

## KUAT TEKAN BETON POLIMER BERBAHAN ABU VULKANIK GUNUNG SINABUNG DAN RESIN EPOKSI

Yulius Rief Alkhaly, Cok Nando Panondang<sup>1)</sup>, Zulfahmi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, <sup>2)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh  
email: yr.alkhaly@gmail.com

### Abstrak

*Beton polimer merupakan suatu jenis beton yang terbuat dari bahan polimer sebagai binder pengganti semen portland. Dibanding dengan semen portland, beton yang terbuat dari polimer relatif lebih baik dalam hal: kuat tekan, stabilitas volume, dan durabilitas. Pada penelitian ini, semen Portland tipe I merk Andalas sebagai binder disubstitusi dengan kombinasi abu vulkanik Gunung Sinabung (AV) dan resin epoksi (RE) sebagai material polimer. Agregat kasar dan agregat halus dipakai berupa kerikil dan pasir sungai. Benda uji beton dicetak menggunakan silinder berukuran 150 mm x 300 mm untuk masing-masing variasi polimer sebanyak 5 sampel dan untuk beton normal 5 sampel. Adapun kombinasi variasi polimer yang digunakan adalah: (5% AV + 5% RE), (12% AV + 7% RE), dan (25% AV + 10% RE) dengan mutu beton normal rencana sebesar 17,50 MPa. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa besarnya kuat tekan yang dihasilkan untuk masing-masing variasi di atas secara berurutan adalah: 14,83 MPa, 22,53 MPa dan 25,36 MPa, sedangkan beton normal memiliki kuat tekan sebesar 18,74 MPa. Kombinasi variasi (12% AV + 7% RE) dan (25% AV + 10% RE) memberi hasil kuat tekan lebih baik dibanding beton normal, masing-masing meningkat sebesar 20,22% dan 35,32%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan dapat dicapai dengan menggunakan kombinasi polimer lebih besar dari 5%.*

*Kata kunci: kuat tekan, beton polimer, abu vulkanik, resin epoksi.*

### 1 Pendahuluan

Sejak semen ditemukan oleh Joseph Aspidin pada awal abad ke 19, penggunaannya dalam industri rekayasa konstruksi semakin meningkat pesat, hal tersebut dipengaruhi oleh kebutuhan bangunan modern yang umumnya menggunakan beton sebagai material strukturnya. Secara tipikal, beton diproduksi dengan menggunakan 12% semen, 8% air, dan 80% agregat berdasarkan beratnya. Hal ini memberi gambaran bahwa untuk memproduksi beton di seluruh dunia telah dipakai semen sebanyak 1,6 milyar ton, agregat (pasir dan batuan) 10 milyar ton, dan air 1 milyar ton. Selain itu jumlah agregat yang digunakan untuk pembuatan klinker semen mencapai 12,6 milyar ton (Mehta, P. K., 2002). Keseluruhan proses produksi beton ini memberikan dampak buruk pada ekologi dan konsumsi energi di bumi, setiap tahunnya menghasilkan 1,35 milyar ton emisi gas rumah kaca atau berkontribusi sebesar 7% dari total emisi gas rumah kaca yang diproduksi dari industri-industri modern (Malhotra, V.M., 2002.).

Demi menanggulangi permasalahan tersebut, banyak penelitian telah dilakukan dalam upaya untuk mengurangi penggunaan semen dan bahan alam pada pembuatan beton sehingga menghasilkan beton yang ramah lingkungan. Upaya tersebut meliputi rekayasa material dan rekayasa proses produksi. Salah satu jalan untuk mendapatkan beton ramah lingkungan adalah dengan

menggunakan bahan alternatif seperti bahan polimer sebagai *binder* pengganti sebagian atau keseluruhan semen. Bahan polimer kini mulai banyak dikembangkan, kinerja dan perilaku beton berbahan *binder* polimer berbeda dengan *binder* semen portland. Material beton normal yang dikombinasikan dengan bahan polimer akan menghasilkan sifat fisis dan sifat mekanis yang baik pada beton sehingga memberikan harapan bagi aplikasinya pada desain struktural (Ohama Y. O. M., dan Kumagai S. O. M., 2006).

Pada penelitian ini, *binder* polimer dibuat dari abu vulkanik dan resin epoksi, dan pengujian hanya berfokus pada sifat mekanik kuat tekan. Semen Portland tipe I disubstitusi dengan kombinasi abu vulkanik Gunung Sinabung (AV) dan resin epoksi (RE) sebagai material polimer dengan variasi (5% AV + 5% RE), (12% AV + 7% RE), dan (25% AV + 10% RE) dengan mutu beton normal rencana sebesar 17,50 MPa.

## 2 Tinjauan Kepustakaan

### 2.1 Beton Polimer

Beton polimer adalah bahan komposit yang menggunakan polimer sebagai pengikat untuk mengganti keseluruhan atau sebagian semen. Beton polimer diperkenalkan pada akhir 1950-an dan menjadi terkenal pada 1970-an yang digunakan untuk material perbaikan (*repairing*), dan komponen beton pra-cetak. Produk tersebut dikenal sebagai beton resin sintetis, atau resin beton, ataupun beton resin plastik (Blaga, A. dan Beaudoin, J. J., 1985)

Alasan utama digunakan beton polimer pada beberapa aplikasi konstruksi adalah karena kekuatannya yang tinggi dan bobotnya yang ringan dibanding *binder* semen portland. Selain itu, beton polimer tahan terhadap bahan kimia, tahan korosi, penyerapan air rendah, dan stabilitas pematatan tinggi, serta proses pengerasan dapat dipersingkat hanya beberapa jam saja (Mikhailov, K.V., et. al., 1992).

Ide penggunaan bahan polimer organik sebagai bahan konstruksi telah dikenal ribuan tahun yang lalu. Hal ini diketahui bahwa pada awal sejarah peradaban, manusia telah menggunakan kombinasi polimer alami dengan material inorganik untuk memproduksi material berkekuatan dan berdurabilitas tinggi, misalnya: (1) Pada abad ke-4 sebelum masehi (S.M.), dinding batu bata tanah liat Babilonia dibangun menggunakan polimer alam 'mortar aspal'. Mortar bitumen dalam konstruksi juga ditemui di kota-kota lembah Indus dari Mohenje-daro dan Harappa sekitar 3.000 S.M. dan dekat Tigris di 1.300 S.M. Banyak polimer alam termasuk albumin, darah, dan pasta beras telah digunakan dalam pembuatan mortar kuno. (2) Hal ini juga dipercaya bahwa pada awal abad ke-2 masehi, mortar dari pasta kapur beras ketan digunakan untuk membangun tembok Besar China (You-Yun, W., 1981).

### 2.2 Abu Vulkanik

Material vulkanik merupakan mineral batuan vulkanik termasuk material glass yang memiliki ukuran sebesar pasir dan kerikil dengan diameter kurang lebih 2 mm. Partikel abu vulkanik sangat kecil, umumnya dapat memiliki

penampang lebih kecil dari 0,001 mm. Abu vulkanik terbentuk selama erupsi vulkanik secara eksplosif gunung berapi. Abu vulkanik bukan merupakan produk pembakaran seperti abu terbang yang lunak dan halus seperti hasil pembakaran kayu, daun atau kertas. Abu vulkanik memiliki sifat sangat keras dan tidak larut di dalam air sehingga seringkali sangat abrasif dan sedikit korosif serta mampu menghantarkan listrik ketika dalam keadaan basah (Bayuseno, A. P., 2010).

Abu vulkanik (AV) mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ) relatif tinggi, sifat fisik dan kimianya sesuai dengan ASTM C618-93, spesifikasi Standar fly ash dan bahan alam pozzolan kalsinasi untuk digunakan sebagai *Mineral Admixture* pada beton semen portland (Siddique, R., 2011). Tipikal kandungan abu vulkanik diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 1 Tipikal Komposisi Kimia Abu Vulkanik

Senyawa Kimia	Jumlah (%)
Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )	6,10
Silika ( $\text{SiO}_2$ )	59,32
Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	17,50
Besi Oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	7,06
Sulfur Trioksida ( $\text{SO}_3$ )	0,71
Magnesia ( $\text{MgO}$ )	2,55
Natrium Oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ )	3,80
Kalium Oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ )	2,03
Hilang Pijar	1,00

Sumber: Siddique, R., 2011

### 2.3 Resin Epoksi

Resin epoksi (RE) adalah polimer dari kelompok termoset yang mengandung gugus epoksi, yakni gugus berisi atom oksigen yang terikat pada dua atom karbon berdampingan. Resin ini banyak digunakan sebagai perekat, karena mempunyai beberapa keunggulan, antara lain: tidak berubah kekuatannya walaupun telah bertahun-tahun, tahan terhadap minyak, alkali, pelarut aromatik, asam, alkohol, juga cuaca panas maupun dingin. Pemakaiannya juga cukup luas, pada bahan-bahan logam, gelas, keramik, dan kayu. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengeringan, karena epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan (Gemert, D. V., et. al., 2004).

## 3 Metode Penelitian

### 3.1 Material

Untuk pembuatan beton normal, agregat yang digunakan berupa pasir dan kerikil, keduanya merupakan material alam yang ditambang dari sungai Krueng Mane dan sungai Krueng Sawang, Kecamatan Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara. Hasil analisa saringan agregat diperlihatkan pada **Tabel 2**. Sedangkan untuk pembuatan beton polimer, abu vulkanik yang digunakan merupakan dari hasil erupsi Gunung Sinabung di desa Ndokum Siroga, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Karo. Komposisi kimia abu vulkanik Gunung Sinabung pada penelitian ini tidak diuji. Resin epoksi yang digunakan berupa *general purpose resin epoxy* (Bisphenol A - Epichlorohydrin) EPR 174, merek Eposchon®, produksi PT. Justus Kimia Raya (**Gambar 1**). Resin epoksi ini memiliki berat jenis 1,19.



Gambar 1 Kemasan resin epoksi Eposchon®

Sumber: [http://203.21.74.28/pdimage/42/3955142\\_08032012095920\\_eposchon\\_a\\_\\_b.jpg](http://203.21.74.28/pdimage/42/3955142_08032012095920_eposchon_a__b.jpg)

Tabel 2 Analisa saringan agregat

Ukuran saringan (mm)	% Lolos	
	Pasir	Kerikil
38,10	100	100
19,00	100	94,64
12,7	-	62,00
9,50	99,60	51,76
4,75	93,30	0
2,36	87,64	0
1,18	67,78	0
0,60	44,62	0
0,30	16,31	0
0,15	4,90	0
Modulus halus butir	2,80	-

Sifat fisis lainnya dari agregat diperlihatkan dalam tabel berikut:

Tabel 3 Sifat fisis agregat

Uraian		Pasir	Kerikil
Ukuran maksimum (mm)		4,75	19
Berat Jenis	Kering jenuh-permukaan	2,53	2,52
	Kering tungku/oven	2,47	2,47
Absorpsi (%)		2,95	2,04
Kadar lembab (%)		1,51	0,6

Semen yang digunakan adalah produksi PT. Semen Padang, *Portland Cement* tipe I, dan air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh. Untuk semen dan air tidak dilakukan pemeriksaan lagi, karena telah memenuhi persyaratan.

### 3.2 Benda Uji Beton

Benda uji beton dibuat sebanyak 20 buah berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm, masing-masing 5 buah untuk setiap variasi beton. Faktor air semen sebesar 0,5. Proporsi campuran (*mix design*) dirancang berdasarkan SNI 03-

2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Tabel berikut memperlihatkan proporsi campuran untuk masing-masing variasi beton:

Tabel 4 Proporsi campuran beton

No	Jenis Beton	Variasi (AV + RE) %	Benda uji (bh)	Proporsi per m <sup>3</sup> beton (kg)					
				Air	Semen	Pasir	Kerikil	AV	RE
1	Beton Normal	(0 + 0)	5	207,7	390,00	700,43	981,90	-	-
2	Beton Polimer A	(5 + 5)	5	207,7	368,40	700,43	981,90	15,43	7,46
3	Beton Polimer B	(12 + 7)	5	207,7	341,00	700,43	981,90	36,99	10,43
4	Beton Polimer C	(25 + 10)	5	207,7	290,83	700,43	981,90	77,18	14,93

### 3.3 Penyiapan dan Perawatan Benda Uji

Pengadukan material dilakukan dengan bantuan mesin molen, material dimasukkan ke molen secara bertahap. Pengadukan dihentikan setelah material tercampur dengan baik dan terlihat telah homogen yang dapat diidentifikasi berdasarkan warna adukan telah sama seluruhnya. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) berdasarkan pengujian *slump* dan kemudian adukan di cor ke dalam cetakan silinder besi.

Setelah berumur 1 hari, benda uji silinder beton dikeluarkan dari cetakan. Penyimpanan dan perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman di dalam air pada suhu ruangan. Setelah masa perawatan berakhir, maka dilakukan pengujian kuat tekan beton arah vertikal silinder sampai benda uji hancur. Tiap-tiap variasi beton diuji pada umur 28 hari.

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Pengukuran Tinggi Slump

Pengukuran tinggi *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan, target *slump* rencana sesuai *mix design* adalah 25 mm - 100 mm. Metode pengujian *slump* mengacu pada standar American Society for Testing and Materials (ASTM) C 143/C 143M - 03. Adapun hasil pengukuran tinggi *slump* untuk masing-masing variasi benda uji adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Nilai *slump* adukan beton

No	Jenis Beton	Kode	Rerata Tinggi Slump (mm)
1	Beton Normal	BN	60
2	Beton Polimer A	BPA	50
3	Beton Polimer B	BPB	40
4	Beton Polimer C	BPC	50

Tabel 5 memperlihatkan bahwa tinggi *slump* untuk seluruh variasi beton telah memenuhi *slump* rencana. Kandungan AV dan RE memberi dampak pada turunnya nilai *slump*.

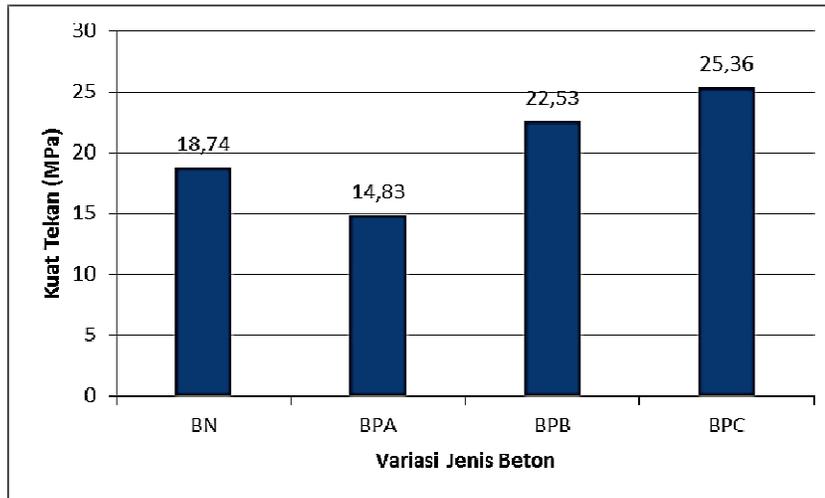
### 4.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari, dengan kuat tekan yang direncanakan ( $f'c$ ) sebesar 17,5 MPa. Dari hasil pengujian

didapat nilai kuat tekan untuk setiap variasi beton sebagaimana diperlihatkan pada **Tabel 6** dan **Gambar 2**.

Tabel 6 Kuat tekan masing-masing variasi jenis beton

No	Jenis Beton	Kode	Variasi (%)		Rerata Kuat Tekan 5 sampel (MPa)	StandarDeviasi
			AV	RE		
1	Beton Normal	BN	0	0	18,74	0,904
2	Beton Polimer A	BPA	5	5	14,83	0,738
3	Beton Polimer B	BPB	12	7	22,53	0,930
4	Beton Polimer C	BPC	25	10	25,36	1,227



Gambar 2 Kuat tekan masing-masing variasi jenis beton

Berdasarkan **Tabel 6** dan **Gambar 2** di atas, nilai kuat tekan beton normal (BN) dengan fas 0,5 diperoleh sebesar 18,74 MPa dan nilai ini memenuhi kuat tekan rencana dari *mix design* yang dibuat. Pada substitusi variasi kombinasi 5% AV dan 5% RE(BPA) nilai kuat tekannya didapat 14,83 MPa, atau menurun sebesar 20,86% dari kuat tekan BN. Penurunan ini menunjukkan bahwa pada taraf substitusi sebesar 5%, *binder* polimer belum mampu memberikan ikatan/lekatan pada agregat yang sama seperti *binder* semen sehingga mengakibatkan beban yang dapat dipikul menjadi lebih rendah. Sebaliknya, terjadi peningkatan kuat tekan pada variasi kombinasi substitusi 12% AV dan 7% RE (BPB) sebesar 20,22% atau meningkat sebesar 3,79 MPa dari BN. Peningkatan kuat tekan yang sangat signifikan terjadi pada beton polimer substitusi 25% AV dan 10% RE (BPC) dengan peningkatan kuat tekan sebesar 35,33% atau bertambah sebesar 6,62 MPa dari nilai kuat tekan BN.

Dari uraian di atas, dapat diketahuibahwa penggunaan kombinasi abu vulkanik Gunung Sinabung dan resin epoksi memberi pengaruh yang baik terhadap kuat tekan beton apabila substitusi kombinasi keduanya lebih besar dari 5% terhadap berat semen. Dengan demikian, beton polimer berbahan abu vulkanik dan resin epoksi ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan pada kontruksi beton karena telah memenuhi syarat kuat tekan sebagai beton struktural ( $f'c > 17$  MPa).

## 5 Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa campuran abu vulkanik dan resin epoksi memiliki karakteristik yang baik dan cocok untuk pengganti parsial semen portland dalam campuran beton. Kesimpulannya kombinasi abu vulkanik erupsi Gunung Sinabung dapat digunakan dalam penggantian sebagian semen portland dengan kadar kombinasi di atas 5% terhadap berat semen untuk menghasilkan beton struktural.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan dengan variasi abu vulkanik dan resin epoksi yang berbeda, untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang optimal.

## Daftar Kepustakaan

- Anonim, 2002, SNI 03-2834-2002: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional Indonesia;
- Anonim, 2003, American Society for Testing and Materials C143/C 143M - 03: *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*, ASTM International, United States;
- Bayuseno, A. P., et. al., 2010. *Sintesis Semen Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik Dari Erupsi Gunung Merapi*, Rotari, Vol. 12 No. 4, pp. 10-16, Universitas Dipenogoro;
- Blaga, A., dan Beaudoin, J. J., 1985. *Polymer Concrete*, Canadian Building Digest published;
- Gemert, D. V., et. al., 2004, *Cement Concrete and Concrete-Polymer Composites: Two Merging Worlds*, A report from 11<sup>th</sup> ICPIC Congress in Berlin;
- Malhotra, V.M., 2002, *Introduction: Sustainable Development and Concrete Technology*, ACI Concrete International, Vol. 24 No. 7, pp. 22;
- Mehta, P. K., 2002, *Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development*, ACI Concrete International, Vol. 24 No. 7, pp. 23-28;

- Mikhailov, K. V., et. al., 1992, ***Polymer concretes and their structural uses***, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, No. 1, pp. 311-317;
- Ohama Y. O. M., dan Kumagai S. O. M., 2006, ***Strength development and epoxy resin-cement interaction in hardened-free epoxy-modified mortars***. In: Brandt AM, Li VC, Marshall LH (eds) Proceedings of International Symposium On Brittle Matrix Composites 8. ZTUREK RSI and Woodhead Publication, Warsawa, pp. 315–322;
- Siddique, R., 2011, Review: ***Effect of volcanic ash on the properties of cement paste and mortar***, Resources, Conservation and Recycling Vol. 56 pp. 66-70;
- You-Yun, W., 1981, ***Research and application of polymer concrete in China***, Proceedings of The 3<sup>rd</sup> International Congress on Polymers in Concrete, Nihon University, Koriyama, Japan, pp. 46-55;