

PENGARUH ASAM KARBONAT (H_2CO_3) TERHADAP KEKUATAN TUMBUKAN AGREGAT BATU KAPUR

I. M. Alit K. Salain¹, M. Dodiek W. Ardana¹, dan W. Tahriri²

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

E-mail : imaksalain@civil.unud.ac.id

Abstrak : Batu kapur banyak digunakan sebagai bahan urugan dan lapisan pondasi perkerasan jalan raya, karena batu kapur memiliki daya dukung yang cukup baik. Namun diketahui bahwa asam karbonat (H_2CO_3) yang berada di dalam air tanah dapat melarutkan batu kapur. Hal ini memungkinkan penurunan kekuatan (daya dukung) pada urugan maupun lapisan pondasi, yang dibuat dari batu kapur yang berada pada lingkungan yang mengandung asam karbonat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh asam karbonat terhadap kekuatan tumbukan agregat batu kapur (*aggregate impact value* atau AIV). Nilai AIV merupakan salah satu indikator yang digunakan dalam teknik jalan raya untuk mengetahui kekuatan agregat. Nilai AIV menunjukkan agregat relatif tidak terlalu kuat terhadap beban tekan yang akan diterima dari beban roda kendaraan maupun beban pada saat pemadatan. Pengujian kekuatan batu kapur dilakukan setelah merendam batu kapur di dalam larutan asam karbonat dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20 dan 25 ppm. Perendaman untuk masing-masing konsentrasi dilaksanakan selama 10, 15, 20, 25 dan 30 hari. Adapun rancangan dasar yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial, yang mempelajari faktor-faktor sebagai berikut: variasi konsentrasi asam karbonat dan variasi umur perendaman. Kemudian hasilnya dianalisa dengan analisa Sidik Ragam, uji Beda Nyata Terkecil dan Diagram Pencar.

Dari hasil analisa diperoleh bahwa variasi konsentrasi dari 5 sampai dengan 25 ppm tidak berpengaruh nyata terhadap kekuatan tumbukan agregat batu kapur, namun umur perendaman berpengaruh nyata. Tidak terdapat interaksi antara variasi konsentrasi larutan asam karbonat dengan variasi umur perendaman.

Kata kunci: batu kapur, asam karbonat, *aggregate impact value*

THE EFFECT OF CARBONATE ACID (H_2CO_3) ON COLLISION STRENGTH OF CHALK AGREGGATE

Abstract : Chalk or limestone is frequently used for backfill materials and for stabilizing foundation layers of highway because of it's good support in bearing capacity. However it is known that carbonate acid (H_2CO_3), which is soluble in the ground water, can dissolve chalks or limestone chemically. The natural acid environment is able to decrease the strength (support capability) of backfill and foundation layer.

This study is conducted to determine the effect of carbonate acid on aggregate collision strength value of limestone (aggregate impact value or AIV). The AIV value is one of the indicators used in measuring the strength of aggregate. The AIV indicates that the aggregate was not too strong to receive loads from the burden of vehicle's wheel or other load while it is being compacted. The tests on limestone strength were conducted after soaking the limestone into carbonate acid solution in a series of acid concentration as follows: 5, 10, 15, 20, and 25 parts per million.

The soaking process of each solution was carried out for 10, 15, 20, 25, and 30 days long. The basic design used was a Factorial Complete Random Design, which studied matters such as the variation of carbonate acid concentration and the variation of soaking time. Then the test results was analyzed using a Style Investigation Analysis, Least Significant Different test and Disperse Diagram

The test results show that the variation of concentration from 5 to 25 parts per million does not significantly affect the strength of limestone aggregate impact, but the time soaking has a real effect. There is an interaction between the variations of carbonate acid concentration solution with the time of soaking.

Keyword: limestone, carbonate acid, aggregate impact value

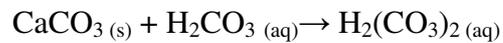
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Batu kapur sebagai bahan stabilisasi (*stabilizing agent*) tanah dasar telah lama digunakan untuk pembuatan jalan raya seperti: di Roma, Yunani, India, Cina [Oglesby dan Hicks,1996]. Selain sebagai bahan stabilisasi tanah, batu kapur dapat juga digunakan sebagai bahan pondasi, urugan, dan bahan campuran dalam pembuatan semen Portland. Penggunaan batu kapur sebagai urugan disebabkan karena batu kapur memiliki daya dukung yang cukup baik. Di Bali, batu kapur digunakan sebagai lapisan pondasi bawah pada konstruksi jalan raya, tanah urugan untuk membangun rumah, dan tembok. Kemudahan untuk mendapatkan batu kapur dan harganya yang relative murah dibandingkan dengan agregat batu pecah menyebabkan semakin sering penggunaan batu kapur di Bali.

Penggunaan batu kapur untuk keperluan struktur harus mempertimbangkan persyaratan teknis seperti: daya dukung, keawetan, dan keausan. Menurut Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya, tes kekuatan tumbukan merupakan salah satu tes yang dapat memberi petunjuk tentang kekuatan relative suatu agregat terhadap beban tekan yang akan digunakan untuk konstruksi jalan raya. Di sisi lain, larutan asam karbonat (H_2CO_3) dapat melarutkan batu kapur atau $CaCO_3$ [Brady, 1998]. Larutan asam karbonat bisa terdapat di dalam air tanah, sehingga memungkinkan dapat menurunkan kekuatan batu kapur

yang digunakan pada lingkungan tersebut. Proses pelarutan batu kapur dapat dilihat melalui persamaan reaksi berikut ini:



Berdasarkan permasalahan di atas, maka dilakukan penelitian tentang pengaruh asam karbonat terhadap kekuatan batu kapur dengan parameter kekuatan tumbukan (*Aggregate Impact Value/AIV*) agregat batu kapur.

TINJAUAN PUSTAKA

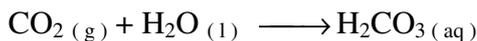
Batu Kapur – *Limestone*

Di Indonesia terdapat beberapa batuan yang mengandung senyawa karbonat, antara lain: batu kapur, batu kapur kerang dan batu kapur magnesia. Batu kapur merupakan salah satu bahan galian industri yang potensinya sangat besar dengan cadangan diperkirakan lebih dari 28 milyar ton yang tersebar di seluruh daerah di Indonesia [NI-7,1979]. Menurut Data dan Informasi Pertambangan Propinsi Bali Tahun 2001, Propinsi Bali sendiri memiliki potensi batu kapur dan masih tersisa sekitar 11.220.945.960 m³ dengan luas areal 25.559 Ha (Badung, Klungkung, Buleleng, Jembrana) pada akhir tahun 2000. Produksi batu kapur di Bali sebagian besar dipergunakan untuk bahan bangunan, biasanya digunakan untuk pondasi gedung maupun jalan raya.

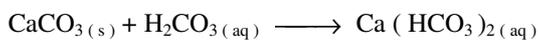
Batu kapur merupakan jenis batuan sedimen (*sedimentary rock*) yang mengandung senyawa karbonat atau organik. Pada

umumnya batu kapur yang banyak terdapat adalah batu kapur yang mengandung kalsit. Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya: lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur dapat terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis dari batu kapur berkisar 2,6-2,8 dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit (CaCO₃), sedangkan berat volumenya berkisar 1,7-2,6 gr/cm³. Jenis batuan karbonat dapat di bagi menjadi 2 bagian utama, yaitu: batu kapur (*limestone*) dan dolomit (*dolostone*). Suatu batuan disebut batu kapur apabila mengandung kalsit (CaCO₃) ≥ 90 % dan disebut dolomit apabila mengandung dolomit (CaMgCO₃) ≥ 90 % [Boggs, 1987].

Di beberapa daerah endapan batu kapur, seringkali ditemukan gua dan sungai di bawah tanah. Hal ini terjadi sebagai akibat reaksi air tanah dengan karbondioksida (CO₂) yang membentuk asam karbonat (H₂CO₃) yang dapat melarutkan batu kapur yang dilaluinya. Pembentukan asam karbonat ini dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Sedangkan proses pelarutan batu kapur oleh asam karbonat dapat dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Reaksi kimia dapat berjalan dengan cepat atau lambat tergantung dari faktor-faktor yang mempengaruhinya, faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan (laju) reaksi adalah : sifat dasar pereaksi, temperatur, adanya katalis dan konsentrasi [Keenan, Kleinfelter and Wood].

Air tanah biasanya mengandung karbondioksida bebas kurang dari 10 ppm (part per million atau milligram per liter) [Sastrawijaya, 2000]. Selain air tanah, air

hujan juga mengandung CO₂ dari udara maupun dari hasil pembentukan zat-zat organik di permukaan tanah [Riyanto, 1993]. Setiap tetes air hujan mengandung 0,6 ppm karbondioksida yang terdapat di udara [Sastrawijaya, 2000]. Gas CO₂ dapat juga diperoleh dari sisa-sisa pembakaran di rumah tangga, mesin-mesin industri ataupun mesin-mesin kendaraan bermotor yang lepas ke udara [Surakitti, 1989]. Meningkatnya gas karbondioksida dapat menyebabkan semakin tingginya konsentrasi asam karbonat yang terbentuk dan mempercepat proses pelarutan batu kapur.

Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan

Banyak metode yang telah dikembangkan untuk menguji kekuatan batuan terhadap beban, khususnya beban lalu lintas. Salah satunya dengan melakukan simulasi pemberian beban terhadap suatu sampel agregat. Salah satu beban yang dapat dipakai adalah beban tumbukan (*impact*). Prinsipnya adalah sampel agregat ditumbuk dengan alat khusus selama beberapa waktu. Agregat yang hancur kemudian ditimbang dan dibandingkan dengan berat sampel awal. Perbandingan ini merupakan nilai dari *Aggregate Impact Value* (AIV).

Di lapangan beban tumbukan didapat dari proses pemadatan jalan dan terakhir beban tumbukan di dapat dari beban lalu lintas. Dengan demikian pengujian kekuatan agregat terhadap tumbukan penting dilakukan sebagai analisis perencanaan tebal perkerasan jalan. Pemeriksaan ini pada dasarnya mengukur kekuatan relatif agregat terhadap beban tekan yang dinyatakan dengan rumus:

$$\text{AIV} = \frac{B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

AIV : *Aggregate Impact Value* (%)

A : berat awal sampel (gram)

B : berat sampel lolos saringan 2,36 mm (gram).

Nilai AIV yang besar menunjukkan bahwa jumlah agregat yang hancur cukup besar. Hal ini berarti bahwa sampel tersebut relatif tidak terlalu kuat terhadap beban tekan. Batas toleransi nilai AIV yang diperkenankan untuk batuan adalah sebesar 30 %.

MATERI DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari batu kapur berupa agregat limestone dan larutan asam karbonat. Larutan asam karbonat diperoleh dari P.T Polari Limunisa Indonesia, sedangkan batu kapur diperoleh dari penambangan batu kapur di daerah Garuda Wisnu Kencana, Ungasan-Bukit Jimbaran, Bali. Pengambilan batu kapur untuk penelitian dilakukan pada lokasi yang sama. Sebelum dilakukan proses perendaman agregat batu kapur dicampur terlebih dahulu. Selain menjaga keseragaman warna, batu kapur diambil pada pagi hari dengan tujuan untuk mengurangi proses pengujian yang disebabkan oleh sinar matahari. Pengambilan batu kapur dilakukan dengan cara peledakan, kemudian dipecah dengan menggunakan tenaga manusia untuk mendapatkan ukuran butir antara 5 mm sampai dengan 20 mm tanpa meninjau gradasi agregat tersebut. Selanjutnya agregat tersebut direndam dengan larutan asam karbonat sebanyak 3000 mL dalam ember plastik dan berat batu kapur sebanyak 2000 gram.

Variasi yang dilakukan terhadap benda uji adalah sebagai berikut:

- Variasi konsentrasi larutan asam karbonat dari 5 sampai dengan 25 ppm dengan interval 5 ppm
- Variasi umur perendaman dari 10 sampai dengan 30 hari dengan interval 5 hari.

Batu kapur yang telah direndam dengan larutan asam karbonat dan umur perendaman tertentu dikeringudarkan selama \pm 48 jam. Kemudian diayak pada saringan

yang berukuran 14 mm dan 10 mm. Benda uji adalah agregat yang lolos saringan 14 mm dan tertahan 10 mm sebanyak \pm 1000 gram. Agregat yang terdapat pada fraksi tersebut dioven selama \pm 4 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ$ C. Setelah dioven agregat didinginkan, kemudian ditumbuk dengan *Aggregate Impact Value Machine* sebanyak 15 kali tumbukan. Kemudian agregat diayak pada saringan 2,36 mm selama 1 menit, agregat yang lolos dan tertahan pada saringan ditimbang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kekuatan tumbukan yang dilakukan di laboratorium dianalisa dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial, Uji Beda Nyata dan dilanjutkan dengan Digram Pencar. Hasil pengujian kekuatan tumbukan ditunjukkan pada Tabel 1

Dari hasil analisa ketiga metode tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi asam karbonat dari 5 sampai dengan 25 ppm tidak berpengaruh terhadap nilai AIV, tetapi umur perendaman dari 10 sampai dengan 30 hari menunjukkan adanya pengaruh. Sedangkan kedua perlakuan berinteraksi. Pada konsentrasi 5 dan 25 ppm terlihat nilai AIV yang berfluktuasi. Tidak terdapat pengaruh konsentrasi kemungkinan disebabkan oleh waktu pengamatan yang tidak cukup untuk mengamati proses reaksi kimia yang terjadi secara menyeluruh. Adanya pengaruh umur perendaman terhadap nilai AIV kemungkinan disebabkan oleh pelarutan batu kapur yang berjalan seiring dengan umur perendaman. Sedangkan nilai AIV yang berfluktuasi kemungkinan disebabkan oleh benda uji yang digunakan kurang homogen dan efek peledakan pada saat pengambilan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekuatan Tumbukan dalam Persen

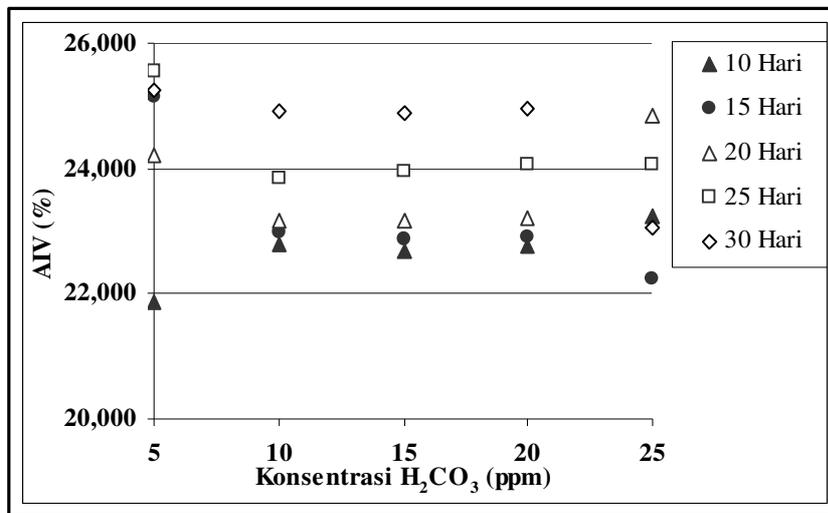
a. Umur Perendaman 10 - 15 hari

Umur Perendaman (hari)	N	Konsentrasi H_2CO_3 (ppm)				
		5	10	15	20	25
10	1	21,106	25,754	22,846	23,088	23,124
	2	20,259	24,334	22,658	23,475	24,465
	3	24,179	19,172	22,551	21,685	22,091
Sub total		65,544	69,260	68,055	68,248	69,680
Rata-rata ulangan		21,848	23,087	22,685	22,749	23,227
15	1	25,465	22,828	22,745	23,076	22,438
	2	24,905	24,398	22,092	23,178	22,624
	3	25,005	21,774	23,821	22,446	21,620
Sub total		75,375	69,000	68,658	68,700	66,682
Rata-rata ulangan		25,125	23,000	22,886	22,900	22,227

b. Umur Perendaman 20 - 30 hari

Umur Perendaman (hari)	N	Konsentrasi H_2CO_3 (ppm)				
		5	10	15	20	25
20	1	24,168	23,549	24,518	24,996	25,687
	2	23,669	23,488	21,723	21,978	25,620
	3	24,847	22,498	23,265	22,644	23,225
Sub total		72,684	46,047	69,506	69,618	74,532
Rata-rata ulangan		24,228	23,178	23,169	23,206	24,844
25	1	25,872	23,512	23,299	24,860	25,025
	2	25,911	22,888	23,804	24,118	24,081
	3	24,911	24,480	24,728	23,176	23,030
Sub total		76,694	70,880	71,831	72,154	72,136
Rata-rata ulangan		25,565	23,627	23,944	24,051	24,045
30	1	25,610	25,412	24,854	25,340	21,444
	2	25,473	26,655	24,682	24,192	23,408
	3	24,665	24,319	25,122	25,298	24,336
Sub total		75,748	76,386	74,658	74,830	69,188
Rata-rata ulangan		25,249	25,462	24,886	24,943	23,063
Total		366,045	331,573	352,708	353,550	352,218

Berikut pada Gambar 1. dapat dilihat Diagram Pencer Hubungan Antara Konsentrasi Asam Karbonat (H_2CO_3) dengan Nilai AIV.



Gambar 1. Diagram Pencer Hubungan antara Konsentrasi H_2CO_3 dengan Konsentrasi AIV

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi konsentrasi asam karbonat dari 5 sampai dengan 25 ppm berpengaruh berbeda tidak nyata terhadap nilai AIV agregat batu kapur.
2. Variasi umur perendaman berpengaruh sangat nyata terhadap nilai AIV agregat batu kapur.
3. Interaksi antara variasi konsentrasi larutan asam karbonat dan variasi umur perendaman memiliki pengaruh berbeda tidak nyata terhadap nilai AIV agregat batu kapur.
4. Nilai AIV yang berfluktuasi pada konsentrasi 5 dan 25 ppm kemungkinan dapat disebabkan benda uji yang kurang homogen.

Saran

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut disarankan:

1. Menguji batu kapur dengan konsentrasi asam karbonat yang lebih tinggi dan umur perendaman yang lebih lama

2. Menjaga suhu dan tekanan yang konstan dalam proses perendaman batu kapur
3. Kekuatan ditentukan dengan parameter tes kuat tekan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pimpinan Jurusan Teknik Sipil dan teknisi Laboratorium Jalan, Fakultas Teknik, Universitas Udayana yang telah menyediakan peralatan untuk melaksanakan penelitian serta semua pihak yang telah banyak membantu hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1993, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Brady, J.E., 1998, *Kimia Universitas Asas & Struktur Jilid I (Terjemahan)*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Das, B.M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga, Jakarta.

- Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2000, *Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- Gaspersz, V, 1995, *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan*, Tarsito, Bandung.
- Gomez, A.K, 1995, *Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hanafiah, A. K, 2001, *Rancangan Percobaan*, Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Munir, M, 1996, *Geologi & Mineralogi Tanah*, Pustaka Jaya, Jakarta.
- Oglesby, C. H. and R. G. Hicks, 1996, *Teknik Jalan Raya Jilid 2 (Terjemahan)*, Erlangga, Jakarta.
- Pitts, J, 1984, *A Manual of Geology for Civil Engineers*, Nanyang Technological Institute, Singapore.
- Riyanto, A, 1993, *Batu Gamping*, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Mineral, Jakarta.
- Tanaya, N, 1986, *Perancangan Percobaan I dan II*, Diktat Kuliah, Laboratorium Statistika Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Bali.
- Verhoef, P.N.W, 1992, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.
- Waltham, A.C, 1994, *Foundations of Engineering Geology*, Civil Engineering Departement, Nottingham Trent University, Oxford.