenuhi

persyaratan sesuai dengan yang tertuang dalam Peraturan Beton Indonesia sebagai berikut:

### 2.7.1 Agregat halus (pasir)

Dari hasil pemeriksaan pasir di laboratorium didapat data pasir sebagai berikut:

1. Berat jenis (*spesifik gravity*) pasir dalam keadaan SSD = 2,315 Kg/Lt dan penyerapan airnya (*water absorption*) = 5,90 %.
2. Gradasi agregat halus (pasir) dengan modulus kehalusan ( $F_m$ ) = 2,74. Nilai ini memenuhi syarat menurut ASTM (*American Standard for Testing Material*) yaitu modulus kehalusan untuk pasir berkisar antara 1,5 - 3,8.
3. Kadar Lumpur (*Mud Content*) pasir = 1,25 %. Berarti pasir memenuhi syarat untuk campuran beton sesuai yang disyaratkan dalam PBI. 71 bahwa agregat halus untuk campuran beton tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % terhadap berat kering.
4. Berat satuan (*Unit Wight*) pasir = 1,40 Kg/Lt.
5. Kadar air (*surface moinsture*) pasir = 9,41 %.

### 2.7.2 Agregat Kasar (koral) dan Limbah Batu Lahar

Berdasarkan pengujian dan percobaan pendahuluan di laboratorium diperoleh data koral dan limbah batu lahar sebagai berikut:

1. Dari hasil test gradasi koral (*sieve analysis*) didapat modulus kehalusan ( $F_m$ ) = 7,06. Nilai ini memenuhi persyaratan dalam ASTM yaitu modulus kehalusan untuk agregat kasar berkisar antara 6,0-7,1.
2. Berat jenis (*spesifik gravity*) koral dalam keadaan SSD = 2,45 Gram/Cc dan penyerapan airnya (*water absorption*) = 1,92 %.
3. Berat satuan (*unit wight*) koral dari pemeriksaan didapat = 1,516 Gr/Lt.
4. Kadar Lumpur (*mud content*) koral dari hasil pemeriksaan didapat = 0,87 % nilai ini menunjukkan bahwa koral tersebut telah memenuhi syarat untuk campuran beton, karena agregat kasar untuk campuran beton sudah disyaratkan dalam PBI 71 adalah tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Kadar air (*surface moisture*) koral ini dari hasil pemeriksaan di laboratorium didapat 9,38 %.

Pengujian gardasi limbah batu lahar dilakukan dengan menyesuaikan hasil pengujian gradasi terhadap agregat kasar (koral), jadi butiran limbah batu lahar dibuat sedemikian rupa sehingga setelah dilakukan pengujian hasilnya sama atau minimal mendekati dari hasil uji gradasi agregat kasar (koral).

### 2.7.3 Semen

Semen adalah material yang berfungsi sebagai pengikat pada beton, sering disebut pengikat hidrolis karena semen akan berfungsi setelah tercampur air.

Semen mengeras dan mengikat butiran agregat kasar dan agregat halus sehingga menjadi satu kesatuan atau batu buatan. Pengujian terhadap berat satuan semen diperoleh berat satuannya 1.224 Kg/M<sup>3</sup>, sedangkan pengamatan secara visual dipastikan tidak ada gumpalan, dalam hal ini dikategorikan semen tidak menggumpal (tidak mati), dengan demikian semen hasil uji dapat dipergunakan sebagai bahan campuran beton.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Test Kuat Tekan Beton

Dilakukan test pada kuat tekan beton untuk mengetahui kuat teka dari masing-masing benda uji sesuai kriteria yang dibuat. Setiap katagori dibuatkan benda uji silinder yang jumlahnya masing-masing adalah 8 Buah (Subakti. A., 1994). Untuk mengetahui kuat tekan beton dari masing-masing benda uji untuk tiap percobaan, maka dilakukan test kuat tekan beton dengan menggunakan mesin uji kuat tekan beton dengan kapasitas 500 Ton. Pengujian ini dilakukan pada lima percobaan / katagori terdiri dari 8 benda uji dengan umur benda uji pada saat ditest adalah 28 hari (Tabel 1).

1. Katagori 0 ; sebagai kontrol, yaitu pengujian dilakukan pada campuran beton yang tidak dilakukan penambahan limbah batu lahar (0 %).
2. Katagori I : adalah campuran beton yang telah dilakukan penggantian agregat kasar dengan 5 % limbah batu lahar.
3. Katagori II ; adalah campuran beton yang telah dilakukan penggantian agregat kasar dengan 10 % limbah batu lahar.
4. Katagori III ; adalah campuran beton yang telah dilakukan penggantian agregat kasar dengan 15 % limbah batu lahar.
5. Katagori IV ; adalah campuran beton yang telah dilakukan penggantian agregat kasar dengan 20 % limbah batu lahar.

**Tabel 1.** Hasil Test Benda Uji Silinder Beton Ø15 x 30 Cm, umur 28 hari ( 0% )

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton ( $\sigma^1b$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 hari	42.000	286,50	-1,92	3,68
2	28 hari	42.250	288,20	-0,21	0,05
3	28 hari	41.500	283,09	-5,33	28,40
4	28 hari	42.500	286,50	-1,92	3,68
5	28 hari	41.500	283,09	-5,33	28,40
6	28 hari	43.000	293,32	4,90	24,04
7	28 hari	44.000	300,14	11,72	137,46
8	28 hari	42.000	286,50	1,92	3,68
			2.307,31		299,38

$f_u$  : 28 hari = 1,0

$f_b$  : Silinder  $\varnothing$  15 x 30 Cm = 0,83

$$\sigma^1 b = \frac{P}{A \times f_u \times f_b}$$

$$\sigma^1 b m = \frac{\sum_1^n \sigma^1 b}{n} = \frac{2,307,31}{8} = 288,41 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1 b - \sigma^1 b m)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{229,38}{7}} = 5,72 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\begin{aligned} \sigma^1 b k &= \sigma^1 b m - k.S \\ &= 288,41 - 1,92 \cdot 5,72 \\ &= 227,42 \text{ Kg/Cm}. \end{aligned}$$

**Tabel 2.** Hasil Tes Tegangan Beton

NO	PERLAKUAN	TEGANGAN BETON (Kg/Cm <sup>2</sup> )
1	Katagori 0 ; ( Penggantian 0 %, umur 28 hari )	227,42
2	Kata gori I ; ( Penggantian 5 %, umur 28 hari )	282,33
3	Katagori II ; ( Penggantian 10 %, umur 28 hari )	285,60
4	Katagori III ; ( Penggantian 15 %, umur 28 hari )	289,22
5	Katagori IV ; ( Penggantian 20 %, umur 28 hari )	275,49

Berdasarkan hasil uji laboratorium dan analisis hasil yang dilakukan diperoleh kuat tekan beton yang bervariasi, dengan menambahkan limbah batu lahar dengan beberapa katagori didapatkan pada penggantian 5% sampai dengan 15% kuat tekannya meningkat. Setelah dilakukan penggantian 20% baru kekuatannya menurun, namun masih dalam *range* kuat tekan rencana. Penelitian sejenis yang dilakukan dengan menambah atau mengganti sebgaaian agregat maupun semen juga menunjukkan hasil yang serupa, seperti penelitian yang dilakukan oleh Intara. I W., (2013), batu tabas yang dihaluskan kemudian sebagai pengganti sebgaaian semen, dimana hasilnya bahwa serbuk batu tabas dapat diperhitungkan sebagai komponen dari semen Portland komposit. Kajian yang lain dilakukan oleh Simanjuntak. J., O., dkk., (2020), melakukan penelitian beton bermutu dan ramah lingkungan, menghasilkan bahwa penambahan abu cangkang sawit sebagai pengganti sebagian semen sebanyak 6% menyebabkan kuat tekan beton meningkat, dan menurun setelah penambahan 9% terhadap berat kering semen.

### 3.2 Analisis Kualitatif Kelestarian Lingkungan

Berdasarkan pengamatan di lapangan bahwa limbah batu lahar yang dibuang dan dibiarkan berserakan akhirnya menyatu dengan tanah yang ada di halaman, kebun, bahkan ke sawah petani. Kejadian ini sudah pasti berpengaruh besar pada

kondisi tanah terutama dari nilai kesuburan terutama tanah yang diperuntukkan perkebunan maupun pertanian. Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa *stake holder* terhadap adanya limbah batu lahar ini adalah sebagai berikut:

- a. Pertanyaan tentang: pemahamannya pada batu lahar, mereka menjawab bahwa sebagian besar dari mereka tahu tentang batu lahar dengan berbagai kegunaannya dan kualitas yang ditonjolkan terutama untuk material bangunan stil Bali.
- b. Pemahamannya tentang limbah batu lahar, juga cukup memahami terutama terkait proses pengolahan sampai adanya limbah dan pencemaran oleh debu pada saat pengolahan. Dipahami sepenuhnya sangat mempengaruhi kesehatan lingkungan oleh sebab itu hal ini harus ditangulangi.
- c. Penggunaan limbah batu lahar menjadi bahan campuran beton dirasa sangat baik, karena dapat mengolah limbah menjadi bahan yang lebih berguna, dan yang lebih penting adalah berkurangnya limbah batu lahar yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesuburan tanah pertanian.

Mewujudkan beton ramah lingkungan sangat diharapkan dalam hal ini yaitu dengan menemukan material terbarukan dari bahan campuran beton, penelitian ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Simanjuntak. J., O., dkk., (2020), menyatakan bahwa pengembangan beton ramah lingkungan adalah untuk pembangunan berkelanjutan tanpa merusak sumber daya alam. Memang limbah batu lahar yang terdiri dari butiran batu keras baik yang diameternya kecil, menengah, agak besar, bahkan berbentuk debu sangat mengganggu kondisi lingkungan dan tanah. Butirannya yang sering agak runcing menyebabkan jika terinjak oleh kaki yang tanpa alas terasa sangat sakit pada telapak kaki.

#### **4. PENUTUP**

Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan beton dengan mempergunakan penggantian limbah batu lahar, dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilaksanakan test kuat tekan kubus beton dan analisis kuat tekan beton dari 8 benda uji, dimana pada masing-masing percobaan dilaksanakan pembuatan benda uji silinder dengan penggantian sebagian agregat kasar menggunakan limbah batu lahar, dengan katagori campuran bervariasi didapat kuat tekan beton pada umur test 28 hari : meningkat pada penggantian 5% sampai dengan 15%. Penurunan kuat tekan beton terjadi pada penggantian agregat kasar 20%, akan tetapi masih berkisar pada mutu beton rencana.
2. Dengan ada upaya penggunaan limbah batu lahar sebagai bahan campuran beton, maka diperoleh material terbarukan sebagai bahan beton, dan upaya kelestarian lingkungan dapat tercapai karena tidak ada lagi limbah batu lahar yang mencemari lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsa. G. 2015. *Batu Tabas* ; <http://dokumen.tips/documents/batu-tabas.html#> ;  
*download*: 21 Januari 2016.
- Intara. I W., dkk. 2013. Penggunaan Serbuk Batu Tabas sebagai Pengganti sebagian semen dalam Pembuatan Beton. *Jurnal Spektran*, Vol 1(1).
- Murdock. L., J. 1986 *Bahan dan Praktek Beton*. Erlangga: Surabaya.
- Wangsadinata. W. 1971. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya, Peraturan Beton Indonesia 1971 N.I.-2,
- Pemda Prov. Bali. 2009. Perda Provinsi bali No. 16 Tahun 2009 tentang : Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi bali Tahun 2009 – 2029, Ka. Biro Hukum & Ham Provinsi bali, Denpasar.
- Simanjuntak. J., O.; Saragih. T., E.; Lumbangaol. P.; dan Panjaitan. S., P. 2020. Beton Bermutu dan Ramah Lingkungan dengan Memanfaatkan Limbah Abu Cangkang Sawit. *Jurnal Darma Agung*, Vol. 28 (3): 387-401.
- Simanjuntak. J., O.; Raragih. T., E.; Lumbangaol. P. 2020. Beton Bermutu dan Ramah Lingkungan dengan Memanfaatkan Limbah Tongkol Jagung (Penelitian Laboratorium). *Jurnal Visi Eksata (JVIEKS)*, Vol. 1(1): 79-98.
- Subakti. A. 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Jurusan Teknik Sipil FTSP, ITS, Surabaya.