Soerjandani Priantoro Machmoed

Monograf

Sifat dan Kinerja

BETON RINGAN

Berbahan Styrogravel di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

PENERBIT
UWKS PRESS

Soerjandani Priantoro Machmoed

Monograf

Sifat dan Kinerja

BETON RINGAN

Berbahan Styrogravel
di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

UWKSPRESS

Monograf

Sifat dan Kinerja

BETON RINGAN

Berbahan Styrogravel

di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

UWKSPRESS

Soerjandani Priantoro Machmoed

PENERBIT
UWKS PRESS

Monograf
Sifat dan Kinerja
BETON RINGAN
Berbahan Styrogravel di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

ISBN .....

Ukuran buku 21 & 29,7 cm

64 hlm

Cetakan ke -1, Bulan Januari Tahun 2023

Penulis:

Soerjandani Priantoro Machmoed

UWKSPRESS

Editor:

Yudha Popiyanto

Penerbit:

UWKS PRESS

Anggota IKAPI No.206/Anggota Luar Biasa/JTI/2018

Anggota APPTI No.002.071.1.12019

Jl. Dukuh Kupang XXV/54 Surabaya Jawa Timur 60225

Telp. (031) 5677577

Hp. 085745182452 / 081703875858

Email : uwkspress@gmail.com / uwkspress@uwks.ac.id

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, termasuk dengan penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit

KATA PENGANTAR

Styrogravel mempunyai sifat fisik yang ringan dan dapat mengapung diatas air, hal ini terlihat dari berat jenis sebesar 0,197. Selain itu styrogrvel mempunyai tingkat kekerasan yang cukup tinggi dimana hal ini terbukti dengan tingkat keausan sebesar 2,19%, sehingga mempunyai ketahanan yang baik dalam menerima beban. Untuk itu styrogravel mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai aggregat kasar dalam pembuatan komposit beton. Beton styrogravel atau yang disebut dengan Best-G termasuk beton ringan sesuai katagori SNI 2847 – 2019 dan mempunyai rasio berat terhadap beton normal sebesar 0,57, jika disesuaikan dengan besaran beban gempa yang berbanding lurus dengan berat beton maka Best-G dapat mereduksi beban gempa sebesar 43% dari beban gempa pada beton normal. Kandungan styrogravel yang ringan akan membentuk beton ringan dan akan mengurangi kekuatan beton disetiap penambahan styrogravel pada kombinasi agregat kasar pada campuran beton akan mengurangi kekuatan beton dan modulus elastisitasnya. Akan tetapi setiap penambahan styrogravel pada kombinasi agregat kasar pada campuran beton akan menambah rasio kuat tarik terhadap kuat tekan beton sehingga beton styrogravel mempunyai kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal (konvensional). Sedangkan ketahanan terhadap temperatur tinggi mengakibatkan kerikil styrogravel mengalami pemuaian yang dapat menekan mortar beton.

Walaupun dari kekuatan bahwa beton styrogravel mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional akan tetapi jika ditinjau dari dari berat jenis yang lebih ringan maka akan mengurangi berat sendirinya sehingga jika diproyeksikan sebagai struktur maka hanya memperhatikan beban luar yang dipikulnya saja. Jika ditinjau dari rasio kuat tarik yang cukup tinggi hal ini sangat mendukung untuk menerima beban-beban tarik yang terjadi pada elemen dan apabila ditinjau dari daktilitas regangan dan elastisitas tinggi, material ini sangat potensi untuk menerima beban dengan fungsi waktu lama sebelum mengalami kehancuran.

Beberapa saran yang perlu mendapatkan perhatian adalah perlu dipertimbangkan untuk mengutamakan penggunaan faktor air standar beton normal dalam menjaga kekentalan campuran dari pada menjaga nilai slump untuk campuran beton yang mnggunakan styrogravel dan Diperlukan reaksi dengan pasir saat masih berupa gel dan pelapisan dengan pasta atau mortar saat berupa styrogravel untuk membantu mempercepat terjadinya lekatan permukaan saat proses.

Surabaya, Januari 2023

Soerjandani Priantoro Machmoed

UWKPRESS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vi
DAFTAR TABEL viii

BAB I 1
Konsep Dasar, Nilai Kebaharuan, Tujuan dan Manfaat Dasar Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5
A. Konsep Dasar Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 1
B. Nilai Kebaruan Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 5
C. Tujuan dan Manfaat Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 6

BAB II 8
Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 sebagai Metode Pemecahan Masalah
A. Uraian Kegiatan Proses Pembuatan Campuran Beton Ringan Berbahan Styrogravel 8
B. Standar Pengujian Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 12
C. Diagram Alir Proses Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 13

BAB III 15
Teori dan Data Kinerja Beton Konvensional Dan Beton Ringan Styrogravel (Best_G)
A. Beton dan Bahan Pembentuknya. 15
B. Bahan Lain yang Mempengaruhi Kinerja Beton 17
C. Polistyren yang Dapat Diperluas (EPS). 18
D. EPS sebagai Bahan Campuran Beton. 20
E. Styrogravel. 23
F. Beton Styrogravel (Best-G). 27
G. Hasil Pengadaan dan Pengujian Material. 28
H. Hasil Perancangan Campuran (Mix Design) dan Identifikasi Benda Uji. 38
I. Pencampuran dan Pengujian Slump. 40
J. Pencetakan dan Perawatan Benda Uji. 42
K. Hasil Pengujian dan Kinerja Beton. 43

BAB IV 59
Kesimpulan dan Saran Terkait Beton Ringan Best-G Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5
A. Kesimpulan 59
B. Saran 60

DAFTAR PUSTAKA 61

BIOGRAFI PENULIS 64

UWKSPRESS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Styrogravel dan Kerikil dengan Ukuran yang Sama 4
Gambar 1.2. Styrogravel Multidimensi dan Kerikil Alam 4
Gambar 2.1. Gasoline dan EPS 17
Gambar 2.3.Styrogel 18
Gambar 2.4. Styrogravel 19
Gambar 2.5. Perbandingan Kehancuran Kerikil dan Styrogravel Saat Menerima Beban Maksimal 19
Gambar 2.6. Perbandingan Berat Jenis Styrogravel dan Kerikil. 20
Gambar 3.1. Standarisasi Hasil Slump. 23
Gambar 3.3. Contoh Rencana Setting Alat dan Sampel untuk Uji Tarik Belah. 24
Gambar 3.4. Contoh Rencana Setting Alat dan Sampel untuk Uji Modulus Elastisitas. 24
Gambar 3.5. Diagram Alir Pembuatan Beton Styrogravel. 27
Gambar 4.1 Pengadaan EPS. 29
Gambar 4.2. Material styrogravel hasil modifikasi EPS, (a) pembuatan styrogravel, (b) pembentukan styrogravel,(c) dan (d) material styrogravel. 30
Gambar 4.3 Material Penelitian (a) Pasir, (b) Kerikil, (c) Semen. 31
Gambar 4.4. Grafik Nilai Konsistensi Semen 34
Gambar 4.5. Grafik Analisa Saringan Pasir. 35
Gambar 4.6. Grafik Gradasi Kerikil. 36
Gambar 4.7. Pengujian pH Air Isi Ulang Kertas Lakmus. 37
Gambar 4.8. Grafik Gradasi Styrogravel 38
Gambar 4.9. Proses Pengecoran (mixing). 42
Gambar 4.10 Pengujian Atau Pengukuran Nilai Slump. 42
Gambar 4.11 Pembuatan Benda Uji. 43
Gambar 4.12 Perawatan Benda Uji Di Lingkungan Normal (air tawar). 44
Gambar 4.13.Uji Tekan Pada Benda Uji. 44
Gambar 4.14. Kinerja Beton 100KN05. 45
Gambar 4.15. Kinerja Beton 75KN05 45
Gambar 4.16. Kinerja Beton 50KN05 46
Gambar 4.17. Kinerja Beton 25KN05 46
Gambar 4.18. Kinerja Beton 100SN05 47
Gambar 4.19. Perbandingan Kuat Tekan Benda Uji. 47
Gambar 4.20. Perbedaan Lekatan antar Permukaan Kerikil dan Styrogravel. 48
Gambar 4.21. Lekatan Styrogravel Dengan Pasta atau Mortar dalam Uji Tekan pada Umur 28 hari. 48
Gambar 4.22. Pola Kehancuran (a) Beton Normal dan (b) Beton yang Mengandung Styrogravel. 49
Gambar 4.23. Grafik Kuat Tekan dan Bentuk Kehancuran Beton Normal. 50
Gambar 4.24. Grafik Kuat Tekan dan Bentuk Kehancuran Beton yang Mengandung Styrogravel. 50
Gambar 4.25. Uji Tarik Belah Benda Uji. 52
Gambar 4.26. Lekatan styrogravel dalam uji tarik pada umur lebih lama (28 hari) 52
Gambar 4.27. Perbandingan Kuat Tarik Split (Belah) Masing-Masing Benda Uji. 52

UWKSPRESS

Gambar 4.28.Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Split (Belah) Masing-Masing Benda Uji. 53
Gambar 4.29. Pola Kehancuran Tarik Beton Normal. 53
Gambar 4.30. Pola Kehancuran Beton yang Mengandung Styrogravel. 54
Gambar 4.31. Uji Modulus Elastisitas 54
Gambar 4.32. Nilai Modulus Elastisits Setiap Kombinasi Campuran Beton. 55
Gambar 4.33. Perbandingan Berat Jenis Masing-Masing Campuran. 56
Gambar 4.33. Uji Ketahanan Terhadap Kebakaran 57
Gambar 4.34. Bentuk Benda Uji Pasca Kebakaran 57

UWKSPRESS

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Bentuk Pemanfaatan EPS dalam Campuran Beton 5
Tabel 3.1. Matrik Jumlah Benda Uji 22
Tabel 3.2. Standar Pengujian 25
Tabel 4.1. Kandungan Senyawa Kimia Semen Portland dan Persyaratannya. 32
Tabel 4.2. Analisa Fisika Semen Portland dan Persyaratannya. 33
Tabel 4.3. Analisa Saringan Pasir 34
Tabel 4.4. Analisa Fisik Pasir Lainnya 35
Tabel 4.5 Analisa Saringan Kerikil 36
Tabel 4.6 Analisa Fisik Lainnya 37
Tabel 4.7. Analisa Saringan Styrogravel 38
Tabel 4.8 Analisa Fisik Styrogravel Lainnya 39
Tabel 4.9 Mix Design Campuran Beton. 40
Tabel 4.10 Perbandingan Komposisi Campuran Beton 40

UWKSPRESS

BAB I

Konsep Dasar, Nilai Kebaharuan, Tujuan dan Manfaat Dasar Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

A. Konsep Dasar Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

Beton merupakan bahan komposit yang diperoleh dengan mencampurkan berbagai macam bahan dasar seperti aggregat halus (pasir), aggregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidraulis lainnya yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain. Semen dan air berperan sebagai pengikat sedangkan pasir dan kerikil berperan sebagai bahan pengisi (filler) (Callister William D,Jr, 1985). Kerikil merupakan sebgaian besar campuran beton dengan komposisi hampir 70% dari total volume campuran beton (Zaniewski,J, 2011) sehingga kerikil mempunyai peran yang cukup signifikan dalam mendukung kinerja beton.

Di Indonesia, beton saat ini masih menjadi pilihan utama untuk material konstruksi gedung, jembatan, dermaga, bendungan, tangki dan juga pondasi. Hal ini disebabkan bahwa beton merupakan bahan konstruksi yang murah dan material pembentuk beton masih relatif mudah diperoleh, mengingat sumber daya alam di negara kita masih cukup, mudah dibentuk sesuai keinginan pada saat beton masih segar, tahan terhadap temperature tinggi. Disamping itu beberapa keunggulan lain dari penggunaan beton sebagai material konstruksi antara lain mempunyai kekuatan yang tinggi dalam menahan gaya-gaya yang bekerja dikarenakan mempunyai gaya perlawanan (beban normal) yang besar akibat berat sendirinya (Machmoed S.P dkk, 2017) .

Akan tetapi beton mempunyai permasalahan yang cukup signifikan dalam mendukung kinerjanya berupa beberapa kelemahan yang tidak bisa dihindari seperti getas, kuat tarik yang rendah, berat jenis yang besar, mempunyai momen inersia yang cukup besar, dalam pembentukannya di lapangan memerlukan bahan cetakan (bekisting) dan memerlukan tenaga kerja yang cukup banyak serta membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan strength yang memenuhi. Berat jenis yang besar berdampak pada berat beton menjadi besar pula dan sifat bahan pembentuk juga akan mempengaruhi sifat komposit yg terbentuk. Permasalahan lainnya yang berhubungan dengan kerikil sebagai material pembentuk beton dimana seluruhnya melalui ekploitasi

UWKSPRESS

sumber daya alam, sehingga lambat laun akan mengganggu keseimbangan lingkungan. Dari uraian diatas bahwa permasalahan yang paling utama pada beton adalah sifatnya yang getas, kuat tarik yang rendah dan berat jenis yang besar, hal ini yang perlu dicarikan solusinya untuk mereduksi kelemahan beton tersebut. Berhubung sifat-sifat material komposit merupakan turunan dari sifat-sifat material pembentuknya maka pada komposit beton material dominan adalah kerikil seeprti yang telah disampaikan pada rujukan diatas, maka secara umum sifat yang dimiliki kerikil akan mendominasi sifat-sifat beton. Untuk mereduksi kelemahan dari sifat beton tersebut dan mengingat material pembentuk beton yang paling dominan adalah kerikil maka material ini yang perlu dilakukan subsitusi dengan material yang juga mempunyai fungsi sebagai pengganti dari kerikil alam dengan mengubah kelemahan yang terjadi pada kerikil alam seperti getas, berat jenis yang besar dan kuat tarik yang rendah menjadi bersifat elastis, ulet, berat jenis yang ringan dan mempunyai kuat tarik yang tinggi sehingga menyempurnakan sifat-sifat komposit beton menjadi sebuah kekuatan yang optimum.

Upaya untuk mendapatkan kerikil yang mempunyai sifat elastis, ringan dan mempunyai kekuatan tarik yang baik dengan tidak menggunakan bahan alam menjadi dasar untuk menggunakan agregat yang terbarukan dari bahan limbah tetapi mampu meningkatkan kinerja beton dengan merubah kelemahannya menjadi kekuatan. Bahan limbah yang digunakan untuk tujuan diatas adalah polistyren yang dapat diperluas (Expendable Polisyteren/EPS) dengan melakukan modifikasi sifat fisik dan mekanisnya melalui reaksi kimia sederhana sehingga dapat diproduksi massal dan dapat dikerjakan secara tradisional maupun modern dengan menggunakan teknologi tepat guna.

Permasalahan yang dominan dengan penggunaan EPS ini adalah berhubungan dengan kesimbangan lingkungan berupa kapasitas harian limbah habis pakai dari rumah tangga yang berbahan EPS terutama yang berbentuk busa padat atau gabus yang bahan dasarnya melibatkan Cloro Flouro Carbon (CFC). Bahan ini termasuk yang sulit diuraikan oleh alam sehingga perlu dilakukan tindakan berupa pengurangan, daur ulang atau pemanfaatkan kembali.

UWKSPRESS

EPS mempunyai beberapa kelebihan seperti ringan, absorber yang baik, isolator yang baik, ulet, durable terhadap pengaruh cuaca dan lingkungan aggresif dan reactible dengan senyawa metana dan alkana sehingga dapat membentuk senyawa lain disamping mempunyai kelemahan berupa sulit diuraikan oleh alam. EPS merupakan bahan yang sering dijumpai sebagai bahan pembungkus atau pengaman (packaging) sebuah produk karena EPS mempunyai sifatnya mampu meredam getaran atau tumbukan dengan benda lainnya (absorber), ringan, ulet dan dapat melindungi dari pengaruh cuaca luar (isolator) dan lingkungan agresif dan reactible dengan senyawa metana dan alkana sehingga dapat membentuk senyawa lain. Akan tetapi pasca penggunaannya EPS dianggap sebagai limbah yang sulit diuraikan oleh alam. Untuk itu sebagai salah satu solusi permasalahan EPS setelah penggunaannya perlu dilakukan inovasi untuk memanfaatkannya dalam jangka panjang.

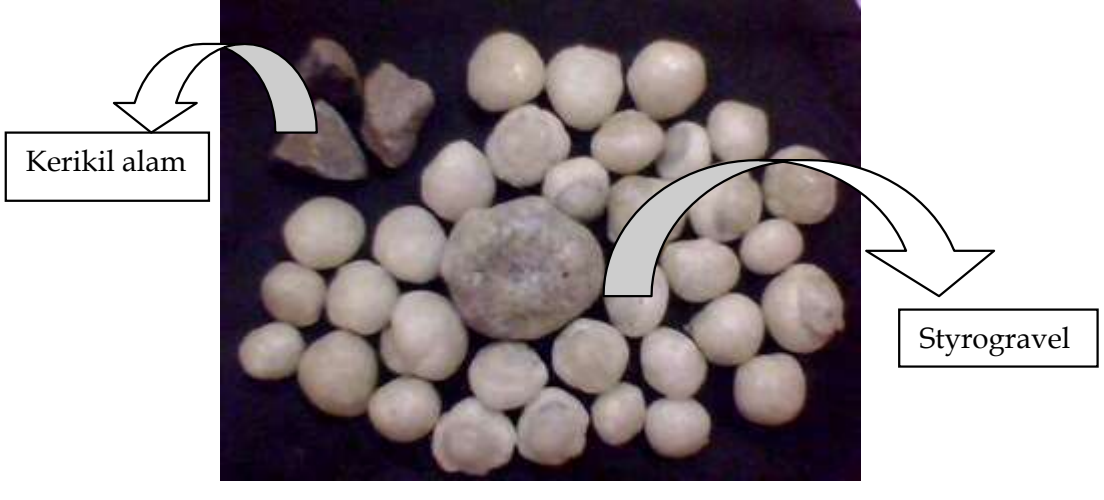
Hal ini yang mendorong untuk mengadakan penelitian ini, sebenarnya telah banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan EPS sebagai bahan campuran beton, bata dinding, batako bahkan sebagai campuran bahan jalan akan tetapi dari simpulan yang diperoleh bahwa sisi positif dari penggunaan EPS hanya dapat mengurangi berat beton sedangkan kinerja beton yang menggunakan campuran EPS bertambah turun. Sebenarnya jika dilihat dari beberapa sifat EPS seperti tersebut diatas dan ditambah lagi yang mudah bereaksi (reactable) dengan senyawa metana dan alkana dan membentuk senyawa lain merupakan sebuah potensi untuk meng-upgrade lagi kelebihan EPS walaupun harus melalui proses modifikasi. Hal ini yang perlu digali lebih jauh potensi EPS untuk dijadikan sebagai bahan campuran beton terutama sebagai pengganti atau substituen kerikil alam. Sedangkan yang diteliti adalah memanfaatkan limbah EPS yang diolah terlebih dahulu menjadi kerikil styro (styrogravel) dengan memanfaatkan salah satu sifatnya yang reactiable dengan senyawa alkana maupun metana untuk dijadikan sebagai kerikil pada campuran komposit beton sehingga diharapkan luarannya berupa produk beton ringan, elastis, mempunyai kuat tarik yang tinggi dan tentunya lebih tahan terhadap gaya gempa yang kemudian dinamakan oleh Penulis dengan Beton Styrogravel yang disingkat menjadi Best-G. Hal-hal tersebut yang

UWKSPRESS

melatar belakangi untuk menjadikan styrogravel sebagai substitusi kerikil alam melalui analisa eksperimental guna mengungkap gejala perubahan kemampuan makanis beton akibat pengaruh penggunaan styrogravel sebagai substitusi atau variasi kerikil pada campuran beton.

Bentuk styrogravel sebagai calon pengganti kerikil alam hasil modifikasi dari EPS melalui reaksi kimia seperti pada Gambar 1.1 dan 1.2.

Gambar 1.1. Styrogravel dan Kerikil dengan Ukuran yang Sama (Machmoed S.P. dkk, 2015a)



Gambar 1.2. Styrogravel Multidimensi dan Kerikil Alam (Machmoed S.P. dkk, 2015a)

Dari beberapa permasalahan diatas, hal yang perlu diungkap untuk mengetahui sifat, prilaku dan kinerja pada kerikil styro (styrogravel) dan beton ringan berbahan sryrogravel (Best-G) melalui studi eksperimental antara lain:

1. Sifat-sifat fisik, mekanis dan ketahanan material styrogravel;
2. Sifat-sifat fisik dan mekanis beton ringan styrogravel;
3. Hubungan antara prosentase styrogravel dengan kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas;
4. Ketahanan terhadap suhu tinggi.

B. Nilai Kebaruan Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

Beberapa peneliti dan inventor beton ringan yang menggunakan EPS sebagai bahan pembentuk beton ringan seperti pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Bentuk Pemanfaatan EPS dalam Campuran Beton.

No.	Peneliti/Inventor	Tahun	Bentuk Pemanfaatan EPS
1.	Naumejko A.V	2004	Butiran
2.	Musana dkk	2004	Kubus 1 cm x 1 cm x 1 cm
3.	Rakhmanov V.A	2006	Butiran
4.	Yusuf M dkk	2007	Pecahan
5.	I.B.Dharma Giri dkk	2008	Butiran
6.	Thuan Bui	2009	Butiran ¼" – ½"
7.	Tricia Guevara	2010	Butiraan 0,2 – 0,8 mm
8.	Suciarsa dkk	2010	Parut

UWKSPRESS

Dari data diatas menunjukkan bahwa para inventor atau peneliti yang memanfaatkan EPS sebagai campuran bahan komposit beton menggunakan butiran (puff) atau pecahan EPS tanpa melalui modifikasi atau pengolahan lanjutan. Sedangkan beton styroravel (Best-G) merupakan beton yang menggunakan EPS yang dimodifikasi

melalui pengelolaan lanjutan berupa proses reaksi kimia yang menghasilkan kerikil ringan, keras dan daktail.

Sehingga nilai kebaruan pada invensi ini adalah belum adanya produk tentang modifikasi dari EPS sebagai limbah (weakness) menjadi kerikil styro atau styrogravel sebagai potensi (strenght) yang berpeluang (opportunity) untuk dijadikan sebagai bahan campuran beton terutama sebagai substitusi kerikil, dimana material kerikil yang digunakan untuk campuran beton ini merupakan modifikasi EPS melalui reaksi kimia dengan senyawa alkana dan metana yang menghasilkan kerikil styro atau styrogravel. Styrogravel ini mempunyai ukuran lebih besar dibandingkan butiran-butiran pada EPS yang dapat dibentuk menyerupai kerikil alam secara dimensional sesuai keinginan dan mempunyai kuat tekan yang cukup baik, ulet, daktail, tidak hancur walaupun mendapatkan beban maksimal, sehingga styrogravel dapat dijadikan sebagai bahan pengganti kerikil (substituen). Pada kerikil styro dapat dilakukan pelapisan secara langsung untuk pada saat pencampuran dengan pasta atau mortal maupun secara tidak langsung ini bertujuan untuk lebih memperkuat lekatan antar permukaan antara aggregat dengan mortar pada beton. Disamping itu pembuatan kerikil styro ini untuk meningkatkan sifat fisik aggregat pada invensi yang ada sebelumnya menjadi lebih keras dan mempunyai kuat tekan yang cukup baik, ulet, daktail, ringan serta tidak hancur walaupun mendapatkan beban maksimal. Sehingga styrogravel dapat dijadikan sebagai bahan pengganti kerikil (substituen) yang dapat meningkatkan kinerja beton dibandingkan dengan invensi beton sebelumnya dan beton normal (konvensional). Dengan adanya beton styrogavel ini diharapkan memperoleh beton ringan yang berkinerja baik, ramah lingkungan dan tahan gempa untuk digunakan sebagai struktur bangunan (green materials).

UNYSPRESS

C. Tujuan dan Manfaat Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

Produk dan invensi beton styrogravel (Best-G) mempunyai tujuan dan manfaat bagi seluruh pemangku kepentingan mulai dari sektor hulu yaitu produsen polistyren,

masyarakat yaitu pengguna bahan polistyren, pemangku kebijakan lingkungan hingga sektor hilir bagi masyarakat industri material dan teknologi beton.

Tujuan umum dari produk dan invensi ini berkaitan dengan isu lingkungan yang sebagai dampak dari penggunaan bahan polistyren dimana adanya produk limbah yang setiap tahun terus bertambah dan sulit diuraikan oleh alam terutama limbah yang berasal dari bahan anorganik hasil proses kimia seperti platik, EPS, ditergent, kertas dan lainnya perlu dilakukan kebijakan 3R (Reuse, Recycle dan Reduce) guna mengurangi beban lingkungan. Untuk itu tujuan umum dari penelitian ini adalah minimal untuk melaksanakan dua kebijakan antara lain :

1. Recycle, merubah limbah EPS menjadi material yang bermanfaat bagi manusia melalui modifikasi,
2. Reduce, mengurangi pengaruh negatif limbah EPS.

Disamping itu fungsi recycle tersebut akan difokuskan menjadi material bahan konstruksi sehingga diperoleh material alternatif masa depan.

Sedangkan tujuan khusus dari produk dan invensi ini adalah untuk memperoleh material pengganti kerikil (aggregat kasar) pada campuran beton dan material bangunan (beton) yang ringan tetapi berpotensi meningkatkan kinerja beton.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan material inovatif dalam dunia beton;
2. Sebagai salah satu pengembangan ilmu teknologi beton terkait material masa depan sehingga dapat dijadikan bahan referensi pembelajaran ilmu material;
3. Dapat dijadikan material alternatif sebagai bahan bangunan yang dapat diaplikasikan dalam dunia konstruksi baik dalam perencanaan maupun pelaksanaan terutama untuk bangunan tahan gempa;
4. Sebagai produk unggulan untuk mendapatkan material terbarukan berbahan limbah.

UWKSPRESS

BAB II

Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5 sebagai Metode Pemecahan Masalah

Untuk memecahkan permasalahan terutama kelemahan kinerja (weakness) pada beton konvensional yang nantinya akan ditingkatkan untuk menjadi kekuatan (strength) melalui substitusi kerikil styrogravel menjadi beton ringan maka proses pembuatan campuran beton ringan berbahan styrogravel ini yang dikondisikan di lingkungan normal dengan menggunakan faktor air semen 0,5 melalui beberapa uraian kegiatan, standarisasi dan alur pengujian sebagai berikut :

A. Uraian Kegiatan proses pembuatan campuran beton ringan berbahan styrogravel

1. Pengadaan Material
   a. Aggregat halus atau pasir berasal dari hulu atau pengunungan
   b. Aggregate kasar hasil pemecahan mekanis.
   c. Styrogravel berasal proses reaksi EPS dengan gasolin
   d. Air menggunakan air isi ulang untuk menjaga netralitas pH
   e. Semen dalam penelitian ini dipakai portland semen produksi PT.Semen Gresik Tbk, type I yang sesuai dengan standar ASTM C 150-2002a.
2. Pengujian Material dan Pasta Segar.

Untuk pengujian material secara phisik seperti berat jenis semen menggunakan standar ASTM C188, aggregate halus dan kasar sesuai dengan standar yang berlaku dalam ASTM 2003.

Sedangkan pengujian pasta di titik beratkan pada pengujian konsistensi normal sesuai dengan standar ASTM 187-1998 dan setting time semen sesuai dengan standart ASTM 191-2001a.

3. Rancangan Campuran (Mix design) dan Identifikasi Benda Uji.

Untuk rancangan campuran menggunakan metode DOE dengan prosentase 0% (beton normal),25% 50%,75% dan 100% styrogravel, dari berat kerikil dengan menggunakan nilai faktor air semen sebesar 0.5.

UNKSPRESS

4. Sedangkan Bentuk dan Jumlah Benda Uji (sampel)

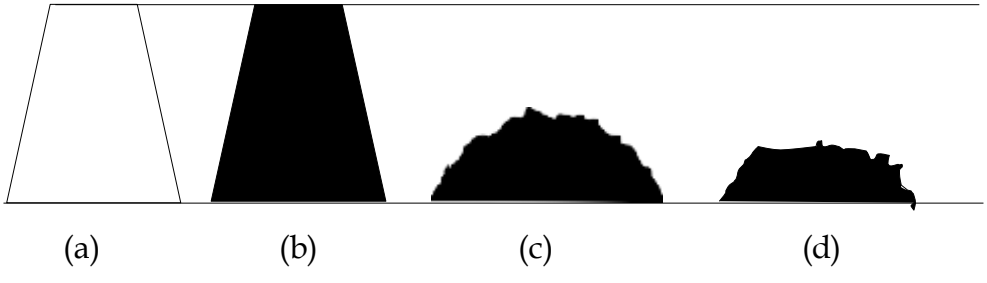
Tabel 2.1. Matrik Jumlah Benda Uji :

Bentuk Benda Uji			Jumlah	Jumlah	Jumlah	Pengujian			
Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Prosentase campuran	FAS	Umur Uji	Kuat Tekan	Kuat Tarik Split	Modulus Elastisitas	Porositas
Lingkungan Normal									
200	100		5	2	5	3	3	3	3
Jumlah						150	30	30	30
Temperatur Tinggi									
200	100		5	2	1	3	3	3	3
Jumlah						30	30	30	30

5. Pencampuran dan Pengujian Slump.

Proses pencampuran bahan-bahan pembentuk beton dilakukan setelah diperoleh rancangan campuran (mix design) dengan takaran yang sesuai dengan jumlah kebutuhan benda uji untuk menjamin tidak terjadi kelebihan kapasitas campuran. Proses pencampuran ini dilakukan hingga seluruh bahan bercampur rata dengan menggunakan mesin pencampur (mixer) kapasitas 0,5 m^3dengan kecepatan 0,5 – 0,75 rpm.

Untuk pengujian slump dimana beton segar yang dicetak dengan menggunakan kerucut Abrams (a) dan apabila ketinggiannya sama dengan tinggi cetakan (b) maka kondisi ini tidak sesuai dengan standar. Kondisi yang sama Demikian pula jika beton segar mempunyai ketinggian lebih kecil dari 50% tinggi cetakan (d). Sedangkan hasil yang memenuhi standar slump adalah beton segar yang mempunyai ketinggian lebih kurang lebih sama dengan 50% tinggi cetakan (c). Pengujian ini disesuaikan dengan standar ASTM C143/C143M seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Standarisasi Hasil Slump.

UWKSPRESS

6. Pencetakan dan Perawatan Benda Uji

Pencetakan benda uji dilakukan dengan menggunakan alat cetak silinder berdimensi diameter 100 mm dengan tinggi 200 mm untuk pengujian tekan dan tarik dengan jumlah sesuai dengan Tabel 2.1. Sedangkan untuk pengujian modulus elastisitas menggunakan alat cetak silinder berdimensi diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm untuk menyesuaikan dengan alat modulus. Untuk proses perawatan beton dilakukan di lingkungan normal dengan sistem rendaman dan menggunakan air tawar (PDAM) selama umur pegujian maksimal 28 hari.

7. Pengujian Beton Keras

a. Pengujian Kuat Tekan

Untuk uji kuat tekan beton sesuai standart ASTM C 39/C39M dengan menggunakan mesin tekan berkapasitas 200 ton dimana sampel diuji pada umur 3,7,14, 21 dan 28 hari. Pengaturan pengujian benda uji pada mesin tekan seperti pada Gambar **2.2.** Dari pengujian ini akan dihasilkan grafik tegangan – regangan yang menunjukkan kinerja dari beton styrogravel.

UWKSPRESS

Gambar 2.2. Contoh Rencana Setting Alat dan Sampel untuk Uji Tekan.

b. Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk uji kuat tarik belah sesuai dengan standart ASTM C 496 – 96 dengan menggunakan mesin tekan berkapasitas 200 ton dimana, sampel di uji pada umur 28

hari. Pengaturan pengujian benda uji pada mesin tekan seperti pada Gambar 2.3. Dari pengujian ini akan dihasilkan nilai kekuatan tarik belah dari beton styrogravel.

Gambar 2.3. Contoh Rencana Setting Alat dan Sampel untuk Uji Tarik Belah.

c. Pengujian Modulus Elastisitas

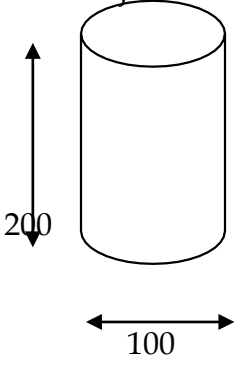
Untuk uji modulus elastisitas sesuai dengan standart ASTM C469. dengan menggunakan mesin tekan berkapasitas 200 ton dimana pengaturan pengujian benda uji dengan menggunakan alat pengukur modulus pada mesin tekan seperti pada Gambar 2.4. Dari pengujian ini akan diperoleh nilai elastisitas pada beton styrogravel.

UWKSPRESS

Gambar 2.4. Contoh Rencana Setting Alat dan Sampel untuk Uji Modulus Elastisitas.

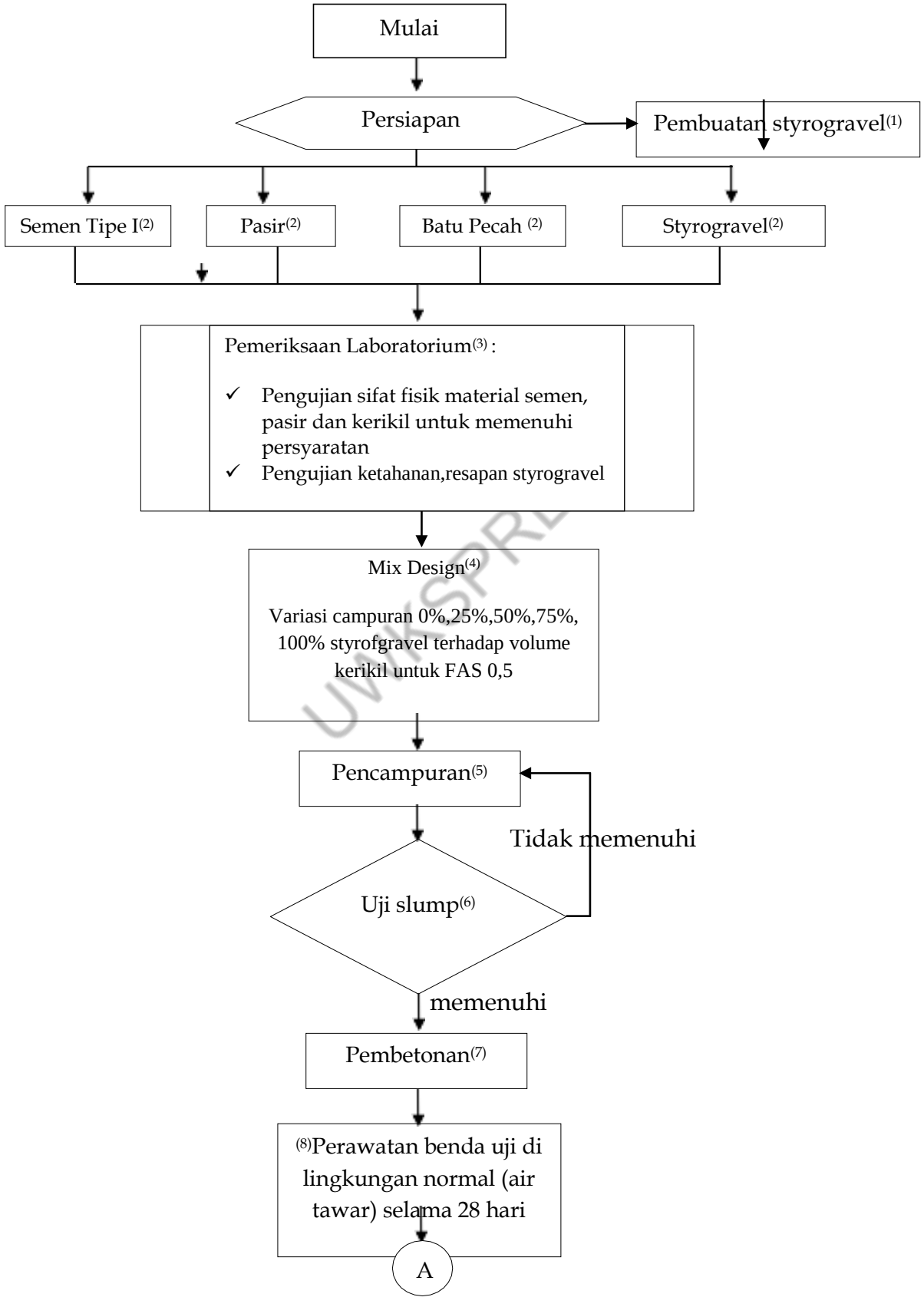
B. Standar Pengujian Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

Tabel 2.2. Standar Pengujian

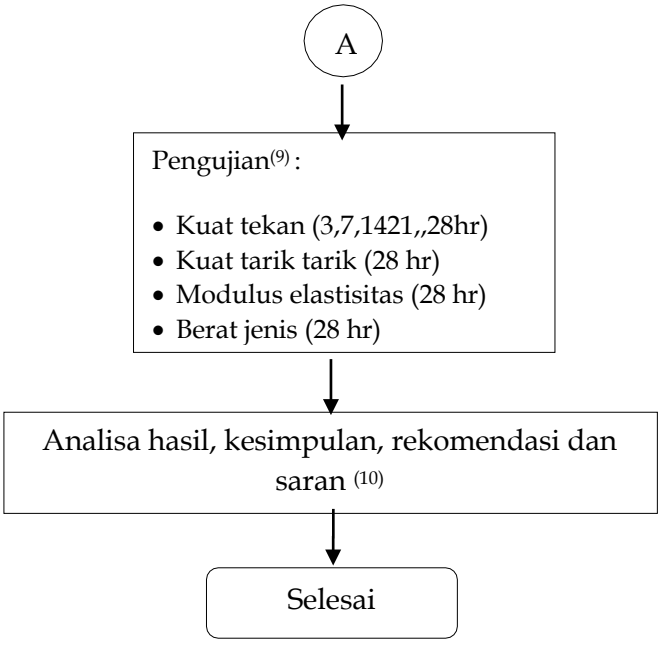
Material	Jenis pengujian	Standar
Semen	Berat jenis	ASTM C188
	Analisa fisik dan kimia lainnya	Brosur dari PT. Semen Gresik.Tbk
Pasir	Analisa Saringan	ASTM C136
	Berat Jenis	ASTM C128
	Air Resapan	ASTM C128
	Berat Volume	ASTM C29
	Kebersihan thd Organik	ASTM C40
	Kebersihan Thd Lumpur dgn Cara Kering	ASTM C117
Kerikil	Analisa Gradasi	ASTM C136
	Berat Jenis	ASTM C128
	Resapan	ASTM C127
	Berat Volume	ASTM C29-
	Keausan	ASTM C131
Air	Pengaruh jenis-jenis garam, kotoran dan lain-lain	Air dapat diminum
Benda uji beton  Cat : satuan dalam mm	Kuat tekan	ASTM C 39/C39M-
	Kuat tarik belah	ASTM C 496
	Porositas	ASTM C 642
	Modulus elastisitas (150/300)	ASTM C 469

UNKSPRESS

C. Diagram Alir Proses Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5



UWKSPRL



Gambar 2.5. Diagram Alir Pembuatan Beton Styrogravel.

UWKSPRESS

BAB III

Teori dan Data Kinerja Beton Konvensional dan Beton Ringan Styrogravel (Best_G)

A. Beton dan Bahan Pembentuknya

Beton merupakan bahan komposit yang merupakan campuran dari semen portland atau semen hidraulis lainnya, aggregate halus, aggregate kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya (ACI 318, 2019). Atau proses pembuatan beton mengalami fase-fase pencampuran seperti fase mortar, aggregate dan void dimana mortar terdiri dari fase pasta yang mempunyai kandungan semen sebesar 7% hingga 15% dari volume, air sebesar 14% hingga 21% dari volume (Zaniewski,J, 2011). Sehingga bahan-bahan pembentuk campuran beton tersebut baik matrik maupun penguatnya harus diperhatikan sifat maupun kandungan yang dimilikinya, hal ini sehubungan dengan pemanfaatan beton sebagai bahan bangunan terutama sebagai bahan konstruksi struktur.

Di Indonesia, beton merupakan bahan bangunan yang masih banyak dipergunakan sebagai bahan bangunan, hal ini disebabkan bahwa bahan-bahan pembentuk beton masih dengan mudah diperoleh sehingga beton masih cukup prospektif keberadaannya. Contohnya bahan semen, dimana semen merupakan bahan perekat hidraulis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan tambahan atau pembantu berupa gips. Dimana klinker terbuat dari batu kapur ($CaCO_3$, tanah liat dan bahan dasar berkadar besi (Standar Industri Indonesia, 0013-1981). Diamping itu semen memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat dan disebut semen portland karena setelah mengeras semen mirip dengan batuan portland yang ada di Dorset, Inggris (Wang, C.K and Salmon,C.G, 1998).

UWKSPRESS

Kandungan semen portland terdiri dari :

- Kapur 60% - 67%
- Silika 17% - 25%
- Alumunium 3% - 8%
- Besi 0,5% - 6%
- Magnesium 0,1% - 4%
- Sulfat 1% - 2,75%
- Alkali lain 0,5% - 1%

Sedangkan reaksi kimia yang terjadi pada semen portlan dimana semen portlan mengandung 5 (lima) oksida kimia yaitu : SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO dan MgO dan didalam kiln dengan temperatur 1.350 ^oC terbentuk komponen semen yang terdiri dari

- SiO_2 dengan CaO $\longrightarrow$ $3CaO.SiO_2$ $\longrightarrow$ C_3S
- SiO_2 dengan CaO $\longrightarrow$ $2CaO.SiO_2$ $\longrightarrow$ C_2S
- Al_2O_3 dengan CaO $\longrightarrow$ $3CaO.Al_2O_3$ $\longrightarrow$ C_3A
- Fe_2O_3 dengan CaO $\longrightarrow$ $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ $\longrightarrow$ C_4AF

Semen portlan dengan air akan terhidrat dan membentuk beton keras, dimana kekuatan beton akan terus bertambah dari umur 3 hari, 7 hari, 28 hari, 6 bulan, 1 tahun dan reaksi terhidrat akan berhenti dan kekuatan beton tetap tidak bertambah lagi setelah satu tahun. Didalam penelitian ini menggunakan semen portlan jenis I / type I hasil produksi PT.Semen Gresik (Persero) Tbk. Dimana jenis semen ini telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 15-2-49-1994 dan ASTM C 150 – 99a serta yang telah digariskan oleh ACI318-2019.

Disamping semen sebagai bahan pendukung beton, aggregat sebagai bagian bahan beton yang berfungsi sebagai penguat (reinforced) baik dalam bentuk mortar maupun dalam komposit beton. Dari total volume beton, antara 70 – 75 % adalah agregat, karena itu kualitas agregat sangat mempengaruhi kualitas beton misalnya ketahanan beton terhadap pengaruh pembekuan-pencairan, keadaan basah-kering, pemanasan–pendinginan dan abarasi– kerusakan akibat reaksi kimia (Zaniewski,J, 2011). Untuk menghasilkan beton yang workable, kuat, tahan dan ekonomis diperlukan agregat yang

UWKSPRESS

berkualitas baik. Aggregat merupakan material granular, seperti pasir, gravel, batu pecah, limbah hasil pembakaran besi, yang dipakai bersama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolik atau adukan (ACI 318, 2019). Sehingga berdasarkan ukuran, agregat dapat didefinisikan bahwa agregat halus adalah semua butirannya lolos ayakan 9.5 mm (3/8 “) dan hampir seluruhnya melewati saringan 4,75 mm dan sebagian besar tertahan di saringan no 200 (75 µm), dimana bentuk dan ukuran aggregate sangat berpengaruh pada kekuatan beton.

B. Bahan Lain yang Mempengaruhi Kinerja Beton

Aggregat harus memenuhi syarat seperti yang telah diisyaratkan dalam SII 0052 – 80 dan syarat kekerasan yang diisyaratkan dalam PBI 71 dengan penyesuaian SNI 2847-03-1999 dan SNI 2847-03-2019, selain syarat-syarat tersebut juga perlu disesuaikan dengan syarat mutu menurut ASTM C33-2003 mengenai syarat mutu aggregat kasar dan halus. Di dalam ASTM C33-2003 ada 2 kelompok bahan yang dapat mempengaruhi performa agregat, yaitu kelompok fisik dan kelompok kimiawi. Kelompok fisik menganggu secara mekanis, seperti debu dan kotoran, sedangkan kelompok kimiawi mengganggu reaksi hidrasi maupun ketahanan beton.

UWKSPRESS

Sedangkan kandungan pasir hasil pengujian sebelumnya dari Penulis diperoleh :

- Silika ±87,8 %
- Calcium ±3,79 %
- Besi ±3%
- Magnesium ±2,04%
- Sulfat ±0,17%
- Alkali lain ±2,16%

Termasuk kelompok fisik adalah kotoran dari tanah liat, lumpur atau debu halus dalam jumlah sedikit, kotoran ini tidak dapat dihindari. Namun kotoran yang berkelebihan akan melapisi permukaan aggregat, sehingga mengurangi lekatan pasta semen. Kadar lumpur (atau butir yang lebih kecil dari 75 mikron) maksimum 5 % (PP

PBI, 1971) atau 3% (ASTM C33, 2003) untuk agregat halus, 1 % (PP PBI, 1971.) untuk agregat kasar.

C. Polistyren yang Dapat Diperluas (EPS)

EPS yang juga dikenal dengan "busa polistiren diekstrusi" (istilah generik) adalah salah satu jenis yang paling banyak digunakan saat ini, EPS juga dapat disebut vinlybenzene, ethenyl benzena, cinnamene, phenylethylene. Nama merek "Styrofoam" dimiliki oleh Dow Chemical. Ini diciptakan oleh Ray McIntire selama Perang Dunia II. McIntire berusaha mencari isolator listrik fleksibel ketika ia membuat penemuan yang tidak disengaja. EPS diperkenalkan ke Amerika Serikat pada 1954. Nama merek lain yang kurang dikenal untuk busa polistiren diekstrusi termasuk "Foamular," "Greenguard" dan "Foamcore". Dipasok ke produsen sebagai manik-manik busa kecil, bahan ini serbaguna dapat diproses dan dibentuk agar sesuai dengan berbagai tujuan. Tidak hanya polistiren diterapkan untuk penggunaan seperti EPS, tetapi merupakan komponen kunci dalam napalm, kasus permata CD dan banyak juga dalam kemasan plastik sekali pakai.

UWKSPRESS

EPS mempunyai sifat fisik dan kimia, dimana sifat fisik EPS menurut Robert Mobley dari Fotolia.com sebagai berikut:

Termoplastik

Salah satu sifat utama EPS fisik adalah bersifat termoplastik. Ini berarti bahwa materi adalah padat pada suhu kamar, tapi mengalir sebagai cairan bila dipanaskan hingga titik tertentu. Sebagai cairan, EPS dapat dicetak dalam detail halus. Properti ini membuat mudah untuk memanfaatkan bagi banyak industri dan aplikasi. Penggunaan utama bahan ini saat ini termasuk isolasi, bahan kemasan dan bahan kerajinan.

Ringan dan Peredam Kejut.

EPS adalah material yang sangat ringan. Selain itu merupakan peredam kejut yang sangat baik. Hal ini disebabkan bahwa kandungan EPS 90 persen terdiri dari udara. Hal ini sangat ideal untuk digunakan sebagai bahan kemasan (packaging). Bahan ringan dan

mudah untuk berpindah, namun efektif menyerap benturan dan melindungi produk dari bahaya. Memiliki kepadatan 1050 kg/m3, sedangkan air memiliki massa jenis 1.000 kg/m3. Dengan properti ini,polistiren sedikit lebih padat dari air, tetapi tidak cukup padat untuk tenggelam, jadi semacam "mengapung" di tengah.

Isolator

EPS adalah sebuah isulator yang sangat baik. Bahan yang dapat membatasi perpindahan panas. Dengan demikian, struktur yang terisolasi dengan EPS akan mempertahankan suhunya di dalamnya, tidak terpengaruh dari kondisi di luar.

Higroskopis

EPS dapat menyerap air dengan baik (ehow.com)

Reactable

EPS dapat bereaksi dengan baik senyawa alkana dan metana membentuk senyawa baru dan material baru dengan berat jenis yang tetap.

UWKSPRESS

Sedangkan sifat kimia EPS adalah mempunyai panjang rantai senyawa hidrokarbon dengan kelompok fenol yang melekat pada setiap kelompok karbon lainnya. Biasanya diwakili senyawa kimia sebagai [CH2-CH (Ph)] n dimana Ph adalah fenol dan cincin C6H5. Molekul itu sendiri dianggap polimer, yang merupakan rantai panjang atom melalui pengulangan hubungan banyak monomer (molekul) yang berasal dari minyak bumi. EPS mengandung CFC yang dapat merusak lapisan ozon. Akan tetapi EPS belakangan ini dibuat dari HCFC-22 yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan sebelumnya yaitu CFC-12 dan CFC-22 merupakan gas rumah hijau yang berbahaya bagi lingkungan. EPS akan terurai apabila bereaksi dengan asam (nofoamchicago.com).

D. EPS Sebagai Bahan Campuran Beton.

Beberapa invensi bahan pembentuk komposit beton yang menggunakan campuran EPS yang telah dilakukan dengan memanfaatkan (limbah) EPS dalam bentuk butiran-butiran berbusa sebagai aggregat dimana produk beton polystyren dengan insulasi panas dibuat dari komposisi yang terdiri dari semen portlan 68-70%, butiran-butiran polystyren berbusa 3 – 6 %, material penguat 5 – 12 % (diatas 100%), resin kayu saponifikasi 0,02 – 0,1, bahan tambahan 0,1 – 0,2 dan air. Beton yang mengandung bahan-bahan tersebut diklaim dapat mengurangi berat massal dan konduktivitas panas produk dan mengurangi konsumsi komponen awal. Campuran beton yang menggunakan EPS dalam bentuk butiran-butiran (Naumejko A.V., 2004)

Invensi yang lain dengan beton polystyrene yang mempunyai campuran 50,3-73,5% mineral binder, 1,2-6,6% butiran polystyren berbusa , 0,05-1,2% modifier, dan air dalam jumlah yang seimbang. Dalam campuran tersebut, agregat polistirena berbusa dapat berupa butiran yang memiliki kerapatan lepas 5-20 kg/m3 dan mengikuti komposisi granulometri, vol %/mm: 0-10/10-20, 21-78/5-10, 15- 59/2.5-5, 3-34/1.25-2.5, dan 0-16/0-1.25; sedangkan modifikator dapat berupa campuran bahan pembusa, oligomer penguat, pemercepat pengawetan, dan aditif peliat dengan persentase massa berdasarkan massa total campuran sebagai berikut: 0,05-0,4, 0-0,15, 0- 1,0, 0-1,0; bahan pembusa tersebut dapat berupa surfaktan dari jenis host-murni, PB-2000, PO-1, trietanolamin, natrium lauril sulfat, asam alkilbenzenasulfonat, morpen, resin kayu, atau resin airentraining yang dinetralkan, atau campuran binernya ; oligomer penguat tersebut adalah bubuk kopolimer yang dapat terdispersi kembali atau dispersi berairnya berdasarkan vinil alkohol, akrilat, stirena, etilena, versatate, selulosa eter, atau pati karboksimetilat, atau campuran binernya; akselerator pengawetan tersebut dapat berupa mikrosilika MB-10-01, gelas cair, natrium sulfat, natrium aluminat, kalsium format, karboksimetilkitosan, atau Relaksol; dan aditif plastisisasi tersebut dapat berupa S-3, FOK-M, Mighty, atau Melment, atau campurannya. Agregat polistiren berbusa dapat diwakili oleh limbah bahan penahan panas polistiren berbentuk busa dalam jumlah 5-50% dari total volume agregat, limbah yang dihancurkan tersebut telah mengalami

UWKSPRESS

perlakuan panas dan pembusaan tambahan. Beton yang mempunyai komposisi campuran tersebut diklaim dapat meningkatkan kekuatan material, mengurangi koefisien konduktivitas panas, dan menurunkan biaya (Rakhmanov Viktor Alekseevich et all., 2006)

Pada invensi yang lain menjelaskan bahwa beton struktural ringan yang terdiri dari agregat struktural kasar berukuran antara 1/4" dan 1/2" yang menempati 15% hingga 25% dari total volume beton, agregat ringan non-struktural besar seperti butir-butir pengembangan polistiren memiliki distribusi ukuran tertentu dan jumlah volume tertentu, agregat ringan non-struktural ukuran kecil memiliki distribusi ukuran dan volume spesifik lainnya dan komposisi semen padat yang terdiri dari pengikat semen, pozzolan dan pengisi struktural halus tidak lebih besar dari pasir beton pada ASTM C33 (Thuan Bui, 2009)

UWKSPRESS

Invensi lainnya bahwa dalam komposisi campuran beton ringan yang mengandung 8-20 persen volume semen, 11-50 persen volume pasir, 10-31 persen volume partikel prepuff, 9-40 persen volume agregat kasar, dan 10-22 persen volume air, dimana jumlah komponen yang digunakan tidak melebihi 100 persen volume dengan ukuran partikel prepuff memiliki diameter partikel rata-rata dari 0,2 mm hingga 8 mm, kerapatan curah dari 0,02 g/cc hingga 0,64 g/cc dan rasio aspek dari 1 hingga 3. Nilai Slump yang diukur menurut ASTMC 143 adalah dari 50 mm hingga 200 mm. Setelah dilakukan pengujian menurut ASTM C39 terhadap kekuatan tekan setalah 28 hari, memiliki kuat tekan minimal 9,56 Mpa (Tricia Guevara dkk, 2010)

Sedangkan dari penelitian yang menggunakan Semen (S), Pasir (P), Kerikil (K), Gabus -(G). Campuran yang dicoba terdiri dari SG, SPG, SKG, dan SPKG. Jurnlah gabus yang digunakan divariasikan sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari volume sampel. Dari hasil percobaan ini, belum dijumpai campuran yang memenuhi kriteria beton ringan nonstruktural yaitu beton yang mempunyai kaat tekan 7 MPa dan berat < 800 kg/m3, aksn tetapi dijumpai campuran yang memenuhi kriteria beton ringan struktural yang mempunyai kuat tekan > 17 MPa dan berat < 1800 kg/m3, yaitu campuran SG dengan juadah gabus < 20%. Campuran SG merupakan campuran yang paling ringan,

mempunyai kuat tekan paling tinggi, dan merupakan campuran yang paling kaku/keras. Didapatkan pula bahwa semua jenis campuran mempunyai nilai modulus elastisitas sekitar 5% dari nilai modulus elastisitas beton yang dihitung menurut rumus SNI 03-2847-2002 (Yusuf M dkk, 2007)

Hasil penelitian lain dengan penambahan *EPS* dapat meningkatkan nilai slump. Sedangkan berat satuan dan kuat tarik belah beton menurun secara linier dimana setiap penambahan 10% butiran *EPS* maka akan menurunkan berat satuan dan kuat tarik belah beton berturut-turut 81,08 kg/m3 (4,01%) dan 0,34 MPa (12,19%). Setiap penambahan persentase *EPS* terjadi penurunan kuat tarik lentur dimana penambahan *EPS* 10% terjadi penurunan kuat tarik lentur sebesar 22,67% dan penambahan 20% butiran *EPS* terjadi penurunan kuat tarik lentur sebesar 29,62% terhadap beton tanpa penambahan *EPS*, tetapi pada saat penambahan 30% butiran *EPS* kuat tarik lentur meningkat 1,21% tehadap kuat tarik lentur dengan penambahan 20% butiran *EPS* (I.B.Dharma Giri dkk, 2008)

Jika ditinjau dari permeabilitas beton yang mengandung EPS untuk uji beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur benda uji28 hari dengan komposisi campuran yang digunakan adalah dalam perbandingan berat 1 : 2 : 3 (semen : pasir : kerikil) dan faktor air semen 0,5 sedangkan variasi penambahan EPS adalah 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% terhadap volume campuran, diperoleh hasil bahwa koefisien permeabilitas beton mengalami peningkatan akibat meningkatnya prosentase penambahan butiran EPS dalam campuran beton. Koefisien permeabilitas beton untuk penambahan butiran EPS 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% secara berurutan adalah 2,274x10-9 cm/dt; 4,170x10-9 cm/dt; 7,917x10-9 cm/dt; 17,839x10-9 cm/dt; dan 42,135x10-9 cm/dt. Hubungan antara koefisien permeabilitas prosentase dengan penambahan EPS dalam campuran beton mengikuti garis regresi non linier (I Gusti Ketut Sudipta dan Ketut Sudarsana, 2009)

Dari hasil penelitian lain dimana EPS sebagai bahan campuran beton dapat mengurangi berat jenis beton sebesar 18,5% sampai dengan 26,96% walaupun kuat tekannya mengalami penurunan sebesar 97,73% sampai dengan 99,14%, hal ini berdasarkan pemakaian EPS dengan dimensi 1 cm x 1 cm x 1 cm (Musana,Satyarno,

UNYSPRESS

Kardiyono,2004). Sedangkan campuran beton yang menggunakan EPS parut, hasil pengujian beton ringan dengan komposisi 3%, 3.5% dan 4% dari berat semen dan PFA, diperoleh berat volume beton sebesar 0.87 t/m3, 0.76 t/m3, 0.71 t/m3, kuat tekan beton sebesar 3 MPa, 2.3 MPa, dan 1.7 MPa, kuat tarik beton sebesar 0.30 MPa, 0.20 MPa, dan 0.12 MPa, kuat lentur sebesar 1.05 MPa, 0.97 MPa, dan 0.94 Mpa (Suciarsa,Yuliarsa,2010), Butiran-butiran EPS berbusa yang digunakan pada penelitian atau invensi-invensi tersebut mempunyai sifat elastis dan lunak yang dapat berubah bentuk apabila mendapatkan beban tekan sehingga akan meninggalkan rongga pada beton yang mengakibatkan terjadinya perlemahan ikatan antar permukaan pada bidang kontak antara butiran polystyren dan mortar atau pasta beton. Disamping itu permukaan butiran EPS yang halus akan mempengaruhi lekatan antar permukan antara butiran polystyren dan mortar atau pasta beton. Hal ini sebagai faktor turunnya kekuatan beton yang bahan agregratnya dari butiran EPS.

Dari hasil penelitian-penelitian tersebut diperoleh fakta bahwa EPS tidak dapat meningkatkan kinerja beton akan tetapi dapat mengurangi berat dari beton maupun mortar, untuk itu diperlukan sebuah inovasi dalam bentuk modifikasi dalam bentuk styrogravel untuk memperoleh kinerja beton yang baik.

UWKSPRESS

E. Styrogravel.

Styrogravel atau kerikil styro merupakan nama yang diberikan penulis untuk sebuah invensi berupa produk inovatif dari proses modifikasi EPS melalui reaksi kimia dengan atau tanpa menggunakan pelapisan permukaan secara langusng maupun tidak langsung untuk meningkatkan lekatan antar permukaan dengan material lainnya. Styrogravel ini yang digunakan sebagai substitusi kerikil alam atau sebagai kombinasi dengan kerikil alam untuk campuran beton sehingga menghasilkan beton ringan yang ramah lingkungan dan dapat mereduksi nilai beban gempa

Sedangkan dari studi pendahuluan yang telah dilakukan terhadap styrogravel diperoleh hasil bahwa :

1. Proses pembuatan styrogravel yang diperoleh dengan cara mencampurkan EPS dan gasoline dengan perbandingan 1 lt (gasoline) : 39,25 m3 (EPS) seperti pada Gambar 3.1 dan 3.2 yang menghasilkan styrogel seperti pada Gambar 3.3, sehingga dapat dibentuk seperti kerikil sesuai dengan keinginan seperti bulat, pipih, lonjong, dan lainnya termasuk membentuk kontur permukaan berupa halus maupun kasar seperti pada Gambar 3.4.

Gambar 3.1. Gasoline dan EPS.

Gambar 3.2. Proses Peleburan EPS dengan Gasoline.

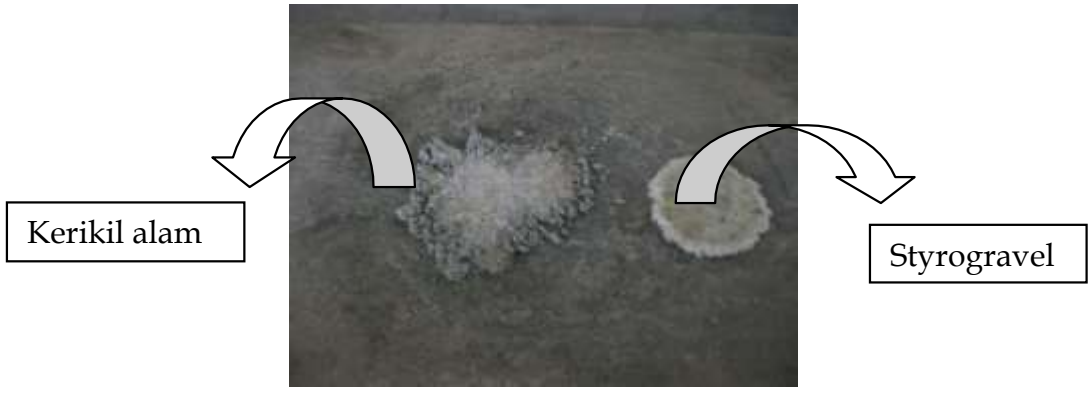
Gambar 3.3. Styrogel.

Gambar 3.4. Styrogravel (Machmoed S.P dkk, 2015a)

Dengan perbandingan ini pula menunjukkan bahwa 1 liter gasoline dapat menguraikan ± 40 m3 EPS yang sulit diuraikan oleh alam dan dapat di-modifikasi menjadi bahan lain yang lebih bermanfaat.

2. Mempunyai ketahanan terhadap tekanan (beban) merata, tidak hancur saat menerima beban maksimum akan tetapi hanya berubah bentuk dan tidak pecah seperti pada Gambar 3.5. Hal ini berbeda dibandingkan dengan sifat kerikil yang hancur saat menerima beban maksimum seperti pada Gambar 3.5, hal ini salah satu indikator bahwa styrogravel mempunyai kuat tarik yang sangat baik.

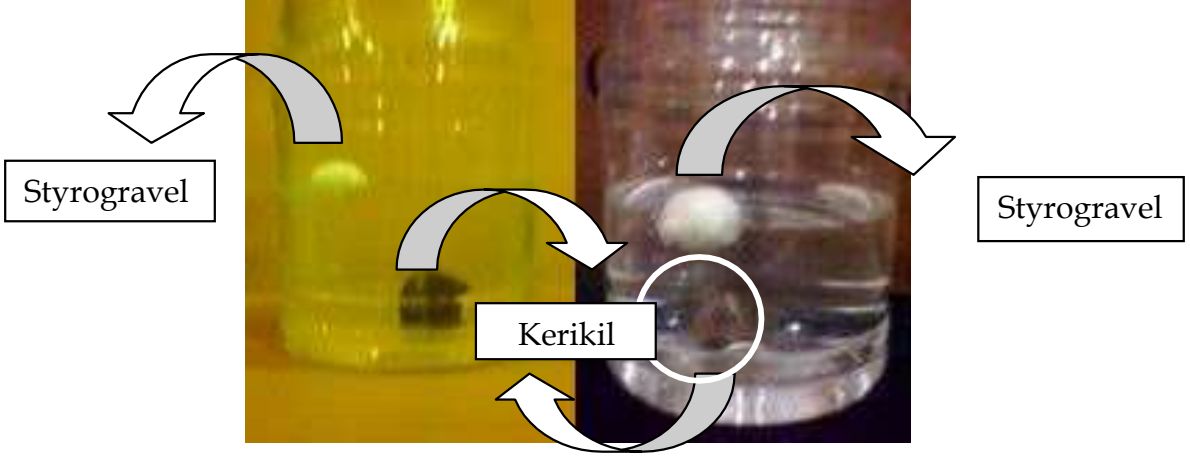
UWKSPRESS



Gambar 3.5. Perbandingan Kehancuran Kerikil dan Styrogravel Saat Menerima Beban Maksimal (Machmoed S.P dkk,2015a).

3. Mempunyai sifat ulet terhadap pengaruh impact (gaya pukul)
4. Mempunyai ketahanan terhadap abrasi, hal ini terkait dengan sifatnya yang ulet dan kuat terhadap gaya tekan
5. Mempunyai ketahanan terhadap serangan kimia atau zat-zat aggresif, hal ini disebabkan karena styrogravel berbahan dasar polistyren yang sulit diuraikan oleh alam.
6. Saat bereaksi dengan gasoline berbentuk jelly dan dapat berfungsi sebagai perekat (glue) seperti oada Gambar 3.3 sehingga dapat mengikat unsur lain seperti pasir dan melekat dipermukaan styrogravel hal ini dapat pula berfungsi sebagai media untuk dapat bereaksi dengan semen sehingga akan diperoleh bonding interfacial yang baik pula.
7. Tidak mempunyai ketahanan terhadap beban tusuk.
8. Mempunyai berat jenis yang lebih ringan daripada air seperti pada Gambar 3.6. Hal ini yang membuktikan bahwa jika styrogravel ini dijadikan sebagai bahan pengganti kerikil pada beton akan dapat mengurangi (mereduksi) berat beton itu sendiri dan hal ini pula yang menunjukkan sebagai salah satu indikator bahan reductor beban gempa dan akan mengurangi resiko pengaruh gempa.

UWKSPRESS



Gambar 3.6. Perbandingan Berat Jenis Styrogravel dan Kerikil (Machmoed S.P dan Khatulistiani U. 2017).

Berdasarkan data dan fakta tersebut merupakan indikator potensi yang dimiliki oleh styrogravel sehingga menimbulkan hipotesa bahwa styyrogravel mampu mereduksi kelemahan dan dapat menggantikan fungsi kerikil dalam campuran beton menjadi lebih ringan, ulet dan mempunyai kinerja yang baik. Hal ini yang memerlukan pembuktian selanjutnya melalui pengujian untuk memecahkan dan menjawab permasalahan ini. Untuk itu dalam roadmap penelitian selain penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang EPS oleh pihak lain dilanjutkan dengan penelitian dengan memanfaatkan turunan EPS yaitu *styrogel* (Machmoed S.P dan Setiawan Samuel A.B, 2012), styrogravel sebagai campuran beton atau Best-G yang ditinjau dari sifat fisik dan mekanisnya (Machmoed S.P dkk, 2015), Styogravel sebagai campuran beton atau Best-G untuk elemen balok (Machmoed S.P dan Khatulistiani U., 2017) hingga styrogravel sebagai campuran beton atau Best-G untuk elemen kolom (Machmoed S.P dan Khatulistiani U., 2018).

UNKSPRESS

F. Beton Styrogravel (Best-G)

Best-G merupakan beton hasil rekayasa dengan metode pencampuran antara material semen, pasir, kerikil dan air sebagai pengikat dimana bahan kerikil alam disubstitusi atau dikombinasi dengan styrogravel yang mempunyai sifat fisik mampu mereduksi kelemahan dari sifat fisik kerikil alam seperti berat jenis yg besar dan getas (Machmoed S.P dkk, 2015a). Proses kombinasi antara kerikil alam dan styrogravel diatur sedemikian rupa mulai dari campuran yang menggunakan 25%, 50% dan 75% styrogravel, sedangkan untuk beton styroravel murni menggunakan 100% kerikil styrogravel.

Beton styrogavel dapat digunakan di lingkungan normal maupun lingkungan agresif yang mengandung senyawa kimia cukup tinggi (Machmoed S.P dkk, 2015b). Sebagai elemen lentur struktur, beton yang mengandung styrogravel mempunyai deformasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan beton konvensional (Machmoed S.P dan Khatulistiani U., 2017). Sedangkan sebagai elemen aksial tekan, beton yang mengandung styrogravel mempunyai nilai daktilitas regangan yang cukup besar saat

menerima beban aksial konsentrik dibandingkan beton konvensional (Machmoed S.P dan Khatulistiani U., 2018).

G. Hasil Pengadaan dan Pengujian Material.

Beberapa hasil yang dicapai dari tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pengadaan Material

Pengadaan bahan EPS berasal dari limbah seperti dalam Gambar 3.7 untuk digunakan kembali dengan cara dilakukan modifikasi malalui proses reaksi kimia.

Gambar 3.7. Pengadaan EPS.

Dari hasil pengadaan EPS, ada dua jenis EPS ditinjau dari kemampuan untuk bereaksi dengan unsur metana yaitu jenis EPS yang mudah bereaksi dan yang sulit bereaksi. Untuk EPS yang mudah bereaksi dengan unsur metana merupakan EPS dari bahan HCFC 22 yang lebih ramah lingkungan, sedangkan EPS yang sulit bereaksi merupakan EPS yang terbuat dari unsur CFC 12 dan CFC 22 yang merupakan EPS seri pertama yang tidak ramah lingkungan. EPS seri kedua yang terbuat dari bahan HCFC 22 yang dapat dimodifikasi menjadi styrogravel melalui sistem peleburan. Sedangkan jika ditinjau dari kerapatan massa EPS, terdiri dari dua jenis yaitu bentuk padat dan lunak, dimana EPS yang berbentuk padat terdiri dari butiran yang lebih kecil dan padat, sedangkan EPS yang lunak terdiri dari butiran besar. EPS padat lebih lama berekasi dengan unsur metana dan hal ini berpengaruh terhadap kecepatan pelaksanaan proses selanjutnya dibandingkan dengan EPS lunak.

Modifikasi EPS melalui peleburan menjadi styrogel dan dilanjutkan dengan pembuatan styrogravel seperti Gambar 3.2 dan 3.3 dan dilakukan proses pengeringan dan pembentukan seperti dalam Gambar 3.8.

(a)

(b)

.(c)

(d)

UWKSP

Gambar 3.8. Material Styrogravel Hasil Modifikasi EPS, (a) Pembuatan Styrogravel, (b) Pembentukan Styrogravel,(c) dan (d) Material Styrogravel.

Dalam proses peleburan EPS memerlukan waktu yang cukup untuk memastikan bahwa EPS telah berubah menjadi styrogel dalam hal ini unsur metan akan bereaksi secara keseluruhan hingga mengikat EPS dan membentuk senyawa baru yang berbentuk styrogel. Jika reaksi antara EPS dengan unsur metana (premium) belum terjadi secara keseluruan akan meninggalkan unsur metana (premium) yang tersisa. Sedangkan pengadaan material lainnya seperti semen, pasir dan kerikil seperti Gambar 3.9.

(a)

(b)

.(c)

Gambar 3.9. Material (a) Pasir, (b) Kerikil, (c) Semen.

UWKSPRESS

2. Hasil Pengujian Material.

Pengujian fisik dan mekanis material pendukung beton untuk mengetahui konstribusi awal terhadap sifat bahan komposit (beton) yang akan dibentuk.

a. Semen

Dalam penelitian ini menggunakan semen tipe I produksi PT.Semen Gresik (Persero) dengan data seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kandungan Senyawa Kimia Semen Portland dan Persyaratannya.

Senyawa Kimia	Kandungan senyawa kimia (%)		
	Semen Gresik	SNI 15-2049-94	ASTM C150-2002a
Silikon dioksida (SiO_2) min.	20.70	-	-
Alumunium oksida (Al_2O_3) maks.	6.20	-	-
Ferri oksida (Fe_2O_3) maks.	3.24	-	-
Kalsium oksida (CaO)	64.16	-	-
Magnesium oksida (MgO) maks.	1.30	5.00	6.00
Belerang oksida (SO_3) maks.	1.98	3.50	3.50
Hilang pijar maks.	1.13	5.00	3.00
Trikalsium silikat (C_3S) maks.	57.70	-	-
Dikalsium silikat (C_2S) maks.	11.15	-	-
Trikalsium aluminat (C_3A) maks.	10.95	-	-
$C_4AF + 2\ C_3A$ maks.	-	-	-

UWKSPRESS

Dari Tabel 3.1. diatas, dapat diketahui bahwa kandungan kimia semen porland produk PT.Semen Gresik (Persero) memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI 15-2049-94 dan ASTM C150.

Tabel 3.2. Analisa Fisika Semen Portland dan Persyaratannya.

Analisa Fisika		Syarat Mutu		
		Semen Gresik	SNI 15-2049-94	ASTM C150-2002a
Kehalusan :				
-. Sisa diatas ayakan 0.09 mm				
% maksimum		2.0	10.00	-
-. Blaine, cm2/gr, minimum		3582.0	2800.00	2800.00
Waktu pengikatan :				
-.Dengan alat vikat :				
Awal,menit,minimum		150.0	45.00	45.00
Akhir,jam,maksimum		5:40"	8.00	6:15"
-.Dengan alat Gillmore :				
Awal,menit,minimum		70.0	60.00	60.00
Awal,jam,maksimum		6:05	10.00	10.00
Kekekalan :				
-.Pemuaian Autoclave,%, maks.		0.039	0.80	0.80
Kekuatan tekan :				
-.3 hari,kg/cm2, minimum		212.0	125.00	120.00
-.7 hari,kg/cm2,minimum		298.0	200.00	190.00
-.28 hari,kg/cm2,minimum		407.0	-	-
Panas hidrasi :				
-.Setelah 7 hari, kal/g, maks.		-	-	
-.Setelah 28 hari,kal/g, maks		-	-	
Pemuaian karena sulfat :			-	
-.Setelah 14 hari, % maks.		-	-	
Pengikatan semu				
-.Penetrasi akhir,%, minimum		83.33	50.00	50.00

UWKSPRESS

Dari Tabel 3.2. diatas, dapat diketahui bahwa analisa fisika semen porland produk PT.Semen Gresik (Persero) memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI 15-2049-94 dan ASTM C150-2002a. Sedangkan berat jenis semen adalah sebesar 3,08 kg/cm^3.

b. Pasir

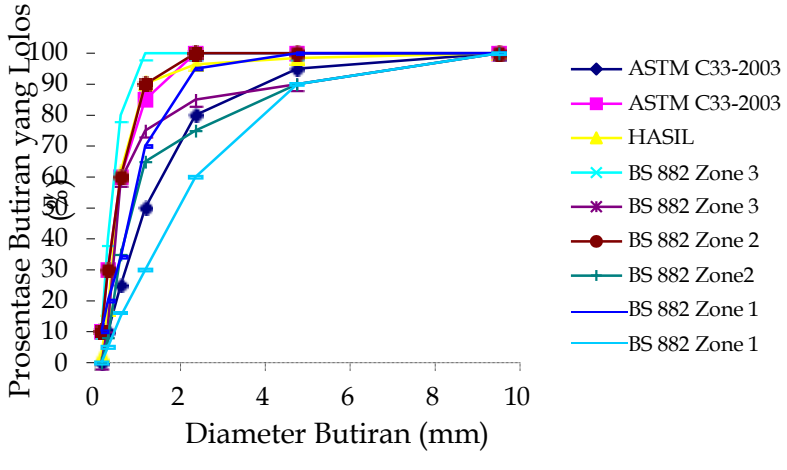
Pasir yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir alami (uncrushed) dari Lumajang dan hasil pengujian seperti Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Analisa Saringan Pasir

Saringan		Tertinggal		Kumulatif (%)		Spesifikasi
No.	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos	ASTM - C33
4	4,75	14,40	1,52	1,52	98,48	100
8	2,36	19,00	2,01	3,54	96,46	95 -100
16	1,18	58,80	6,23	9,76	90,24	80 - 100
30	0,6	269,60	28,55	38,31	61,69	50 - 85
50	0,3	420,30	44,50	82,81	17,19	25 - 60
100	0,15	138,10	14,62	97,44	2,56	10 - 30
Pan		24,20	2,56	100,00	0,00	2 - 10
Jumlah		944,40		333,39		
Modulus Kehalusan = 3,33						

Dari data diatas diperoleh bahwa agregat tersebut memenuhi syarat seperti yang telah ditetapkan oleh ASTM C136, dimana gradasi butiran cukup baik karena tidak ada yang tertahan lebih dari 45% seperti yang diisyaratkan oleh ASTM C 33 dan lebih banyak tertahan di saringan nomor 50, hal ini menunjukkan bahwa butiran tersebut didominasi oleh butiran yang mempunyai ukuran rata-rata 0,3 mm. Apabila mengacu pada British Standart 882 (BS 882), pasir berada diantara zone 2 dan zone 3 seperti pada Gambar 3.10. Sedangkan modulus kehalusan yang dimiliki oleh butiran tersebut menunjukkan berada di kisaran seperti yang telah ditetapkan dalam ASTM C33.

UWKSPRESS



Gambar 3.10. Grafik Analisa Saringan Pasir.

Tabel 3.4. Analisa Fisik Pasir Lainnya.

Analisa	Hasil	Persyaratan	Standart
Berat jenis (kg/cm3)	2.78	1.6 - 3.2 kg/cm3	ASTM C128
Resapan (%)	1,179	maksimum 3%	ASTM C128
Kebersihan thd organis	Bening	Coklat muda	ASTM C40

Dari hasil tabel tersebut diatas diketahui bahwa pasir Lumajang memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

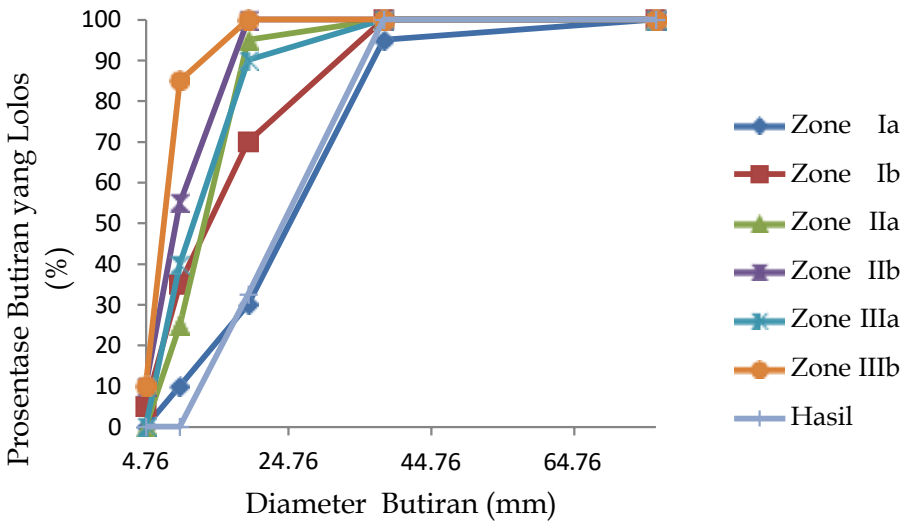
c. Kerikil

Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan batu pecah (crushed) berasal Malang. Sedangkan hasil pengujian seperti Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Analisa Saringan Kerikil

Saringan		Tertinggal		Kumulatif (%)	
No.	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
1½	76,20				100
1	38,10				100
¾	19,10	5062	67,49	67,49	32,51
3/8(2)	9,50	2438	32,51	100,00	0,00
3/16(4)	4,78			100,00	0,00
8	2,38			100,00	0,00
16	1,19			100,00	0,00
30	0,59			100,00	0,00
50	0,30			100,00	0,00
100	0,15			100,00	0,00
Pan	-	7500			
Jumlah		7500		767,49	
Modulud kehalusan			7,675		

UNKSPRESS



Gambar 3.11. Grafik Gradasi Kerikil.

Dari Tabel 3.5 terlihat bahwa gradasi kerikil berada antara diameter 9,5 sampai dengan diameter 19,10 mm sesuai dengan ASTM C33 maupun ASTM C136 dan berada pada zone 1 seperti pada Gambar 3.11.

WKSPRESS

Tabel 3.6. Analisa Fisik Lainnya.

Analisa	Hasil Analisa	Persyaratan	Standar
Berat Jenis	2,83	1,6 - 3,2	ASTM C128-2003
Keausan	19,66%	maks.27%	SII 0052-80

Dari Tabel 3.6 diatas menunjukkan bahwa kerikil yang digunakan memenuhi persyaratan sesuai dengan standar yang berlaku. Apabila dilihat dari berat jenisnya, kerikil tersebut bukan dari jenis batu yang mengandung kapur akan tetapi mempunyai kandungan granite dan quartzite dengan prosentase tinggi (Mn/Dot Concrete Engineering, www.mrr.dot.state.mn.us)

d. Air

Air dalam penelitian ini menggunakan air isi ulang dengan standar utama bahwa air tersebut dapat diminum, tidak berbau dan tidak berasa dan mempunyai pH 6,5 – 8,5 sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No.416/1990.

Gambar 3.12. Pengujian pH Air Isi Ulang Kertas Lakmus.

Dari hasil pengujian terhadap pH air diperoleh bahwa air yang dipakai untuk campuran beton mengandung pH = 7 seperti pada Gambar 3.12, hal ini menunjukkan bahwa air kondisi standar dan baik untuk campuran beton.

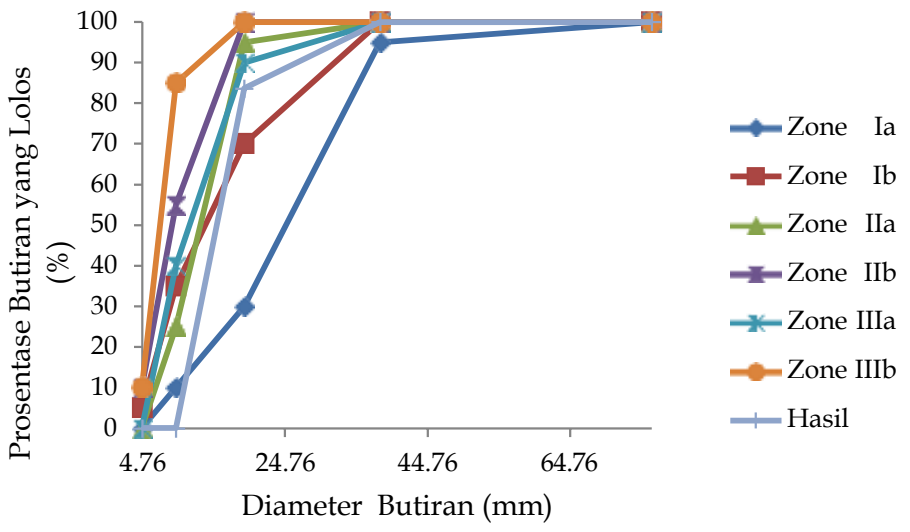
e. Styrogravel

Hasil pengujian styrogravel seperti pada Tabel 3.7 sebagai berikut :

Tabel 3.7. Analisa Saringan Styrogravel

Saringan		Tertinggal		Kumulatif (%)	
No.	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
1½	76,20				100
1	38,10				100
¾	19,10	159	16,36	16,36	83,64
3/8(2)	9,50	813	83,64	100,00	0,00
3/16(4)	4,78			100,00	0,00
8	2,38			100,00	0,00
16	1,19			100,00	0,00
30	0,59			100,00	0,00
50	0,30			100,00	0,00
100	0,15			100,00	0,00
Pan	-	972			
Jumlah		972		716,36	

UWKSPRESS



Gambar 3.13. Grafik Gradasi Styrogravel.

Dari Tabel 3.7. terlihat bahwa gradasi styrogravel berada antara diameter 9,5 sampai dengan diameter 19,10 mm sesuai dengan ASTM C33 maupun ASTM C136 dan berada pada zone 1 dan 2 seperti pada Gambar 3.13 hal ini menunjukkan gradasi yang variatif yang lebih banyak tertahan pada saringan no 3/8.

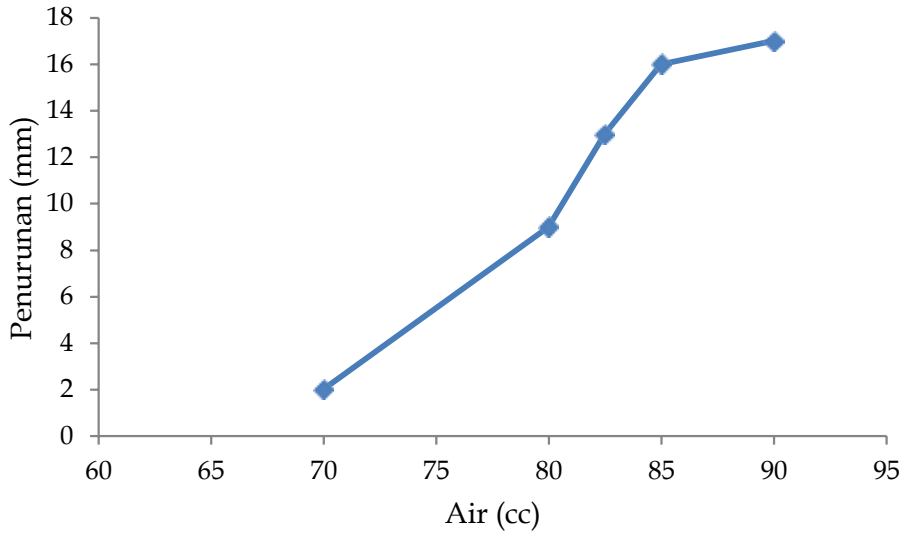
Tabel 3.8. Analisa Fisik Styrogravel Lainnya

Analisa	Hasil Analisa	Persyaratan	Standar
Berat Jenis	0,197	1,6 - 3,2	ASTM C128-2003
Keausan	2,19%	maks.27%	SII 0052-80

DariTabel 3.8. terlihat bahwa styrogravel mempunyai berat jenis lebih kecil dari berat jenis air sehingga styrogravel mempunyai sifat mengambang di air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Sedangkan jika dilihat dari keausannya yang nilainya jauh lebih kecil dari persyaratan menunjukkan sifat fisik styrogravel yang keras.

f. Pengujian Pasta Segar.

Untuk mengetahui kandungan air pada semen dilakukan pengujian konsistensi normal pada pasta segar dimana diperoleh nilai konsistensi sebesar 80,625 cc dan nilai konsistensi seperti dalam Gambar 3.14. dimana hasil konsistensi terlihat kebutuhan air dalam semen berkisar ± 81 cc.



Gambar 3.14. Grafik Nilai Konsistensi Semen.

H. Hasil Perancangan Campuran (Mix Design) dan Identifikasi Benda Uji.

Untuk mengetahui komposisi campuran beton dilakukan rancangan dengan menggunakan metode DoE dimana faktor air semen 0,5 sebagai acuan awal untuk mengetahui mutu dan kinerja beton. Rancangan campuran sebagaimana yang dimaksud seperti pada Tabel 3.9.

UWKSPRESS

Tabel 3.9. Rancangan Campuran (Mix Design) Beton.

No	Uraian	Nilai			Keterangan	
		dasar	sub	satuan		
1	Kuat tekan karakteristik		-			
2	Standart deviasi		-			
3	Nilai tambah (margin)					
4	Kekauatan rata-rata yg ingin dicapai		-			
5	Jenis semen	type I			ditetapkan	
6	Jenis aggregat :					
	Aggregat kasar	bt pecah			ditetapkan	
	Aggregat halus	alami			ditetapkan	
7	Faktor air semen bebas		0,5			
8	Faktor air semen maksimum		-			
9	Slump		10 ± 2	mm	ditetapkan	
10	Ukuran aggregat maskimum		40	mm	ditetapkan	
11	Kadar air bebas		190	kg/m3	tabel 4	
12	Kadar semen		380	kg/m3		190/0,5
13	Kadar semen minimum			kg/m3	ditetapkan	
14	Kadar semen maksimum			kg/m3		
15	Faktor air semen yang disesuaikan					
16	Susunan besar butir aggregat halus			2/3		
17	Prosentase bahan lebih halus dari 4,8 mm		38	%		
18	Berat jenis relatif aggregat		2,83			0,38 x 2,78+0,62
19	Berat jenis beton		2505	kg/m3		
20	Kadar aggregat gabungan		1935	kg/m3		2505-(380 +190)
21	Kadar aggregat halus		735,3	kg/m3		1935 x 0,38
22	Kadar aggregat kasar		1199,7	kg/m3		1935 x 0,62
23	Proporsi Campuran tiap campuran uji 1 m3	Semen (kg)	Air (kg atau	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	
		380	190	735,3	1199,7	
		Semen (lt)	Air (kg atau	Pasir (lt)	Kerikil (lt)	
		304	**0,19**	459,56	746,08	
		1		**1,51**	**2,45**	

UWKSPRESS

Tabel 3.10. Perbandingan Komposisi Campuran Beton (Machmoed S.P. dkk, 2015a)

Perbandingan	100%	75%	50%	25%	0%
Semen (lt)	304	304	304	304	304
Pasir (lt)	459,56	459,56	459,56	459,56	459,56
Kerikil (lt)	746,08	559,56	373,04	186,52	
Styrogravel (lt)		186,52	373,04	559,56	746,08
Air (lt)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

Selanjutnya untuk mempermudah saat pengujian diperlukan identifikasi benda uji yang disesuaikan dengan jenis benda uji, lingkungan yang mempengaruhi, faktor air semen dan waktu pembuatan benda uji.

Identifikasi benda uji tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

100KN-FAS-TGL, dimana 100KN menunjukkan beton 100% kerikil di lingkungan normal, FAS menunjukkan nilai faktor air semen dan TGL adalah tanggal pengecoran.

75KN-FAS-TGL, dimana 75KN menunjukkan beton 75% kerikil dan 25% styrogravel di lingkungan normal, FAS menunjukkan nilai faktor air semen dan TGL adalah tanggal pengecoran.

50KN-FAS-TGL , dimana 50KN menunjukkan beton 50% kerikil dan 50% styrogravel di lingkungan normal, FAS menunjukkan nilai faktor air semen dan TGL adalah tanggal pengecoran untuk menentukan umur beton saat pengujian dilakukan.

25KN-FAS-TGL , dimana 25KN menunjukkan beton 25% kerikil dan 75% styrogravel di lingkungan normal, FAS menunjukkan nilai faktor air semen dan TGL adalah tanggal pengecoran.

100SN-FAS-TGL, dimana 100% styrogravel di lingkungan normal, FAS menunjukkan nilai faktor air semen dan TGL adalah tanggal pengecoran

UWKSPRESS

I. Pencampuran dan Pengujian Slump.

Melakukan proses mixing material pembentuk beton seperti semen, pasir dan kerikil serta kombinasi styrogravel terhadap (sebagai substitusi) kerikil dengan komposisi 100% kerikil (100KN05), 75% kerikil + 25% Styrogravel (75KN05), 50% kerikil + 50% styrogravel (50KN05), 25% kerikil +75% styrogavel (25KN05) dan 100% Styrogravel (100SN05) seperti pada Gambar 3.15.

Gambar 3.15. Proses Pencampuran (Mixing).

Dalam proses pencampuran ini terutama yang menggunakan styrogravel sebagai subtitusi perlu diperhatikan prioritas atau urut-urutan pencapuran, hal ini sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan campuran. Hal ini disebabkan bahwa styrogravel dengan berat jenisnya yang ringan akan mempengaruhi tingkat kematangan campuran. Untuk campuran normal karena pengaruh berat jenis kerikil yang besar dan pengaruh gravitasi maka campuran akan lebih sempurna dan matang, sedangkan untuk campuran yang menggunakan styrogravel akibat berat jenisnya yang ringan maka saat proses pencampuran mereka akan mengambang dan akan terpisah dengan material lainnya seperti semen, air dan pasir sehingga mempengaruhi kesatuan material campuran.

Setelah melakukan proses mixing selanjutnya dilakukan pengujian slump, untuk mengetahui kandungan air dalam campuran beton dan tingkat workability-nya serta disesuaikan dengan rencana campuran. Pengujian slump ditunjukkan seperti pada Gambar 3.16.

Gambar 3.16. Pengujian Atau Pengukuran Nilai Slump.

UWKSPRESS

Berat jenis styrogravel yang ringan akan mempengaruhi faktor air yang dibutuhkan dalam menentukan nilai slump yang diinginkan. Hal ini disebabkan bahwa prilaku styrogravel akan berlawanan dengan gravitasi sehingga mempengaruhi penurunan campuran saat uji slump, sehingga untuk mencapai nilai slump yang diinginkan diperlukan penambahan air guna membantu penurunan campuran (nilai slump). Hal ini harus mendapatkan perhatian bahwa dalam menentukan nilai slump didasarkan pada nilai slump rencana atau faktor air dalam campuran beton normal. Sebab jika didasarkan pada nilai slump rencana akan terjadi penambahan air terus menerus hingga dicapai nilai slump yang diinginkan dan hal ini dimungkinkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan beton, sedangkan jika berdasarkan pada faktor air yang dibutuhkan dalam campuran beton normal maka nilai slump rencana diabaikan.

J. Pencetakan dan Perawatan Benda Uji.

Setelah dilakukan pengujian slump dan diperoleh hasil seesuai dengan rencana yaitu nilai slump 10 ± 2 cm dilanjutkan dengan pembuatan benda uji sesuai dengan komposisi/variasi campuran seperti dalam Gambar 3.17

Gambar 3.17. Pembuatan Benda Uji.

Perlu diperhatikan dalam pembuatan benda uji yang mengandung styrogravel faktor ketukan akan mempengaruhi prilaku styrogravel dalam campuran yang akan melepaskan diri dari campuran akibat dari berat jenisnya yang ringan dan akan melawan gravitasi sehingga apabila dilakukan ketukan standar akan mengakibatkan segregasi awal yaitu berkumpulnya styrogravel ke permukaan akibat berat jenisnya yang ringan.

Setelah tahapan ini selanjutnya dilakukan proses perawatan terhadap benda uji di lingkungan normal dimana media yang digunakan adalah air tawar sesuai dengan umur

rencana pengujian hingga beton berumur 28 hari setelah pengecoran seperti pada Gambar 3.18.

Gambar 3.18. Perawatan Benda Uji Di Lingkungan Normal (air tawar).

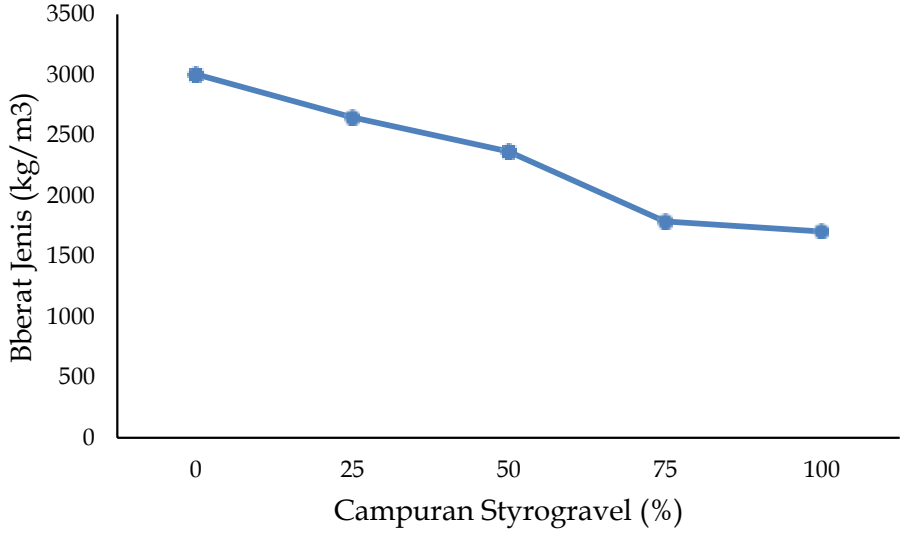
K. Hasil Pengujian dan Kinerja Beton.

Melakukan pengujian mekanis terhadap benda uji untuk mendapatkan kuat tekan, tarik, porositas dan modulus elastic serta ketahanan terhadap kebakaran untuk masing-masing benda uji pada umur yang telah ditentukan .

a) Pengujian Berat jenis Beton

Dari pengujian berat jenis benda uji dapat diperoleh nilai berat jenis dari masing-masing campuran beton baik yang mengadung styrogravel maupun beton normal seperti pada Gambar 3.19.

UWKSPRESS



Gambar 3.19. Perbandingan Berat Jenis Masing-Masing Campuran.

Berat jenis beton normal dengan material baik diperolah kisaran sebesar 2534 - 3003 kg/m^3 sedangkan beton yang mengandung 100% styrogravel mempunyai berat jenis kisaran sebesar 1349 - 1705 kg/m^3 dengan rasio 0,35 - 0,57 beton normal (Machmoed S.P dkk, 2015) sesuai dengan berat jenis kerikil alam. Hal ini menunjukkan bahwa beton styrogravel merupakan beton ringan yang memiliki berat jenis lebih kecil dari 1900 kg/m^3 (SNI, 2019) .

Jika ditinjau dari hubungan (korelasi) kerikil terhadap berat jenis beton dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah kombinasi mempunyai nilai korelasi (R) sebesar 0,983 menunjukkan bahwa hubungan antara keberadaan styrogravel dengan berat jenis beton sangat kuat dimana naik turunnya berat jenis tersebut sebanyak 96,64% dipengaruhi oleh banyaknya campuran styrogravel sedangkan sisanya sebesar 3,36% dipengaruhi faktor-faktor lain. Jika dihubungan dengan Gambar 3.19 menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan setiap 25% styrogravel pada kombinasi agregat kasar pada campuran beton akan mengurangi berat jenis beton sebesar 86,37 kg/m3. Disini menunjukkan bahwa berat jenis kerikil pada Tabel 3.6 dan 3.8 sangat mempengaruhi berat jenis beton.

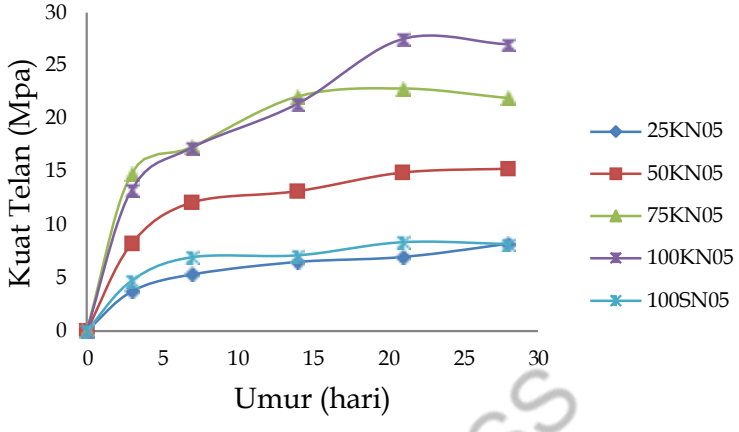
UWKSPRESS

b) Pengujian dan Kinerja Kuat Tekan.

Pada pengujian ini menggunakan mesin kompresi hidolik dengan kemampuan 200 ton seperti pada Gambar 3.20. Dari hasil pengujian diperoleh hubungan kuat tekan dan deformasi benda uji untuk masing-masing benda uji seperti pada Gambar 3.21.

Gambar 3.20. Uji Tekan Pada Benda Uji.

Sedangkan kuat tekan dari hasil pengujian tiap benda uji umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari untuk beton masing-masing kombinasi campuran pada kondisi lingkungan normal seperti pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21. Perbandingan Kuat Tekan Benda Uji.

UWKSPRESS

Beton normal (100KN05) dengan menggunakan kerikil alam menunjukkan kekuatan puncak diperoleh sebesar 27,48 Mpa saat beton berumur 21 hari akan tetapi terjadi penurunan kekuatan hingga 26,99 Mpa, sebuah selisih yang tidak terlalu signifikan terhadap mutu beton. Sedangkan untuk beton dengan kombinasi campuran 75% kerikil alam dan 25% Styrogravel (75KN05) menunjukkan kekuatan puncak diperoleh sebesar 22,84 Mpa saat beton berumur 21 hari akan tetapi terjadi penurunan kekuatan hingga 21,95 Mpa pada umur 28 hari , juga sebuah selisih yang tidak terlalu signifikan terhadap mutu beton.

Untuk beton dengan kombinasi campuran 50% kerikil alam dan 50% Styrogravel (50KN05) menunjukkan kekuatan puncak diperoleh sebesar 14,92 Mpa saat beton berumur 21 hari akan tetapi terjadi kenaikan kekuatan menjadi 15,29 Mpa pada umur 28 hari. Sedangkan untuk beton dengan kombinasi campuran 25% kerikil alam dan 75% Styrogravel (25KN05) menunjukkan kekuatan puncak diperoleh sebesar 6,96 Mpa saat beton berumur 21 hari akan tetapi terjadi kenaikan kekuatan menjadi 8,20 Mpa pada umur 28 hari.

Untuk beton styrogravel dengan 100% Styrogravel (100SN05) menunjukkan kekuatan puncak diperoleh sebesar 8,32 Mpa saat beton berumur 21 hari akan tetapi terjadi penurunan kekuatan menjadi 8,15 Mpa pada umur 28 hari walaupun tidak terlalu signifikan.

Jika ditinjau pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari diperoleh bahwa beton yang mengandung styrogravel mempunyai nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal, hal ini menunjukkan bahwa peranan berat jenis beton sangat berpengaruh pada kekuatan tekan beton seperti pada Gambar 3.21 disebabkan adanya hukum aksi berbanding lurus dengan reaksi dimana berat sebagai gaya normal dari benda uji akan memberikan reaksi terhadap beban yg diberikan kepada benda uji tersebut sehingga campuran beton yang mempunyai berat jenis benda uji yang besar akan memberikan reaksi perlawanan yang besar pula demikian sebaliknya.

Untuk mengetahui kinerja beton-beton tersebut perlu dipertimbangkan mencari rasio beban terhadap berat beton sehingga akan diperoleh nilai kinerja sesungguhnya. Jika dilihat dari kehancuran beton akibat beban tekan, lekatan antar permukaan antara kerikil dan mortar atau pasta pada campuran beton juga dimungkinkan mempengaruhi kemampuan beton dalam menerima beban, faktor-faktor yang mempengaruhi lekatan adalah jenis material pembentuk komposit beton dan nilai resapan yang dimiliki oleh material pembentuk tersebut yaitu semen, pasir dan kerikil. Beberapa fakta lekatan antara kerikil alam dan styrogravel dengan pasta atau mortal pada benton seperti pada Gambar 3.22 dan 3.23..

UNKSPRESS

Gambar 3.22. Perbedaan Lekatan antar Permukaan Kerikil dan Styrogravel.

Gambar 3.23. Lekatan Styrogravel Dengan Pasta atau Mortar dalam Uji Tekan pada Umur 28 hari.

Untuk pola kehancuran, beton yang mengandung kerikil alam mempunya pola kehancuran mendadak (getas) seperti Gambar 3.24a, sedangkan beton yang mengandung styrogravel mempunyai pola kehancuran elastis seperti pada Gambar 3.24b, sehingga sifat mekanis dari beton styrogravel mampu bertahan dalam menerima beban pada regangan tinggi tanpa mengalami kehancuran mendadak (getas). Hal ini menunjukkan bahwa beton styrogravel mempunyai sifat elastisitas yang tinggi atau mempunyai daktilitas regangan lebih baik dibandingkan dengan beton yang mengandung kerikil (normal). Sifat yang dimiliki kedua komposit tersebut didukung sifat dasar kedua bahan atau material pembentuknya tersebut seperti yang telah diuraikan dalam bab sebelumnya dimana Gambar 3.5 menunjukkan bahwa kerikil akan mengalami kehancuran mendadak (getas) saat setelah menerima beban maksium,

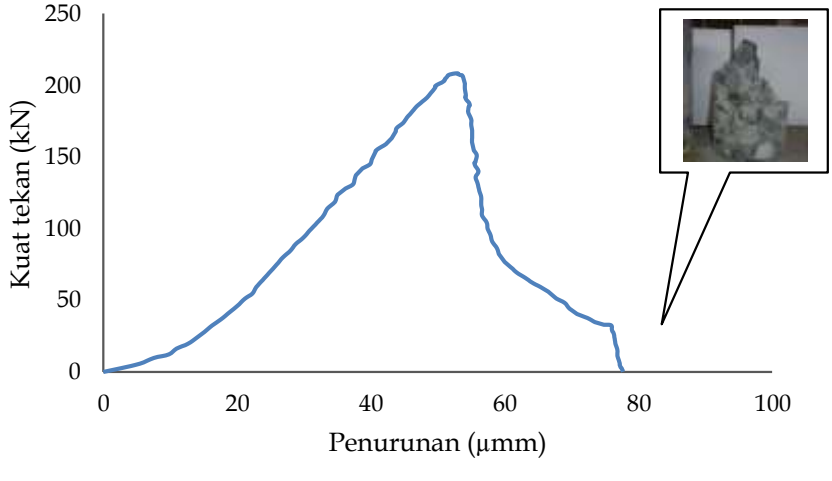
sedangkan styrogravel tidak akan hancur masih mempertahankan kekuatannya setelah dalam menerima beban maksimum tanpa mengalami kehancuran mendadak (getas) akan tetapi hanya berubah bentuk dan sifat-sifat material ini berlanjut saat membentuk komposit beton.

.(a) (b)

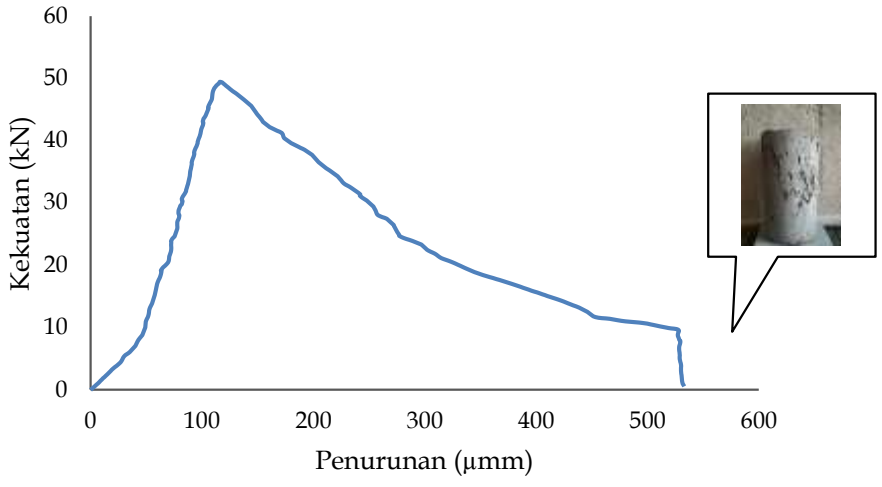
Gambar 3.24. Pola Kehancuran (a) Beton Normal dan (b) Beton yang Mengandung Styrogravel

UWKSPRESS

Perbandingan prilaku, kekuatan, pola atau bentuk kerusakan antara beton normal dengan beton yang mengandung styrogravel 100% (Best-G) pada umur 28 hari seperti pada Gambar 3,25 dan 3.26.



Gambar 3.25. Grafik Kuat Tekan dan Bentuk Kehancuran Beton Normal.

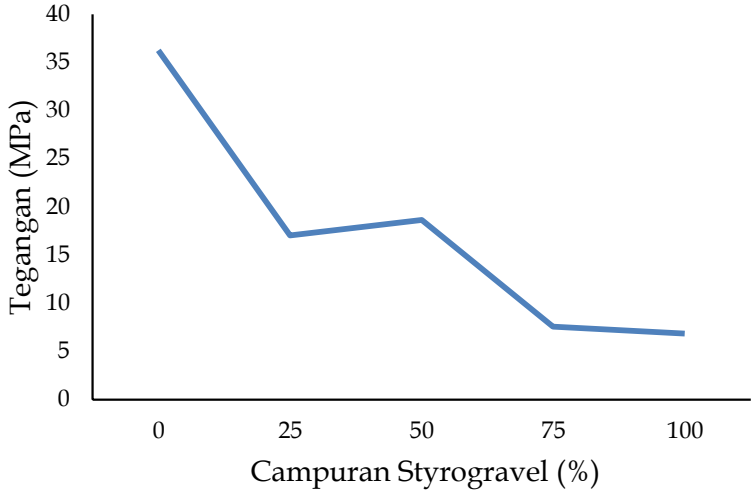


Gambar 3.26. Grafik Kuat Tekan dan Bentuk Kehancuran Beton yang Mengandung Styrogravel.

UWKSPRESS

Dari Gambar 3.25 diatas menunjukkan bahwa saat beton normal (konvensional) menerima beban aktual setelah melewati beban maksimum mengalami kehancuran getas atau mempunyai daktilitas regangan yang rendah hingga saat beban aktual diberhentikan pada kekuatan 10% beban maksimum. Hal ini terlihat dari pola grafik descending yang curam dengan rentang penurunan yang pendek sebesar 22,527 mm. Jika dibandingkan dengan beton styrogravel pada pada Gambar 3.26 saat menerima beban aktual setelah melewati beban maksimum dimana beton tersebut masih memberikan reaksi (gaya perlawanan) atau mempunyai daktilitas regangan yang tinggi hingga beban aktual diberhentikan pada kekuatan 10% beban maksimum dengan rentang penurunan cukup besar sebesar 406, 66 mm dan terlihat beton styrogravel masih belum menunjukkan tanda-tanda kehancuran getas seperti halnya beton normal (konvensional). Hal ini menunjukkan bahwa beton styrogravel mempunyai sifat lebih tegar dibandingkan dengan beton normal (konvensional) (Machmoed S.P dkk, 2015b).

Perbandingan tegangan beton yang mengandung styrogravel pada umur 28 hari seperti pada Gambar 3.27.

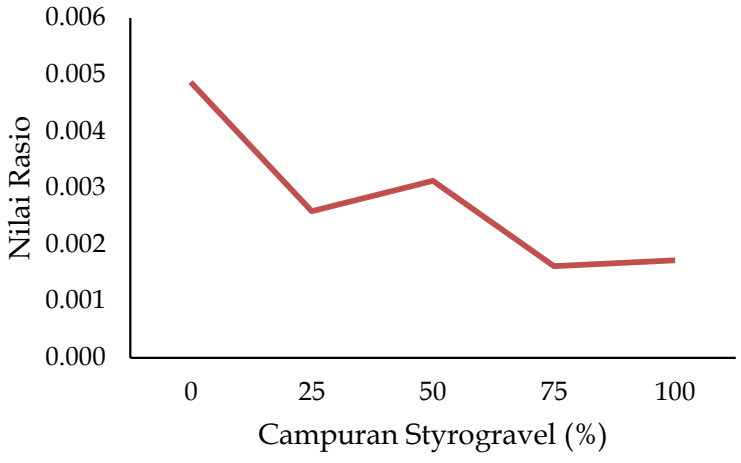


Gambar 3.27. Pengaruh Penambahan Styrogravel Terhadap Kekuatan Beton.

Jika ditinjau dari hubungan (korelasi) kerikil dengan kuat tekan beton dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah kombinasi mempunyai nilai korelasi (R) sebesar 0,974 menunjukkan bahwa hubungan antara keberadaan kerikil dengan kuat tekan sangat kuat dimana naik turunnya kekuatan komposit beton sebanyak 82,54% dipengaruhi oleh banyaknya campuran kerikil sedangkan sisanya sebesar 17,46% dipengaruhi faktor-faktor lain. Dengan nilai R=0,9085 terdapat korelasi yang tinggi antara tegangan dan prosentase campuran kerikil styrogravel dimana setiap penambahan 25% kerikil styrogravel akan mengurangi kekuatan rata-rata beton sebesar 1,709 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa sifat material pembentuk komposit beton cenderung akan mempengaruhi sifat beton itu sendiri terutama material kerikil yang mendominasi material pembentuk komposit beton terbukti bahwa beban luar yang diberikan kepada beton maka berat beton yang berfungsi seagai gaya normal akan memberikan reaksi perlawan terhadap beba luar tersebut (Machmoed S.P dkk, 2015a).

Sedangkan untuk mengetahui pengaruh berat beton terhadap kekuatan beton dengan kombinasi campuran styrogravel seperti pada Gambar 3.28.

UWKSPRESS



Gambar 3.28. Rasio Kekuatan Beton Terhadap Berat Beton.

Dari Gambar 3.28, menunjukan bahwa dengan nilai korelasi sebesar 0,869 terdapat hubungan yang kuat antara penambahan styrogravel dengan perubahan rasio kekuatan beton terhadap berat beton dimana 75,52% dipengaruhi oleh keberadaan styrogravel sedangkan sisanya sebesar 24,48% dipengaruhi faktor-faktor lain. Setiap penambahan styrogravel sebesar 25% pada campuran beton terjadi pengurangan rasio sebesar 0,018% (Machmoed S.P dkk, 2015a)

c) Pengujian dan Kinerja Kuat Tarik.

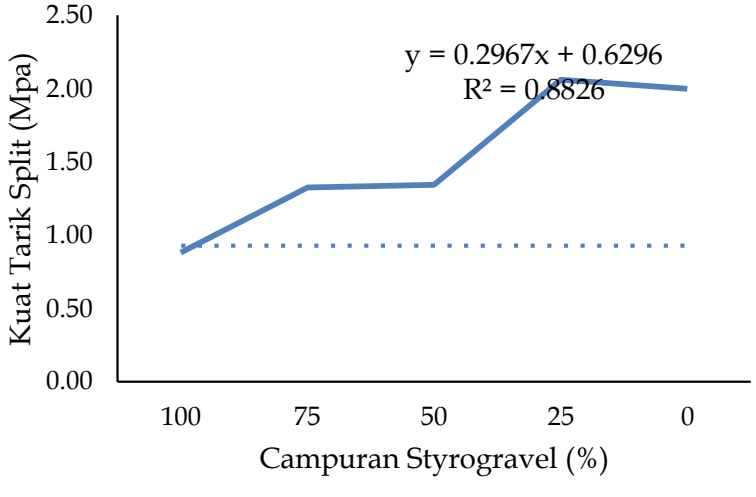
Kuat tarik beton baik normal maupun yang mengandung styrogravel berbanding terbalik dengan kuat tekan beton normal maupun yang mengandung styrogravel. Kuat tarik beton normal lebih rendah dibandingkan dengan kuat tarik beton yang mengandung styrogravel. Hal ini menunjukkan bahwa beton yang mengandung styrogravel mempunyai kuat tarik yang lebih baik jika dibandingkan dengan beton normal dan ini pula yang menunjukkan bahwa beton yang mengandung styrogravel lebih tahan dalam menerima gaya tarik sehingga tidak mengalami kehancuran dalam arah lateral saat menerima beban aksial. Sifat ini berbanding lurus dengan sifat saat mengalami beban tekan.

UNKSPRESS

Gambar 3.29. Uji Tarik Belah Benda Uji.

Gambar 3.30. Lekatan styrogravel dalam uji tarik pada umur lebih lama (28 hari)

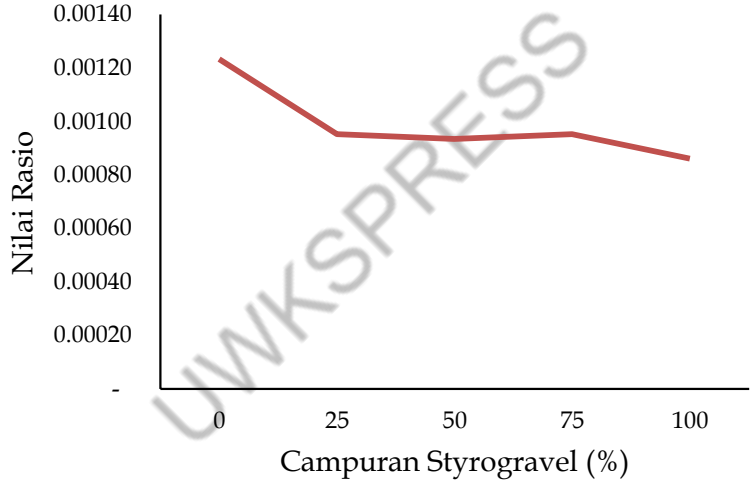
Hasil pengujian tarik split untuk tiap benda uji pada umur 28 hari seperti pada Gambar 3.31.



Gambar 3.31. Kuat Tarik Beton Tiap Campuran.

Dari Gambar 3.31 menujukkan bahwa sebesar 88,26% kuat tarik beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton sedangkan sisanya 11,74% ditentukan oleh faktor-faktor lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa kuat tarik beton dipengaruhi oleh besarnya prosentase campuran kerikil, semakin bertambah prosentase campuran kerikil semakin bertambah kuat tarik beton, atau setiap penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 0,76 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar berat jenis beton akan semakin tinggi kuat tariknya.

Untuk menunjukkan pengaruh berat jenis beton normal dan beton styrogravel terhadap kuat tarik beton tersaji pada Gambar 3.32.



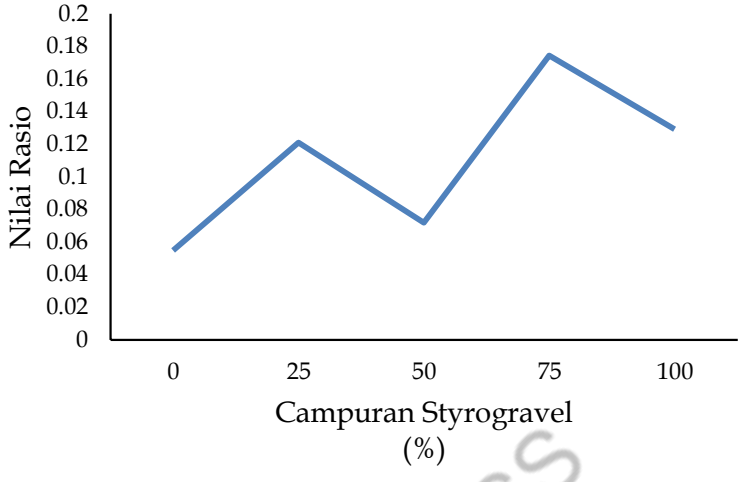
UWKSPRESS

Gambar 3.32. Rasio Kuat Tarik Terhadap Berat Beton.

Besarnya prosentase styrogravel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.32 memberikan konstribusi sebesar 67,79% terhadap penurunan nilai rasio kuat tarik terhadap berat beton, sedangkan 32,21% ditentukan faktor lain, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh kedua kerikil tersebut berselisih 17,79% untuk memberikan pengaruh yang sama terhadap rasio tersebut. Sehingga dengan nilai korelasi sebesar 0,823 menunjukkan bahwa besarnya prosentase styrogravel mempunyai hubungan yang kuat terhadap terjadinya penurunan rasio tersebut. Hal ini terbukti bahwa setiap setiap penambahan 25% styrogravel terjadi penurunan rasio sebesar 0,0000175, dan dari kondisi

ini pula menunjukkan bahwa nilai kuat tarik setiap penambahan kerikil atau pengurangan styrogravel tidak terlalu signifikan.

Sedangkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekan beton diberikan pada Gambar 3.33.

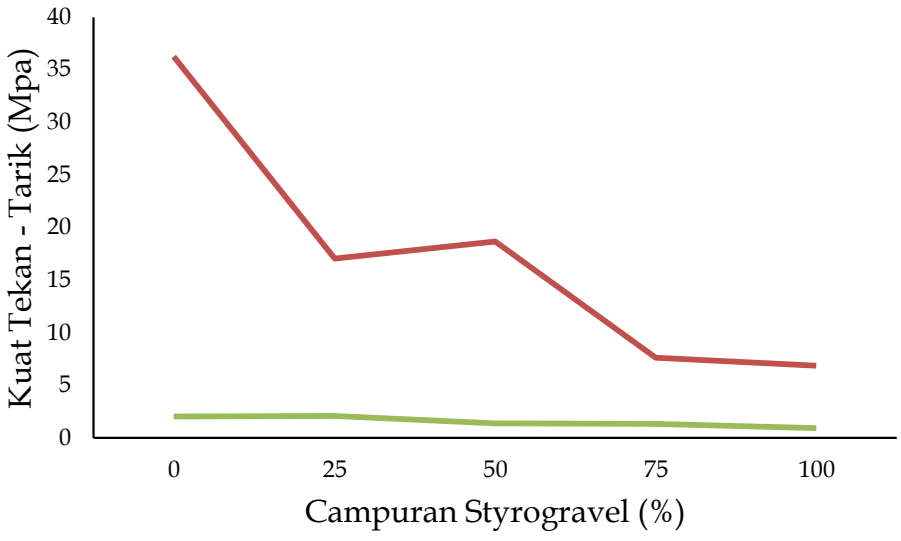


Gambar 3.33. Rasio Kuat Tarik Terhadap Kuat Tekan Beton.

UWKSPRESS

Dari Gambar 3.33 menunjukkan rasio adanya campuran styrogravel memberikan konstribusi sebesar 44,66% terhadap besarnya rasio kuat tarik terhadap kuat tekan beton sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain dan terdapat hubungan yang kuat antara kenaikan rasio kuat tarik terhadap kuat tekan dengan campuran styrogravel hal ini ditunjukkan dengan besarnya nilai korelasi sebesar 0,6682. Sehingga setiap penambahan styrogravel sebesar 25% pada beton akan menaikkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekannya sebesar 5,05% atau setiap penambahan prosentase kerikil pada beton akan menurunkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekannya sebesar 5,05%. Kondisi menunjukkan bahwa beton yang mengadung styrogravel mempunyai kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang mengandung kerikil alami.

Sedangkan perbandingan kuat tekan dan kuat tarik masing-masing benda uji pada umur 28 hari seperti pada Gambar 3.34.



Gambar 3.34. Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Split (Belah) Masing-Masing Benda Uji.

UNKSPRESS

Perbandingan prilaku beton normal dan beton yang mengandung styrogravel saat menerima beban tarik split menunjukkan bahwa beton normal mengalami kehancuran pada beban aktual seperti pada Gambar 3.34., sedangkan beton yang mengandung styrogravel tidak mengalami kehancuran (lebih daktail) saat beban aktual seperti pada Gambar 3.35, hal ini menunjukkan bahwa beton yang mengandung styrogravel mempunyai daktilitas regangan dan kekuatan terhadap tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal (konvensional).

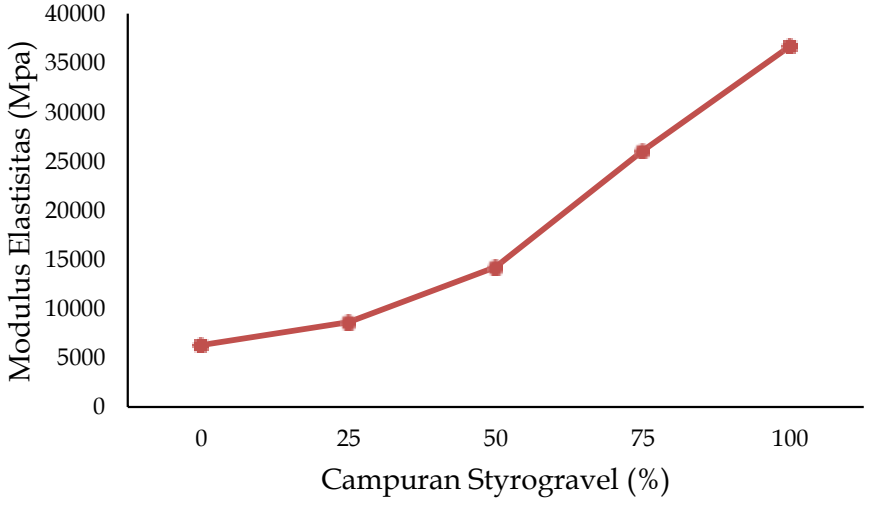
Gambar 3.34. Pola Kehancuran Tarik Beton Normal.

Gambar 3.35. Pola Kehancuran Tarik Beton yang Mengandung Styrogravel.

d) Pengujian dan Kinerja Modulus Elastisitas.

Gambar 3.36. Uji Modulus Elastisitas

Untuk perbandingan nilai modulus elastisitas masing-masing campuran beton seperti pada Gambar 3.37



Gambar 3.37. Nilai Modulus Elastisits Setiap Kombinasi Campuran Beton.

Dari Gambar 3.37 jika ditinjau dari hubungan (korelasi) kerikil terhadap modulus elastisitas beton dengan jumlah benda uji sebanyak 5 buah kombinasi mempunyai nilai korelasi (R) sebesar 0,968 menunjukkan bahwa hubungan antara keberadaan styrogravel terhadap besarnya nilai modulus elastisitas beton sangat kuat dimana nilai tersebut sebanyak 93,69% dipengaruhi oleh banyaknya campuran kerikil sedangkan sisanya sebesar 6,31% dipengaruhi faktor-faktor lain. Jika dihubungan dengan Gambar 3.37 bahwa dengan adanya penambahan setiap 25% styrogravel pada kombinasi agregat kasar pada campuran beton akan mengurangi modulus elastisitas beton sebesar 1956 Mpa. Hal ini berbanding lurus dengan kuat tekan yang dimiliki oleh masing-masing campuran beton tersebut dimana nilai modulus untuk masing-masing campuran mengikuti prosentase variasi campuran dimana beton yang mempunyai campuran kerikil lebih banyak mempunyai nilai modulus yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi campuran lainnya,. Oleh karena itu, selain dipengaruhi oleh berat jenis yang dimiliki oleh kerikil juga dipengaruhi oleh lekatan antar pemukaan (bonding interface) antar material penguat (kerikil dan styrogravel) dengan pasta atau mortar. Maka dari itu untuk meningkatkankan nilai kuat tekan dan modulus perlu dilakukan repairing (perbaikan) dalam hal lekatan antar permukaan dalam bentuk inovasi dengan mereaksikan styrogravel dengan material lain yang berfungsi sebagai media pelekat (glue) dengan pasta atau mortar.

e) Pengujian Ketahanan Terhadap Kebakaran

Sedangkan untuk pengujian ketahanan terhadap kebakaran seperti pada Gambar 3.38 dan 3.39 dilakukan secara konvensional melalui pembakaran. dalam gambar dibawah.

UNYSPRESS

Gambar 3.38. Uji Ketahanan Terhadap Kebakaran

Gambar 3.39. Bentuk Benda Uji Pasca Kebakaran

Dari hasil pengujian tampak bahwa beton yang mengandung styrogravel tidak tahan terhadap temperatur tinggi, hal ini disebabkan karena styrogravel merupakan turunan dari EPS yang terbentuk dari senyawa polisteyren yang tidak tahan terhadap panas tinggi. Tapi untuk panas pada suhu lingkungan atau panas hidrasi akan mampu lebih meningkatkan kinerja styrogravel dalam bereaksi dengan pasta atau mortar hal ini terbukti untuk umur beton yang lebih lama dapat meningkatkanlekatan yang baik dan menghasilkan tarik yang baik dan daktilitas yang baik pula.

BAB IV

Kesimpulan dan Saran Terkait Beton Ringan Best-G Beton Berbahan Styrogravel Sifat dan Kinerjanya di Lingkungan Normal dengan FAS 0,5

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Styrogravel mempunyai sifat fisik yang ringan dan dapat mengapung diatas air, hal ini terlihat dari berat jenis sebesar 0,197. Selain itu styrogrvel mempunyai tingkat kekerasan yang cukup tinggi dimana hal ini terbukti dengan tingkat keausan sebesar 2,19%, sehingga mempunyai ketahanan yang baik dalam menerima beban. Untuk itu styrogravel mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai aggregat kasar dalam pembuatan komposit beton.

2. Beton styrogravel atau yang disebut dengan Best-G termasuk beton ringan sesuai katagori SNI 2847 – 2019 dan mempunyai rasio berat terhadap beton normal sebesar 0,57, jika disesuaikan dengan besaran beban gempa yang berbanding lurus dengan berat beton maka Best-G dapat mereduksi beban gempa sebesar 43% dari beban gempa pada beton normal.

3. Kandungan styrogravel yang ringan akan membentuk beton ringan dan akan mengurangi kekuatan beton disetiap penambahan styrogravel pada kombinasi agregat kasar pada campuran beton akan mengurangi kekuatan beton dan modulus elastisitasnya. Akan tetapi setiap penambahan styrogravel pada kombinasi agregat kasar pada campuran beton akan menambah rasio kuat tarik terhadap kuat tekan beton sehingga beton styrogravel mempunyai kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal (konvensional). Sedangkan ketahanan terhadap temperatur tinggi mengakibatkan kerikil styrogravel mengalami pemuaian yang dapat menekan mortar beton.

Walaupun dari kekuatan bahwa beton styrogravel mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional akan tetapi jika ditinjau dari dari berat jenis yang lebih ringan maka akan mengurangi berat sendirinya sehingga jika diproyeksikan sebagai struktur maka hanya memperhatikan beban luar yang dipikulnya saja. Jika ditinjau dari rasio kuat tarik yang cukup tinggi hal ini sangat

UWKSPRESS

mendukung untuk menerima beban-beban tarik yang terjadi pada elemen dan apabila ditinjau dari daktilitas regangan dan elastisitas tinggi, material ini sangat potensi untuk menerima beban dengan fungsi waktu lama sebelum mengalami kehancuran.

B. Saran

Sedangkan beberapa saran yang perlu mendapatkan perhatian adalah sebagai berikut :

1. Perlu dipertimbangkan untuk mengutamakan penggunaan faktor air standar beton normal dalam menjaga kekentalan campuran dari pada menjaga nilai slump untuk campuran beton yang mnggunakan styrogravel.
2. Diperlukan reaksi dengan pasir saat masih berupa gel dan pelapisan dengan pasta atau mortar saat berupa styrogravel untuk membantu mempercepat terjadinya lekatan permukaan saat proses.

UWKSPRESS

DAFTAR PUSTAKA

ACI 318, [2019], Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02), ACI Committee 318, Michigan.

ASTM, [2003] American Standart for Testing Material, Cement; Lime; Gypsum , vol. 04.01., Annual Book of ASTM standart, America.

ASTM, [2003] American Standart for Testing Material, Concrete and Aggregates, vol. 04.02., Annual Book of ASTM standart, America.

Anonim, [2003], Cement and Concrete, 2003 notes concrete.pdf,Internet (11/19/2003, 8.26m).

Anonim,[2011], Lab# 5 Properties of Hardened Portland Cement Concrete, Construction Materials Laboratory, Concrete test.pdf, Internet (7/29/2011, 3.40 pm).

Anonim,____, Memperkenalkan Produk Semen PT. Semen Gresik, PT. Semen Gresik.Tbk, Gresik.

Anonim, [1971], Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik ,Bandung.

Anonim,[2019], Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional ,Jakarta.

Anonim, [1998], Study Finds CFC Alternatives More Damaging Than Believed, The Washington Post,Internet (8/23/2011, 3.00 pm).

Callister William D,Jr,[1985], Materials Science and Engineering, John Wiley & Sons,Inc, New York.

eHow.com,[2011], How to Make Lightweight Concrete Using EPS, http://www.ehow.com.

Ginting Arusmalem, [2007], Kajian Balok Beton EPS Ringan Dengan Tulangan Menyebar, Jurnal Teknik Sipil, Vol.3 No.2,2007.

Giri Dharma IB, Sudarsana IK, Agustiningsih Eka, [2008], Kuat Tarik Belah Beton Dengan Penambahan EPS (Styrocon), Jurnal Teknik Sipil, Vol.12 No.2, Fakultas Teknik,Universitas Udayana,Denpasar.

Kurties,K, [2011], Aggregate, Agg.pdf, Internet, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.

UWKSPRESS

Machmoed S.P dan Setiawan Samuel A.B, [2012], Material Konstruksi ramah Lingkungan dengan Memanfaatkan Styrogel sebagai Bahan Campuran Beton, Pembangunan dan Teknologi Ramah Lingkungan, Prosiding Seminar Nasional Indonesia Hijau, Dies Natalis Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, ISBN 978-979- 3931-53-1, Hal.21 – 26, Surabaya.

Machmoed S.P, Khatulistiani U dan Andaryati, [2015a], Potensi Styrogravel Sebagai Campuran Beton Ringan yang Ramah Lingkungan, Prosiding Seminar Nasional-XI, ITS Januari 2015– Bidang 3: Struktur / ISBN 978-602-72056-0- 4/2015, Hal 549, Surabaya.

Machmoed S.P, Khatulistiani U, Andaryati, [2015b], Sifat Mekanik dan Durabilitas Beton Styrogravel : Beton Ringan Ramah Ligkungan, Prosiding Seminar Nasional – Univ.Narotama Surabaya 28 Pebruari 2015,– Bidang Struktur dan Geoteknik/ ISBN 978-602-72437-1- 2/2015, Hal 15, Surabaya.

Machmoed SP dan Khatulistiani U, [2017], Potensi Beton Styrogravel Sebagai Material Maju untuk Elemen Struktur yang Ramah Lingkungan dan Ramah Gempa, Prosiding Seminar Nasional Dies Natalis UWKS 36, 16 Juli 2017/ISBN 9786027357464, Hal.594, Surabaya.

Machmoed SP dan Khatulistiani U, [2018], The potential of styrogravel concrete as a new concrete material for building structures, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 434 (1), 012193, Bandung.

Musana, Satyarno, Kardiyono, [2008], Penambahan Limbah EPS Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Dengan Semen PCC 250,300,350 kg.cm2, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Unversitas Gajah Mada, Jogjakarta.

Montero,P, [2011], Aggregat for Concrete, Aggregates.pdf, Internet, The University of California, Berkley.

Naumejko A.V, [2004], Polystyrene/Concrete Product Manufcaturing Process, Paten, RU 2 223 931.

PPPBI, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta.

Rakhmanov Viktor Alekseevich, Melikhov Vladislav Ivanovich, Kozlovskij Anatolij Ivanovich, Amkhanitskij Grigorij Jakovlevich, Rosljak Jurij Vital'evich dan Dovzhik Viktor Grigor'evich, [2006], Mix for Manufacturing Modified Polystyrene Concrete, Patent, RU 2 297 402 C2. Russia.

Sudipta IGK,Sudarsana K, [2009], Permeabilitas Beton dengan Penambahan EPS, Jurnal Teknik Sipil,Vol.13,2009. Fakultas Teknik,Universitas Udayana,Denpasar.

UWKSPRESS

Sutapa AAG,Suputra Oka IGN, Mataram Karnata, [2011], Pemulihan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Durasi Perawatan Pasca Bakar, Jurnal Teknik Sipil, Vol.15.No.2,Fakultas Teknik,Universitas Udayana,Denpasar.

Thuan Bui, [2009], Composition de Beton Structural Leger, Patent, WO2009123760A2.

Timoshenko S, J.N,Goodier [1989], *Dasar-Dasar Perhitungan Kekuatan Bahan*, Restu Agung, Jakarta.

Tricia Guevara, Michael T. Williams, Rick Hughes, Michael R. Kelley, John K. Madish, Kristen Van Buskirk, [2010], Lightweight Concrete Composistion, Patent, US 7.658,797 B2, USA.

Wancik,A, Satyarno, Tjokrodimuldjo,K, [2008], batako EPS Komposit Mortar Semen, Forum Teknik Sipil, Vol.XVIII, 2008.

Wang, C.K and Salmon, C.G, [1998], *Reinforced Concrete Design*, Addison-Wesley, California.

Whittaker,A, [2011], Concrete, Lecture 03.pdf, Internet (1/20/2011, 3.00 pm).

Yusuf,M, [2007], Studi Penggunaan EPS Sebagai Bahan Campuran Untuk Pembuatan Beton Ringan Nonstruktural, Indonesian Science Technology,2007, Internet.

Zaniewski,J, [2011], Concrete, Introconcrete.ppt, Internet (7/15/2011, 4.37 pm).

UWKSPRESS

Dr. Ir. Soerjandani Priantoro Machmoed, M.T.

Dosen tetap Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya yang mendapatkan gelar Doktor dari Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan fokus penelitian pada material beton, konstruksi ramah lingkungan, mitigasi bencana dan bangunan tahan gempa.

Scopus ID 57205024852; WOS Reseacher ID ADE-1605-2022; ORCID ID 0000-0003-3812-6066; Sinta ID 6707482.

UWKSPRESS

Penerbit
UWKS PRESS
Anggota **IKAPI** No.206/Anggota Luar Biasa/JTI/2018
Anggota **APPTI**No.002.071.1.12019

Jl. Dukuh Kupang XX.V/54 Surabaya Jawa Timur 60225
Telp. (031) 5677577
Hp. 085745182452 / 081703875858
Email : uwkspress@gmai.lcom / uwkspress@uwks.ac.id