

Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton

Isradias Mirajhusnita⁽¹⁾, Teguh Haris Santosa⁽²⁾, Royan Hidayat⁽³⁾,

⁽¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pancasakti Tegal,

⁽²⁾Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pancasakti Tegal,

⁽³⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasakti Tegal,

Email : ninok.dias@gmail.com

Abstrak

Limbah bahan berbahaya dan beracun didefinisikan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3) sebagai zat, energi, atau komponen lain karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain, juga mengatur tentang pemanfaatan limbah B3 sebagai substitusi bahan baku. Sebagai upaya mengurangi tingkat bahaya limbah B3, penulis akan meneliti mengenai "Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Beton".

Penelitian ini bertujuan agar limbah B3 yang tidak berguna dapat termanfaatkan sebagai bahan pembuatan beton. Penelitian ini bertempat di PT. Lut Putra Solder yang terletak di Desa Debong Wetan Kecamatan Dukuhturi kabupaten Tegal. Adapun metode yang digunakan adalah eksperimen, yaitu dengan pembuatan dan pencetakan beton, serta pengujian terhadap mutu beton. Hasil yang diharapkan, penelitian ini dapat menghasilkan beton dengan kualitas yang baik dengan memanfaatkan limbah B3.

Kata kunci : Limbah, Beracun, Beton.

Pendahuluan

Limbah B3 merupakan limbah dengan persediaan yang cukup melimpah. Limbah B3 yang digunakan adalah limbah B3 yang berasal dari kawasan industri lokal dan maupun kawasan industri nasional, sehingga diharapkan melalui percobaan ini limbah tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Yang menjadi persoalan adalah bagaimana rancangan campuran bahan (*mixing design*) beton Mutu fc 30 (Mutu Sedang) yang menggunakan limbah B3 (bata api bekas dan limbah bottom ash) sebagai material pengganti sebagian agregat halus dan penambahan zat, bagaimana pengaruh penggunaan limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan penambahan zat aditif polimer terhadap kuat tekan beton serta berapakah kadar optimum limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) dengan penambahan zat aditif poolimer untuk menghasilkan kuat tekan beton maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah Memahami tentang rencana campuran bahan (*mixing design*) beton Mutu fc 30 (Mutu Sedang) dengan penggunaan limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) sebagai material pengganti sebagian agregat halus dan penambahan zat aditif polimer, mengetahui kuat tekan beton dengan campuran limbah B3, Mengetahui pengaruh penggunaan limbah B3 serta mengetahui kadar optimum limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) untuk menghasilkan kuat tekan beton maksimal.

Manfaat penelitian ini yaitu diharapkan dapat membuka wawasan tentang bagaimana cara memanfaatkan limbah dilingkungan sekitar dengan penggunaan limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) dengan penambahan zat aditif polimer sebagai bahan pembuat beton ramah

lingkungan dapat mengurangi limbah yang berasal dari kawasan industri lokal dan maupun kawasan industri nasional.

Landasan Teori

1. Kualitas agregat halus.
Kualitas agregat halus yang dapat menghasilkan beton bermutu tinggi adalah:
 - a. Berbentuk bulat
 - b. Teksturnya halus
 - c. Modulus Kehalusan Butir (MKB), menurut hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir dengan modulus kehalusan 2,5 sampai dengan 3,80 pada umumnya akan menghasilkan beton mutu tinggi (dengan FAS yang rendah) yang mempunyai kuat tekan.
 - d. Kandungan lumpur 2,5%.
 - e. Bersih.
 - f. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari jenis agregat halus yang sama).
2. Kualitas agregat kasar
Kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton bermutu tinggi adalah:
 - a. Porositas rendah.
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa porositas rendah akan menghasilkan suatu adukan yang seragam, dalam arti mempunyai keteraturan atau keseragaman yang baik pada mutu (kuat tekan) maupun nilai slumpnya. Akan sangat baik bila bisa digunakan agregat kasar dengan tingkat penyerapan air yang kurang dari 1 %. Bila tidak, hal ini bisa menimbulkan kesulitan dalam mengontrol kadar air total pada beton segar. Kadar lumpur untuk agregat kasar sebesar 1%.
 - b. Bentuk fisik agregat.
Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa batu pecah dengan bentuk yang tajam ternyata menghasilkan mutu beton yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kerikil bulat. Hal ini tidak lain adalah karena bentuk yang tajam bisa memberikan daya lekat mekanik yang lebih baik antara batuan dan mortar. Untuk agregat kasar tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20% dari berat keseluruhan.
 - c. Ukuran maksimum agregat.
Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemakaian agregat yang lebih kecil (< 15 mm) bisa menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi. Namun pemakaian agregat kasar dengan ukuran maksimum 25 mm masih menunjukkan tingkat keberhasilan yang baik dalam produksi beton mutu tinggi.
 - d. Bersih.
 - e. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari jenis agregat halus yang sama).
3. Pemilihan material yang digunakan
 - a. Semen
Semen sebanyak 20% dari total bahan baku yang dibutuhkan dalam pembuatan beton ini. Fungsi semen dalam campuran beton adalah sebagai pengikat antara agregat halus dan agregat kasar dengan bantuan air dalam suatu campuran beton. Peranan semen sangat penting dalam suatu campuran beton yaitu sebagai matriks primer. Semen yang digunakan dalam percobaan ini yaitu semen jenis PCC (*Portland Composite Cement*). Semen tipe PCC mempunyai karakteristik yang mirip dengan semen Portland pada umumnya, namun semen jenis ini mempunyai kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih ekonomis.
 - b. Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Pengganti Agregat Halus
agregat halus yang digunakan adalah limbah B3 yaitu limbah bata api bekas dan limbah bottom ash. Material ini ditambahkan sebanyak 25% dari total material agregat

halus yang dibutuhkan. Sebelum diolah, limbah tersebut diangkut, dikumpulkan, disaring dan dibersihkan terlebih dahulu.

Limbah B3 sendiri merupakan salah satu jenis zat berbahaya dan beracun yang mempunyai nilai kandungan total oksida SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan CaO paling sedikit 50%, dan nilai Loss of Ignition (LoI) paling banyak 10%. Limbah ini banyak ditemui kawasan industri lokal dan maupun kawasan industri nasional. Karena sifatnya yang berbahaya dan beracun, limbah B3 ini jarang dimanfaatkan sebagai bahan bangunan.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (5 cm). Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah..

Uji agregat kasar kerikil

- Analisa Saringan
- Analisa Berat Jenis
- Analisa Air Resapan
- Analisa Berat Volume

d. Polimer

Penambahan polimer sebanyak 2% dari total substansi cair pada campuran beton yang diuji sebagai materi tambahan berguna untuk mempercepat proses pengeringan beton dan mencegah adanya segregasi pada campuran beton. Konsep sistem matriks semen-polimer pernah diperkenalkan oleh *Cresson* pada tahun 1923. Bentuknya cairan yang tidak berwarna, sangat volatile, atau mudah menguap karena titik didihnya yang rendah, yaitu sekitar 34,067°C, berat molekulnya 68,12 gr/mol, berat isinya 0,681 gr/cm³, titik lebur 143,95°C (Budi Lationo, 2017). Monomer yang digunakan diharapkan dapat berinteraksi dengan unsur-unsur pada beton, sehingga dapat meningkatkan ikatan antar partikulat, sehingga dapat mencegah segregasi.

Tanpa dimodifikasi polimer, pasta semen keras memiliki ikatan Van der Waal dengan struktur alomerat yang tersusun atas kalsium silikat; aluminat; dan air, sehingga ikatannya lemah karena adanya retak-retak rambut akibat tegangan yang terjadi pada saat menguapnya air. Kelemahan ini dapat diantisipasi oleh adanya polimer yang menyelimuti pasta semen sehingga dapat menghambat penguapan air dan juga dapat menghentikan pertumbuhan retak rambut dengan cara mengisi retakan dan memberi kekuatan tarik tambahan pada pasta semen. (Budi Lationo, 2017).

e. Air

Air merupakan komponen penting dalam pembuatan beton. Air akan bereaksi dengan semen dan reaksi tersebut akan membuat semen mengeras, sehingga dapat mengikat agregat-agregat yang ada pada campuran beton. Takaran air pada campuran beton yang terlalu banyak akan menyebabkan beton mengalami *bleeding*, sehingga akan mengurangi kuat tekan beton. Sedangkan takaran air yang terlalu sedikit juga akan mempengaruhi workabilitas campuran beton. oleh karenanya, takaran air yang ditambahkan dalam campuran beton harus pas dan sesuai dengan perhitungan.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo, 2007) :

- 1) Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- 2) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
- 3) Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.

4. Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan karakteristik beton yang paling penting dan umumnya sudah direncanakan pada saat perhitungan campuran (*mix design*). Berdasarkan SNI 03-6468-2000, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{cr}' = f_c' + 1,34s$$

$$f_{cr}' = 0,90f_c' + 2,33s$$

$$f_{cr}' = \frac{f_c' + 9,66 \text{ MPa}}{0,90}$$

Keterangan :

- f_{cr}' adalah kuat tekan rata-rata yang ditargetkan.
- f_c' adalah kuat tekan rata-rata yang diisyaratkan.
- s adalah deviasi standar.

Pengujian kuat tekan beton (*Compression Test*) merupakan pengujian beton keras dengan cara destruktif dimana pengujian berfungsi untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan di setiap umur beton yang dikehendaki. (Yogie Risdianto, 2010).

Metode Penelitian

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimen. Metode yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui analisa penggunaan Limbah Bottom Ash sebagai campuran sebagian agregat halus.

1. Metode Pengumpulan Data

Salah satu proses yang penting dalam penelitian adalah proses peneliti dalam mengumpulkan data. Ada berbagai metode pengumpulan data yang dapat dilakukan dalam sebuah penelitian. Diantaranya yaitu; wawancara, observasi, angket atau kuesioner, dan studi dokumen. Diantaranya yaitu; wawancara dengan bapak yanto selaku kepala bagian pabrik Pt. Lut Putra Solder, observasi, angket atau kuesioner, dan studi dokumen. Metode pengumpulan data dalam pembuatan proposal ini menggunakan metode studi dokumen, dimana data tersebut diperoleh dari Pt. Lut Putra Solder dengan cara penelitian secara langsung, dan berbagai referensi jurnal dan buku.

2. Material dan Bahan

- a. Semen jenis PCC (Portland Composite Cement) dengan merek Tiga Roda. Kebutuhan semen sebesar 350 kg/m^3 dari total komponen padat yang dibutuhkan dalam pembuatan beton SCC ini. Takaran semen untuk satu cetakan adalah 2,13 kg.
- b. Agregat halus
 - 1) Pasir yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah pasir yang diperoleh dari Ciregol, Tonjong, Kabupaten Brebes termasuk jenis pasir sungai. Pasir tersebut dicuci dengan air bersih guna mengurangi jumlah kadar lumpur yang menempel pada butiran pasirmnya.

Tabel 1 Data Laboratorium Agregrat Halus (pasir)

No	Pengujian	Hasil Uji Lab
1.	Berat jenis (SSD)	2,677 gr/cm ³
2.	Berat volume	2,611 gr/cm ³
4.	Penyerapan air	2,533%
5.	Ukuran maksimal	3/8
7.	Persentase lumpur	3-4 %

- 2) Limbah bottom ash yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah limbah bottom ash yang diperoleh dari PT, Lut Putra Solder

Tabel 2 Data Laboratorium Agregrat Halus (limbah bottom ash)

No	Pengujian	Hasil Uji Lab
1.	Berat jenis (SSD)	2,574 gr/cm ³
2.	Berat volume	0,6982 gr/cm ³
3.	Modulus kehalusan	2,55
4.	Penyerapan air	5,84%
5.	Ukuran maksimal	3/8 mm

- 3) Limbah Bata Api (Refractory) yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah limbah Bata Api (Refractory) yang diperoleh dari PT. Lut Putra Solder.

Tabel 3 Data Laboratorium Agregrat Halus (limbah Bata Api)

No	Pengujian	Hasil Uji Lab
1.	Berat jenis (SSD)	2,674 gr/cm ³
2.	Berat volume	1,4720 gr/cm ³
3.	Modulus kehalusan	2,55
4.	Penyerapan air	2,84%
5.	Ukuran maksimal	3/8 mm

- c. Agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah batu pecah (kerikil) 1-2 dan 2-3 yang diperoleh dari PT. CYMA

Tabel 4 Data Laboratorium Agregat Kasar (Batu pecah 1-2 dan 2-3)

No.	Pengujian	Hasil Uji Lab
1.	Berat jenis (SSD)	2,614 gr/cm ³
2.	Berat jenis buluk	2,584 gr/cm ³
3.	Berat jenis semu(Apparent)	2,668 gr/ cm ³
4.	Penyerapan air	1,235 %
5.	Ukuran maksimal	19 mm

- d. Bahan tambah yang digunakan adalah polimer dengan merek Polcon PT. Masushita Builders. Polimer tersebut ditambahkan dalam campuran beton sebanyak 1% dari total substansi cair yang dibutuhkan dalam pembuatan beton SCC. Takaran polimer untuk satu cetakan adalah 22,5 ml.
- e. Air yang digunakan adalah air PDAM Fakultas Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal. Air yang ditambahkan sebesar 98,8% dari total substansi cair yang dibutuhkan dalam pembuatan beton SCC. Takaran air yang dibutuhkan adalah 0,8525 liter.
3. Metode Pemeriksaan Material
- Sebelum melakukan mix design, hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan pemeriksaan material (agregat kasar dan agregat halus) yang terdiri dari.
 - Water Content (Kadar air) agregat baik dalam kondisi asli maupun dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry).
 - Specific Gravity agregat dalam kondisi SSD.
 - Sieve Analysis agregat untuk mencari Finess Modulus (derajat kehalusan) agregat.
 - Absorbtion agregat.
 - Organic content pada agregat halus
4. Pengolahan Mixing Design
- Mix design* adalah perbandingan campuran bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan beton, agar menghasilkan beton dengan kuat tekan dan sifat-sifat lain yang diharapkan dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Langkah-langkah pengolahan *mix design* adalah sebagai berikut :
- Menentukan kuat tekan ($f'c$) yang akan direncanakan
 - Menghitung deviasi standar
 - Menghitung nilai tambah
 - Menghitung kuat tekan rata-rata ($f'cr$) yang ditargetkan
 - Menentukan jenis semen yang akan digunakan
 - Menentukan jenis agregat halus dan agregat kasar
 - Menentukan faktor air semen
 - Menentukan faktor air semen maksimum
 - Menentukan nilai *slump*
 - Menentukan ukuran agregat maksimum
 - Menentukan kadar air bebas
 - Menghitung jumlah semen
 - Menetapkan jumlah semen maksimum
 - Mentukan jumlah minimum semen
 - Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah

16. Menentukan susunan butir agregat halus
17. Menentukan susunan butir agregat kasar
18. Menentukan prosentasi pasir
19. Menghitung berat jenis relatif agregat
20. Menentukan berat isi beton
21. Menghitung kadar agregat gabungan
22. Menghitung kadar agregat halus
23. Menghitung kadar agregat kasar
24. Proporsi campuran menggunakan agregat dalam kondisi jenuh
25. Mengkoreksi proporsi campuran
26. Membuat campuran uji, mencatat hasil *slump*, kuat tekan yang sesungguhnya, dan mengevaluasi hasil pengujian

5. Perhitungan Mixing Design

Perhitungan mix design yang telah dilakukan dengan menggunakan acuan SNI 03-2834-2000 seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 5 Proporsi bahan untuk pembuatan 1 m³

Proporsi dengan bahan tambah	Volume (m ³)	Semen (kg)	Perbandingan Berat Jenis		Agregat halus			Agregat kasar (kg)
			Polimer (liter)	Air (liter)	Pasir (kg)	Bottom Ash (kg)	Bata Api Bekas (kg)	
Tiap 1 m ³	1	350	7	140	483,53	128,94	32,235	1,293,14
Kadar campuran			2%	98%	75%	20%	5%	

Berdasarkan mix design di atas, maka dapat ditentukan proporsi bahan untuk pembuatan 4 silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 6 Proporsi bahan untuk pembuatan 4 silinder beton

Proporsi dengan bahan tambah	Volume (m ³)	Semen (kg)	Perbandinag Berat Jenis		Agregat halus			Agregat kasar (kg)
			Polimer (liter)	Air (liter)	Pasir (kg)	Bottom Ash (kg)	Bata Api Bekas (kg)	
1 Silinder 15cm x 30cm	0,0052987 1	1,854	0,037	0,727	2,562	0,683	0,171	6,852
4 Silinder 15cm x 30 cm	0,0211948 4	7,418	0,148	2,91	10,248	2,732	0,684	27,41

Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Slump Cone Test

Metode *Slump Test* digunakan untuk menguji kemampuan penurunan beton konvensional yang masih segar. Metode pengujian ini dilakukan sebelum beton segar diletakkan pada bekisting. Setelah melakukan prosedur *Slump Test* yang benar, beton segar akan mengalami penurunan diamkan selama 10 detik hingga beton segar tidak mengalami penurunan. Cara mengetahui nilai *Slump Flow Test* adalah dengan mengukur diameter beton segar dengan batang besesi sehingga tinggi sama rata dengan kerucut lalu ukur menggunakan penggaris / meteran dengan hasil slump 7 cm.

Menurut A. Setiawan (2001) batasan dalam alat uji *Slump Cone*, campuran beton dikategorikan konvensional harus mampu mencapai penurunan minimal 7 cm maksimal 15 cm dalam waktu kurang dari 10 detik. Pada percobaan kali ini, penurunan yang didapatkan sebesar 7 cm. Sehingga beton tersebut dapat dikategorikan sebagai beton konvensional / beton normal.

4.2 Hasil Uji Tekan Beton

Berikut adalah hasil uji 4 sampel beton konvensional dengan mutu f_c 30 Mpa dengan menggunakan inovasi limbah B3 sebagai pengganti sebagian agregat halus, yang diujikan di laboratorium Teknik Sipil Universitas pancasakti tegal.

Tabel 7 Hasil Uji 4 Sampel

Umur Sampel	Bacaan Dial(mpa)	Kuat Tekan (K)	Berat Beton(kg)
3 Hari	19,9	239	12,3
7 Hari	20,6	248	12,1
14 Hari	20,7	249	12,1
28 Hari	21,7	261	12,1
Rata- Rata			12,1

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan terhadap beton mutu f_c 30 Mpa dengan menggunakan limbah B3 sebagai campuran agregat halus. Dapat kita ketahui kuat tekan rata rata sebesar K250 dan berat beton rata-rata sebesar 12,1 kg.

4.3 Analisis Dampak dari Inovasi Beton yang Diusulkan

Analisa dampak dari inovasi beton yang diusulkan ditinjau dari tiga aspek. Diantaranya aspek ekonomis, aspek ramah lingkungan, dan aspek penerapan pada masyarakat.

a. Aspek Ekonomis

Untuk menganalisa aspek ekonomis dari pembuatan beton konvensional dengan beton mutu f_c 30 Mpa yang memanfaatkan limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) sebagai material pengganti sebagian agregat halus.

Berikut adalah data kuantitatif perbandingan biaya pembuatan beton konvensional dari limbah bata api dan bottom ash dengan biaya pembuatan beton konvensional normal.

Tabel 8 Biaya pembuatan beton konvensional dari limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) dalam 1 m³ dengan beton normal tanpa limbah B3

No	Material yang dibutuhkan	Proporsi	Harga satuan	Jumlah harga
1.	Semen	350 kg	Rp 1.060,00 /kg	Rp 371.000,00
2.	Zat aditif polimer	2 liter	Rp 120.000,00 /liter	Rp 240.000,00
3.	Limbah bata api dan bottom ash	160,842 kg	Rp 150,00/kg	Rp 24.126,30
4	Pasir	536,778 kg	Rp 170,00/kg	Rp 91.252,26
5	Air	140 liter	Rp 25,00/liter	Rp 3.500,00
Total biaya yang dikeluarkan				Rp 730.878,56

b. Aspek Ramah Lingkungan

Limbah B3 dimanfaatkan oleh Pt.Lut Putra Solder dalam bentuk olahan yang beragam. Penelitian ini memanfaatkan limbah B3 berupa slag besi/baja, bata api bekas, bottom ash. Selain dapat mengurangi jumlah limbah B3 dan memanfaatkannya yang ada di lingkungan masyarakat, kawasan industri lokal dan maupun kawasan industri nasional. penggunaan limbah B3 sebagai bahan pengganti agregat halus dalam pembuatan beton dapat mengganti pasir dan mengurangi limbah B3 sehingga lebih ramah lingkungan.

c. Aspek Penerapan pada Masyarakat.

Banyak kelebihan-kelebihan dari beton yang menggunakan metode ini. Proses pembuatannya mudah dan tidak perlu menggunakan vibrator, sehingga tidak menimbulkan suara bising yang dapat mengganggu lingkungan sekitar. Material-material yang dibutuhkan juga sangat mudah didapatkan, ramah lingkungan dan sudah mendapatkan izin dari menteri lingkungan hidup dan kehutanan republik indonesia, bahwa berdasarkan ketentuan peraturan pemerintah nomor 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Selain itu biaya pembuatan beton ini sangat terjangkau dan bermutu tinggi, karena penggunaannya menggunakan limbah yang tidak terpakai sehingga mengurangi eksploitasi sumber daya alam.

Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari 4 sampel beton, didapat hasil kuat tekan berbeda. Sampel umur 3 hari kuat tekan sebesar 19,9 Mpa, umur 7 hari kuat tekan sebesar 248 Mpa, umur 14 hari kuat tekan sebesar 249, dan umur 28 hari kuat tekan 28 hari kuat tekan sebesar 261 Mpa.
2. Dari 4 Sampel dinilai tidak mencapai target kuat tekan yang direncanakan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah B3 (bata api bekas dan bottom ash) dalam pembuatan beton kurang efektif karna harus ada koreksi lg atas persentase lg.
3. Penambahan polimer dalam pembuatan beton konvensional tidak dapat mempercepat pengeringan beton dan beton tersebut memiliki daya tahan terhadap air.
4. Beton konvensional pemanfaatan limbah B3 ini mampu memenuhi aspek ekonomis dan ramah lingkungan.

Daftar Pustaka

- [1] Lationo, Budi. 2017. *Material Sifat dan Implementasi Beton Tailing*. Azyan Mitra Media : Daerah Istimewa Yogyakarta.
- [2] Kartini, W. (2009). Pengaruh Penambahan Fly Ash pada Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3, 161-170.
- [3] Widhiarto, H., Sujatmiko, B. (2012). Analisis Campuran Beton Berpori dengan Agregat Bergradasi Terpisah Ditinjau Terhadap Mutu dan Biaya. *Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya*, 5, 24-30.
- [4] Risdianto, Y. (2010). Penerapan Self Compacting Concrete (SCC) pada Beton Mutu Normal. *Jurnal Teknik*, 8, 1412-1467.