

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK MENJADI AGREGAT PADA MORTAR GEOPOLIMER

UTILIZATION OF PLASTIC WASTE TO BE AN AGGREGATE IN MORTAR GEOPOLIMER

Mochammad Qomaruddin*, Ariyanto, Istianah, Fatimatuz Zahro

*E-mail: qomar@unisnu.ac.id

*Prodi Teknik Sipil, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

Abstrak—Berbagai jenis plastik susah berkontaminasi dengan tanah yang juga dianggap limbah anorganik, yang sulit hancur dengan sendirinya. Solusi pemanfaatan limbah plastik dapat digunakan sebagai agregat beton. Metode yang digunakan yaitu eksperimental di laboratorium dengan membandingkan mortar geopolimer dan konvensional dalam variasi jumlah agregat plastik substitusi agregat alam. Pengaruh penambahan plastik pasta geopolimer menggunakan 3 varian molaritas yaitu 8M, 12M, 16M. Hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada mortar geopolimer 12M dengan penambahan agregat kasar berupa limbah plastik sebanyak 15% pada umur 28 hari dengan hasil kuat tekan sebesar 28,24 MPa. Nilai kuat tekan yang dihasilkan pada mortar konvensional dan mortar geopolimer semakin meningkat seiring dengan bertambahnya umur pengujian. Pengaruh agregat plastik dapat mengikat lebih baik secara homogen pada mortar geopolimer dibanding dengan mortar konvensional.

Kata kunci — Agregat plastik, geopolimer, mortar.

Abstract— Plastic is difficult to contaminate with any type of soil, also called inorganic waste. It is difficult to destroy on its own. Plastic waste utilization solutions can be used as concrete aggregates. The method used is experimental in the laboratory by comparing geopolimer and conventional mortars in varying amounts of aggregate plastic aggregate plastic aggregates. Geopolymer paste uses 3 molarity variants of 8M, 12M, 16M. The testing results of the compressive strength of concrete obtained the highest compressive strength on 12M geopolimer mortar with the addition of coarse aggregate in the form of plastic waste as much as 15% at the age of 28 days, with the results of compressive strength of 28.24 MPa. The compressive strength produced in conventional mortar and geopolimer mortar was obtained an increase with increasing age of testing. The effect of plastic aggregates can bind better homogeneously on geopolimer mortar compared to conventional mortar.

Keywords — Plastic aggregates, geopolimer, mortar

I. PENDAHULUAN

Limbah plastik merupakan masalah yang kita jumpai di daerah perkotaan maupun perdesaan. Penggunaan plastik dalam setiap tahunnya akan terus mengalami peningkatan karena produk makanan, minuman, semuanya menggunakan bahan dari plastik. Namun plastik yang dimaksud adalah plastik yang susah berkontaminasi dengan tanah atau biasa disebut dengan limbah anorganik, yang sulit hancur dengan sendirinya [1]. Hal ini yang menyebabkan jumlah sampah plastik bertambah yakni 66-67 juta ton pada tahun 2008 yang rata-rata pada tahun sebelumnya sebesar 64 juta ton. Oleh karena itu, untuk mengurangi limbah plastik ini

maka volume limbah ini dimanfaatkan dalam bangunan. Dalam siklus plastik yang dapat di daur ulang hanya 4%, sisanya menggenung pada tempat pembuangan sampah [2]. Rommel menggunakan plastik jenis *high density polyethylene* (HDPE) seperti limbah botol plastik menjadi agregat kasar untuk mensubstitusi agregat alam dalam campuran beton ringan konvensional. Partikel agregat plastik yang digunakan berukuran 10-20 mm [3]. Beton Geopolimer adalah campuran beton dimana bahan dasarnya tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat, dan digantikan dengan bahan sampingan seperti abu terbang (*fly ash*), yang banyak mengandung silikon dan aluminium [4]. Pengertian bahan dasar pengganti semen ini selain sebagai

tindakan yang dianggap efektif untuk pemanfaatan bahan sisa limbah pabrik juga sebagai tindakan peduli lingkungan. Geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikat yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silica (Si) mempunyai peranan penting. Aktivator merupakan senyawa yang digunakan agar terjadi reaksi polimerisasi kondensasi pada mortar geopolimer. Hidroksida yang terdapat pada aktivator akan bereaksi dengan SiO_2 dan Al_2O_3 dan membentuk ikatan gugus banyak (polimer) dengan mengeluarkan H_2O sebagai sisa proses polimerisasi. NaOH dan KOH dapat digunakan sebagai aktivator pada campuran mortar geopolimer, aktivator yang berupa padatan harus dilarutkan ke dalam air disesuaikan dengan molaritas larutan aktivator yang dikehendaki [5].

Pemakaian dan pemeliharaan agregat yang baik akan membuat mortar dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*), dan ekonomis. Agregat mempunyai nilai ekonomis yang murah jika dibandingkan dengan semen atau bahan pengikat (*binder*) lainnya. Oleh karena itu akan membuat mortar semakin ekonomis jika agregat dimasukkan sebanyak mungkin selama secara teknis memungkinkan [6]. Akhir dari penelitian ini adalah selain mengurangi sampah adalah memperoleh komposisi limbah plastik yang dapat dimanfaatkan menjadi sebuah agregat mortar dengan komposisi yang baik dengan kualitas yang maksimal, selain itu membandingkan cara pembuatan yakni konvensional dan geopolimer dengan agregat plastik. Selama ini pada penelitian terdahulu hanya membandingkan mortar konvensional dengan mortar geopolimer tanpa adanya inovasi pada agregat dan gradasi.

II. STUDI PUSTAKA

Dalam kajian Al Quran yang menyinggung kerusakan lingkungan yang diakibatkan limbah maupun sampah dari aktifitas manusia yang terpengaruhi dengan revolusi industri sampai saat ini masih berjalan. Allah SWT berfirman di surat Ar-Rum ayat 41, yang artinya “*Telah tampak kerusakan di darat dan di laut karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah membuat mereka merasakan sebagian (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).*” Limbah padat menjadikan tanah terpapar polusi ketika tempat pembuangan bagi limbah dalam jumlah besar yang tidak mampu diproses ataupun di daur ulang secara alami maupun buatan [7]. Limbah-limbah yang tidak

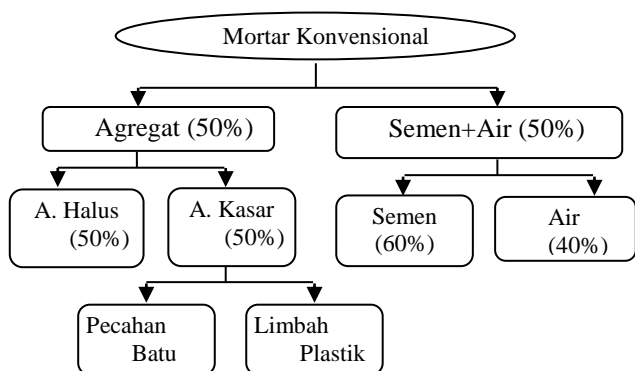
termanfaatkan di atas tanah akan menebarkan aroma tidak sedap dan mengganggu aktivitas manusia di sekitarnya dengan terasanya pencemaran udara, air dan tanah. Situasi ini akan sangat relevan dengan era industri yang berkembang pesat tanpa adanya pencegahan yang terus-menerus. Upaya pencegahan dampak lingkungan tersirat dalam hadis shahih dari HR. Al-Baihaqi yang berbunyi “*Upayamu menyingkirkan batu, duri, dan tulang dari jalan yang dilalui manusia adalah sedekah.*”. Ini mencerminkan bahwa di dalam kajian Islam sangat menganjurkan kebersihan dalam kehidupan sehari-hari, karena kebersihan merupakan bagian dari keimanan seseorang. Sehingga solusi penanganan dari limbah *bottom ash* yang tergolong B3 ini dapat disolidifikasi menjadi bahan konstruksi berupa bata beton sebagai pengisi dinding bangunan dalam dunia infrastruktur. Ini sangat relevan dengan kebijakan pemerintah pusat atas kesepakatan bersama antara Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM dengan nomor 4 Pj/05/DJL.4/2015, dengan Dirjen Pengelolaan Sampah, Limbah, dan B3 pada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dengan nomor KB.02/PSLB3-VPLB3/2015, dengan Badan Penelitian Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan nomor 07/PKS/KL/2015. tentang kerjasama penelitian pengembangan dan penerapan teknologi serta percepatan pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* dari PLTU batubara untuk pembangunan infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Limbah *fly ash* digunakan untuk beton akan mengurangi dampak emisi udara yang tercemar akibat pemanasan global pada produksi semen [7].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan cara melakukan campuran yang menghasilkan kuat tertinggi dengan berbagai *trial*. Adapun bahan yang digunakan adalah semen, air, krikil, pasir dan agregat plastik untuk mortar konvensional dan untuk mortar geopolimer adalah waterglass, NaOH, agregat plastik, krikil, pasir dan *fly ash*. Variasi agregat plastik diperoleh dari sampah pembungkus barang (kresek) kemudian dibuat butiran-butiran dengan dipanaskan sesuai gradasi yang telah ditentukan. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cetakan mortar yang digunakan dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm (Gambar-4), saringan, *compression mechine*, timbangan, ember, cawan dan gelas kaca. Adapun sampel pada

penelitian ini sejumlah 15 sampel setiap masing-masing campuran dengan rincian konvensional, geopolimer 8 M, geopolimer 12 M, dan geopolimer 16 M. Jadi total sampel dalam 1 campuran adalah 60 sampel. Variasi plastik yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%

Penelitian yang dilakukan bertujuan membandingkan hasil kuat tekan mortar geopolimer dan mortar konvensional campuran agregat dari bahan limbah plastik. Pengujian karakteristik material dan pengujian mortar berupa pengujian kuat tekan. Pada penelitian ini dibuat dua sampel mortar yang berbeda-beda yaitu pasta geopolimer dan pasta konvensional.



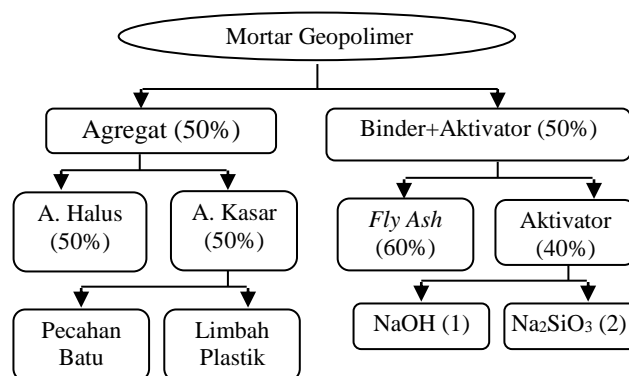
Gambar-1. Campuran mortar konvensional.



Gambar-3. Agregat plastik dan fly ash

Hasil uji dari mortar kuat tekan yang didapat akan dibandingkan dan dianalisis dari kedua sampel tersebut. Limbah plastik digunakan untuk pengganti batu pecahnya. Plastik di sini menggunakan plastik kantong/kresek yang dipanaskan sampai meleleh dengan ukuran 0,5-1 cm.

Persentase komposisi material yang dibutuhkan dalam pembuatan mortar dijelaskan pada Tabel-1 dengan berbagai jenis uji mortar geopolimer dan mortar konvensional. Gambar-1 dan 2 menunjukkan komposisi susunan material mortar konvensional dan geopolimer yang digunakan penelitian ini, memperlihatkan bedanya pada bahan binder dan aktivatornya.



Gambar-2. Campuran mortar geopolimer.



Gambar-4. Cetakan mortar

Tabel-1. Komposisi bahan mortar

Jenis Mortar	Bahan Konvensional dan Geopolimer (gr)							
	Pasir	Semen	Fly ash	Air	Plastik	Kerikil	NaOH	Na ₂ SiO ₃
Mortar Konvensional	5625	6750	-	4500	562,5	5062,5	-	-
Mortar Geopolimer 8 M	5625	-	6750	-	562,5	5062,5	1500	3000
Mortar Geopolimer 12 M	5625	-	6750	-	562,5	5062,5	1500	3000
Mortar Geopolimer 16 M	5625	-	6750	-	562,5	5062,5	1500	3000

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Agregat Halus

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang digunakan sebagai bahan

bahan penyusun mortar konvensional maupun geopolimer. Selain itu tujuan pengujian karakteristik ini adalah untuk memastikan bahwa bahan penyusun material sudah sesuai dengan ketentuan yang berlaku

1) Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk menentukan persentase gradasi pada agregat halus. Ketentuan pengujian analisa saringan untuk modulus kehalusan sesuai ASTM C33 [8,15]. Modulus kehalusan yang diperoleh sebesar 2,9 dengan kategori butiran kasar.

2) Kadar Lumpur Pasir

Kadar lumpur pada pasir Muntilan sebesar 4,41%. Persentase kadar lumpur yang didapatkan dari pasir Muntilan memenuhi batas yang diizinkan, yaitu kurang dari 5% menurut SNI-03-1750-1990 [9].

3) Kadar Organik Pasir

Pada pengujian kadar organik ini menggunakan alat tintometer untuk mengamati warna cairan NaOH yang bereaksi dengan zat organik terkandung pada pasir tersebut, sehingga menimbulkan perubahan warna yang mencolok dan dibandingkan pada alat tintometer. Data yang diperoleh menunjukkan perubahan warna kuning kecoklatan pada tintometer [11].



Gambar-5. Kadar organik pasir.

B. Pengujian Komposisi Kimia Fly Ash

Uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) dilakukan bertujuan untuk mengetahui kandungan *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini yang diambil pada PLTU Tanjung Jati B Unit 3 dan 4 pada Tabel-2.

Tabel-2. Komposisi kimia *fly ash*

Kandungan Kimia	Parameter (%)
Na ₂ O	2,91
Al O	24,16
Fe O	9,09
CaO	7,03
MgO	3,02
SO	0,78
SiO ₂	47,66
K ₂ O	2,04
LOI	1,53

Komposisi kimia yang terkandung dalam *fly ash* menunjukkan bahwa *fly ash* yang digunakan

merupakan tipe F karena unsur CaO sebesar 7,03% yang kurang dari 10% serta jumlah kandungan (SiO₂ = 47,66% + Al O = 24,16 + Fe O = 9,09) yaitu lebih dari 70% sesuai dengan ketentuan ASTM C 618 [12].

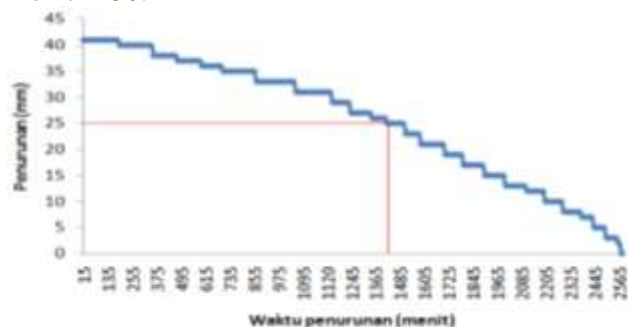
C. Pengujian Setting Time Pasta

Pengujian *setting time* [13] dilakukan dengan tujuan untuk menentukan waktu ikat yang dibutuhkan dalam campuran binder dengan aktivator. Waktu pengikatan terjadi ada dua proses, yaitu waktu peningkatan awal dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan campuran binder dengan aktivator saat kondisi plastis menjadi kondisi mengeras. Sedangkan pada proses waktu pengikat akhir ini terjadi saat jarum vicat menyentuh permukaan sampel benda uji tanpa adanya bekas jarum atau sudah mengeras.



Gambar-6. Setting time pasta geopolimer 8M.

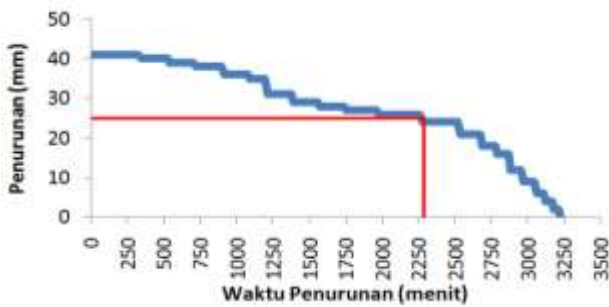
Pada Gambar-6 grafik *setting time* pasta geopolimer mulai mengikat awal pada vikat di menit 1020, dan mengeras pada waktu ikat akhir pada menit 2130.



Gambar-7. Setting time pasta geopolimer 12M.

Pada Gambar-7 grafik *setting time* pada geopolimer 12 M menunjukkan penurunan jarum vicat di skala 25 mm di waktu sekitar 1425 menit untuk proses pengikatan awal pada pasta tersebut, sehingga penyelesaian waktu ikat akhir sampai menit ke 2565.

Pada Gambar-8 menunjukkan waktu ikat awal di menit 2272 dan di waktu ikat akhir saat pengerasan pada menit 3250. Memperhatikan ketiga pola grafik *setting time* awal dengan ketiga molaritas pasta geopolimer yang berbeda sudah diketahui pengaruh yang signifikan terhadap pengerasan pada pasta tersebut.



Gambar-8. *Setting time* pasta geopolimer 16M.

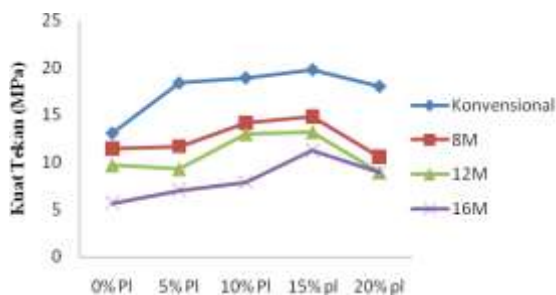


Gambar-9. *Setting time* pasta konvensional.

Pada grafik *setting time* untuk pasta konvensional menunjukkan penurunan jarum vicat di skala 25 mm di waktu 450 menit untuk proses waktu ikat awal, sedangkan waktu ikat akhir pada pasta tersebut sampai menit ke 615.

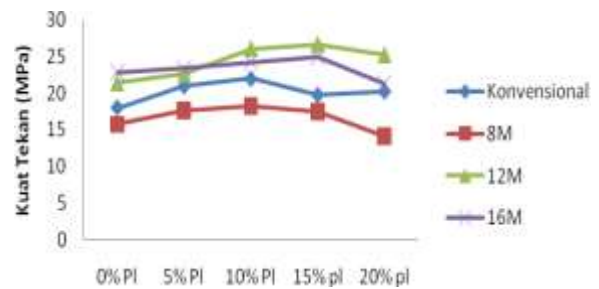
D. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan pada mortar yang dibedakan berdasarkan masing-masing umur dan variasi persentase agregat plastik [10,14.]



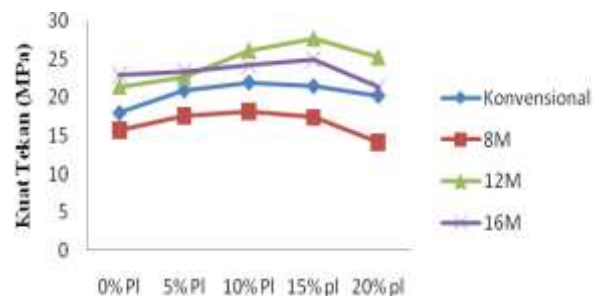
Gambar-10. Grafik kuat tekan umur 7 hari.

Pada Gambar-10 grafik kuat tekan terhadap umur 7 hari didapatkan bahwa kuat tekan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah material agregat limbah plastik. Kuat tekan mortar tertinggi pada mortar variasi agregat plastik 15% pada konvensional. Pada umur yang relatif muda merupakan masih rendahnya mutu mortar geopolimer.

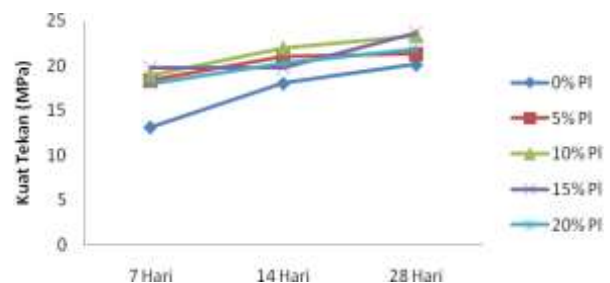


Gambar-11. Grafik kuat tekan umur 14 hari.

Pada Gambar-11 grafik kuat tekan terhadap umur 14 hari menggambarkan hasil pengujian kuat tekan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah material agregat limbah plastik yang tidak signifikan. Nilai kuat tekan mortar tertinggi umur 14 hari terjadi pada variasi plastik 15% pada 12M. Reaksi polimer mulai menunjukkan mengeras secara perlahan.



Gambar-12. Grafik kuat tekan umur 28 hari.

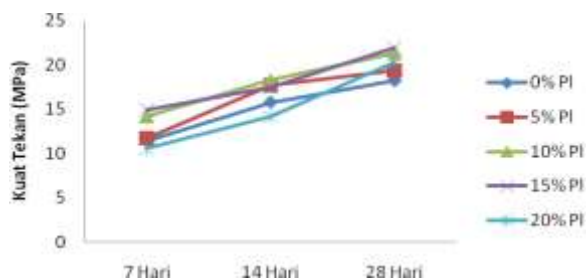


Gambar-13. Grafik kuat tekan konvensional.

Berdasarkan Gambar-12 grafik pengujian kuat tekan mortar pada umur 28 hari mengalami kenaikan dibandingkan dengan pengujian kuat tekan berumur

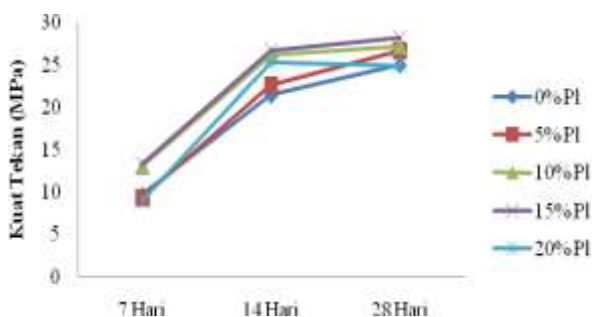
7 hari. Pola dari grafik hasil kuat tekan geopolimer 8M lebih rendah dibandingkan dengan hasil pengujian kuat tekan mortar lainnya. Hasil pengujian kuat tekan tertinggi terjadi pada 12M penambahan variasi limbah plastik 15%.

Pada Gambar-13 grafik kenaikan yang paling tinggi terjadi pada mortar konvensional tepat di penambahan limbah plastik 15% dengan nilai 23,68 MPa.



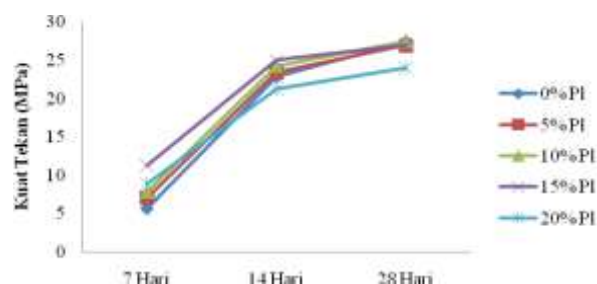
Gambar-14. Grafik kuat tekan geopolimer 8M.

Dilihat dari Gambar-14 kuat tekan pada geopolimer 8M terhadap umur pengujian menunjukkan bahwa hasil kuat tekan tertinggi pada penambahan plastik 15% umur 28 hari sebesar 21,92 MPa. Masih rendah dibanding mortar konvensional.



Gambar-15. Grafik kuat tekan geopolimer 12M

Dilihat dari Gambar-15 hasil pengujian kuat tekan pada geopolimer 12M terhadap umur pengujian bahwa hasil kuat tekan tertinggi pada penambahan plastik 15% umur 28 hari sebesar 28,24 MPa. Mortar geopolimer 12M memperlihatkan peningkatan mutu kekerasan yang signifikan sejak umur 7 hari menuju 14 hari, akan tetapi melambat ke umur 28 hari.



Gambar-16. Grafik kuat tekan geopolimer 16M.

Pada Gambar-16 kuat tekan menunjukkan hasil kuat tekan yang mirip polanya pada geopolimer 12M, akan tetapi pengaruh penambahan agregat plastik yang tertinggi pada 10% pada umur 28 hari sebesar 27,44 MPa. Dengan terisinya pori agregat plastik dalam beton maka ikatan yang terjadi antar partikel beton menjadi lebih rapat, tebal dan kuat. Pemakaian agregat plastik dengan cara dicairkan dalam adukan beton lebih meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton daripada penambahan dalam bentuk fiber [2].

V. KESIMPULAN

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

1. Kuat tekan yang dihasilkan pada mortar konvensional dan mortar geopolimer didapatkan semakin meningkat dengan bertambahnya umur pengujiannya.
2. Kuat tekan mortar beton tertinggi pada mortar geopolimer 12M dengan penambahan agregat kasar berupa limbah plastik sebanyak 15% pada umur 28 hari dengan dengan hasil kuat tekan sebesar 28,24 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isnawati, 2015. "Pengaruh Penambahan Agregat Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton". Skripsi Sarjana Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- [2] Gandjar Pamudji, Nor Intang, Aan Nurur Rahman, 2008. "Pengaruh Pemakaian Bahan Tambah Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Terik Belah Beton". Jurnal Dinamika Rekayasa, vol. 4, No. 1 Februari 2008 Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.
- [3] Erwin Rommel, 2013. "Pembuatan Beton Ringan dari Agregat Buatan Berbahan Plastik" Jurnal Gamma Vol. 9, No. 1, Universitas Muhammadiyah Malang.
- [4] Deventer, Van, 2005. "The Effect of Aggregate Particle Size on Formation of Geopolymeric Gel".

- [5] Davidovits, Joseph. 2008. *Geopolymer: Chemistry & Applications*. Saint-Quentin: Institut Geopolymere
- [6] Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- [7] Nadiah Thayyarah, 2013. *Buku Pintar Sains dalam Al Qur'an*. Penerbit : Zaman.
- [8] ASTM C33-03. 2003. *Standard Specification for Concrete Aggregates I*
- [9] SNI-03-1750-1990. Mutu dan Cara Uji Agregat Beton. Badan Standarisasi Nasional
- [10] ASTM C109 *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*
- [11] SNI 03-2816-1992. “*Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir untuk Campuran Mortar atau Beton*”.
- [12] ASTM C618 *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete I*
- [13] SNI 03-6827-2002. *Metode Pengujian Waktu Ikut Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*.
- [14] SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- [15] SNI 03-2493-1991. *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Pusjatan-Balitbang Pekerjaan Umum.
- [16] Triwulan, Prasma Wigestika and Januarti Jaya Ekaputri, 2016. “*Addition of Superplasticizer on Geopolymer Concrete*” *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol 11, No.24 ISSN 1819-6608.

