

## ANALISIS PENGARUH KARAKTERISTIK BAHAN BAKU AGREGAT PASIR MALANG DAN KERIKIL PANDAAN TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK, DAN MODULUS ELASTISITAS BETON MUTU TINGGI

Trian Cahyarini<sup>1)</sup>, Andang Widjaja<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : <sup>1)</sup> [threan.cr@gmail.com](mailto:threan.cr@gmail.com)

<sup>2)</sup>Tenaga Akademik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : <sup>2)</sup> [andwidj@gmail.com](mailto:andwidj@gmail.com)

### Abstrak

Karya tulis ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh karakteristik beton yang meliputi berat jenis dan penyerapan dari pasir dan kerikil, analisa ayakan pasir dan kerikil, berat volume pasir dan kerikil, kadar lumpur pasir dan kerikil, serta keausan dari kerikil terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton mutu tinggi. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari Malang yang berasal dari hulu sungai brantas, dan kerikil yang berasal dari pemecah batu di Pandaan.

Metode dalam penelitian ini adalah uji coba potensi material pasir Malang dan kerikil Pandaan sebagai campuran beton mutu tinggi. Sebelumnya dilakukan pengujian karakteristik agregat yang meliputi analisa ayakan pasir dan kerikil, berat jenis dan penyerapan pasir dan kerikil, berat volume pasir dan kerikil, kadar lumpur pasir dan kerikil, serta keausan kerikil dengan benda uji silinder beton 15 cm x 30 cm, sebelum ke penelitian sebenarnya, dilakukan uji coba *mix design*, jika hasil *mix design* dapat tercapai maka dapat dilanjutkan ke tahap penelitian sebenarnya. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan *software Conmixer Vista 1.0*. Kekuatan yang direncanakan yaitu beton mutu  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa dan  $f'_c$  50 MPa dengan benda uji sebanyak 33 buah dengan pengujian kuat tekan 5 silinder, modulus elastisitas 3 silinder dan kuat tarik belah 3 silinder untuk tiap-tiap kekuatan yang direncanakan. Pengujian beton dilaksanakan setelah perendaman selama 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari beberapa pengujian karakteristik yang meliputi berat jenis pasir dan kerikil, analisa ayakan pasir dan kerikil, berat volume pasir dan kerikil, kadar lumpur pasir dan kerikil, dan keausan kerikil terhadap kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah beton mutu tinggi rata-rata mencapai nilai tegangan yang direncanakan namun belum memenuhi syarat regangan. Nilai kuat tekan rata-rata mencapai hasil 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa, 46,18 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa, dan 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Nilai modulus elastisitas rata-rata mencapai hasil 5020,7 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa, 5724,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa, dan 5750,7 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Nilai kuat tarik rata-rata mencapai hasil 3,46 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa, 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa, dan 3,26 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa.

**Kata kunci:** Beton, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

### Abstract

The purpose of this study is to analyze the influence of the concrete characteristics which include specific gravity, absorption of sieve analysis, heavy volume, anorganic levels, and abrasion test of sand and gravel, compressive strength test, modulus of elasticity, and splitting test of high quality concrete. The aggregates were taken from the upstream of Brantas river at Malang, and the gravel were taken from the stone crushers in Pandaan.

The method of applied for this research is using are also carried out to identify the quality of concrete. Prior testing aggregate characteristics which include sieve analysis sand and gravel, specific gravity and absorption, heavy volume, levels of mud, and abrasion test of gravel with concrete cylinder specimen 15 cm x 30 cm, before to the actual study, conducted trials mix design. If the mix design results achieved the stage of actual research. The calculation uses the software Conmixer Vista 1.0. The was used design force is  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa and  $f'_c$  50 MPa with specimen testing as many as 33 pieces with 5 cylinder for compressive strength test, 3 cylinder for modulus of elasticity and 3 cylinder for splitting test for each data point. Concrete testing carried out after for 28 days immersion.

The results showed an average value of the stress force was achieved for all specimen, however the strain showed a lower value than normal concrete. Compressive strength test values

obtained an average yield 41,74 MPa for quality concrete  $f'_c$  40 MPa, 46,18 MPa to  $f'_c$  45 MPa, and 51,63 MPa to  $f'_c$  50 MPa. Modulus of elasticity values obtained an average yield 5020,7 MPa for quality concrete  $f'_c$  40 MPa, 5724,84 MPa for quality concrete  $f'_c$  45 MPa, and 5750,7 MPa for quality concrete  $f'_c$  50 MPa. Splitting test values obtained an average yield 3,46 MPa for quality concrete  $f'_c$  40 MPa, 3,21 MPa for quality concrete  $f'_c$  45 MPa, and 3,26 MPa for quality concrete  $f'_c$  50 MPa.

**Key words:** Compressive Strength, Concrete, Modulus of elasticity, Splitting test

## PENDAHULUAN

Beton banyak dipilih menjadi bahan pembuatan struktur, karena material yang mudah didapatkan. Sifat beton bergantung pada karakteristik masing-masing material yang digunakan yaitu agregat halus dan kasar, semen, serta air yang akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat (Tri Mulyono, 2004). Keunggulan beton mutu tinggi mencakup kekuatan, ketahanan (keawetan), masa layanan dan efisiensi, dengan beton mutu tinggi dimensi dari struktur dapat diperkecil sehingga berat struktur menjadi lebih ringan, serta dengan porositas yang kecil beton mutu tinggi tahan terhadap kondisi lingkungan (Tri Mulyono, 2004).

Agregat menempati 60 - 70 % dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). Pasir dan kerikil alam dipergunakan sebagai agregat beton. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi yaitu dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen (Paul Nugraha dan Antoni, 2007).

Provinsi Jawa Timur adalah daerah bagian Pulau Jawa yang mempunyai potensi sumber daya alam yang baik diantaranya material pasir dan kerikil. Malang merupakan salah satu kota penghasil pasir yang bisa dipergunakan sebagai pembuatan campuran beton, hal ini dikarenakan lokasi yang terletak pada Hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas, sehingga menghasilkan pasir yang bisa di manfaatkan sebagai bahan campuran beton. Daerah Pandaan juga termasuk salah satu kota pemecah batu yang menghasilkan kerikil dengan tekstur yang keras, sehingga juga bisa dipergunakan sebagai bahan campuran beton. Tujuan dari dipilihnya dua material ini adalah sebagai inovasi pengembangan penelitian dengan menggunakan alternatif potensi material daerah di Jawa Timur khususnya pasir Malang dan kerikil Pandaan sebagai material bahan utama dalam penelitian dan pembuatan beton mutu tinggi dengan klasifikasi mutu beton  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa, dan  $f'_c$  50 MPa tanpa tambahan zat aditif. Pra penelitian pada material pembuatan beton juga wajib dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus (pasir Malang) dan agregat kasar (kerikil Pandaan) supaya didapatkan komposisi beton yang bermutu dan berkinerja tinggi yang optimal, agar mampu mencapai kuat tekan, kuat tarik, serta modulus elastisitas yang diharapkan.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian mengenai hal tersebut dengan judul: "Analisis Pengaruh Karakteristik Sumber Bahan Baku Pasir Malang Dan Kerikil Pandaan Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi". Rumusan masalah pada penelitian ini adalah: (1) Bagaimana karakteristik yang meliputi berat jenis, penyerapan, analisa ayakan, berat volume, kadar lumpur serta keausan agregat kasar dari daerah Pandaan dan agregat halus dari daerah Malang? dan (2) Bagaimana pengaruh karakteristik yang meliputi berat jenis, penyerapan, analisa ayakan, berat volume, kadar lumpur serta keausan agregat terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton mutu tinggi yang dihasilkan? Tujuan penelitian ini adalah: (1) Mengetahui karakteristik yang meliputi berat jenis, penyerapan, analisa ayakan, berat volume, kadar lumpur serta keausan dari agregat kasar daerah Pandaan dan agregat halus daerah Malang. (2) Mengetahui pengaruh karakteristik yang meliputi berat jenis, penyerapan, analisa ayakan, berat volume, kadar lumpur serta keausan agregat terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton mutu tinggi. Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi.

Beton merupakan campuran semen *portland* atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen, yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. (Tri Mulyono, 2004).

Pengujian Beton mutu tinggi meliputi: (1) Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai jenis campuran. Suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan *slump* (Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon, 1993). Pada beton mutu tinggi, kuat tekan beton yang diperoleh lebih dari 6000 psi atau 41,4 MPa (Jack C. McCormac, 2000).

Pengujian kuat tekan beton mengacu ke standar ASTM C39 M-01 dikarenakan pengujian pada skala laboratorium (masih berupa benda uji) yang dilakukan pada umur beton 28 hari. Perhitungannya dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$P$  = kuat tekan (MPa);  $F$  = gaya tekan (N);

$A$  = luas ( $\text{mm}^2$ )

(2) Uji Kuat Tarik Belah Beton. Pengujian kuat tarik beton mengacu ke standar ASTM C496-96 dikarenakan pengujian pada skala laboratorium (masih berupa benda uji), pada metode ini sebuah silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm di bebani pada penampang memanjang dengan beban yang ditingkatkan bertahap, sampai silinder mengalami kehancuran pada penampang memanjang. Kemudian gaya terbesar  $p$  dicatat dan tegangan tarik silinder dihitung dengan rumus:

$$f_r = \frac{2p}{\pi ld} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

$f_r$  = kekuatan tarik  $\text{kg/cm}^2$ ;  $p$  = gaya terbesar (ton)  
 $l$  = tinggi silinder = 30cm;  $d$  = diameter silinder = 15cm

(3) Modulus Elastisitas Beton Mutu Tinggi. Pengujian modulus elastisitas mengacu ke standar ASTM-C469-94. Pengujian ini dapat diketahui regangan *longitudinal*/searah beban dengan penambahan beban secara bertahap mulai 1ton sampai 40% mutu beton maksimum. Selanjutnya nilai modulus elastisitas dihitung dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

$E$  = Modulus Elastisitas;  $\sigma$  = Tegangan;  $\epsilon$  = Regangan

Bahan baku penyusun beton terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Fungsi dari agregat adalah sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting, maka dari itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan (Tri Mulyono, 2004).

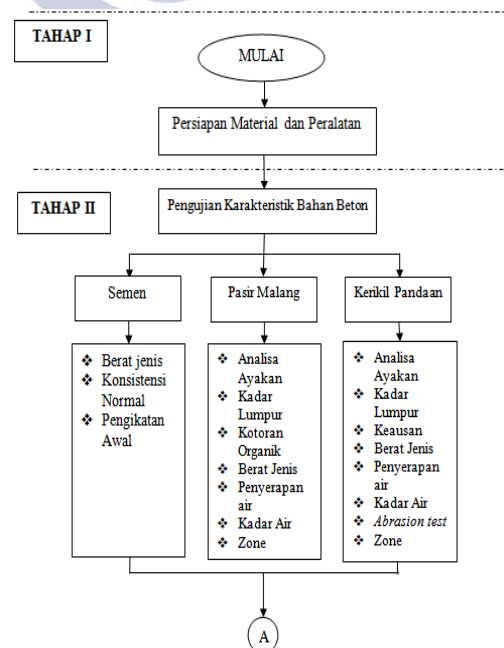
Perencanaan campuran beton (*mix design*) bertujuan untuk mempelajari sifat-sifat beton. Pemilihan bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proporsi masing-masing bahan perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). Secara garis besar langkah perhitungan *mix design* dapat diuraikan sebagai berikut: menentukan kuat tekan rata-rata rencana ( $f'_c$ ), faktor air semen, nilai *slump*, besar butir agregat maksimum, kadar air bebas, proporsi agregat, berat jenis agregat, menghitung proporsi campuran beton, dan koreksi proporsi campuran. Penelitian ini menggunakan metode *Development Of Environment (DOE)*, dengan perhitungan *software Conmixer V1.0 Vista* untuk campuran beton dengan mutu  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa, dan  $f'_c$  50 MPa, masing-masing karakteristik beton dibuat sebanyak 11 silinder, dan dibagi menjadi beberapa bagian untuk pemeriksaan *workabilitasnya*, dengan pembagian 5 silinder untuk uji kuat tekan, 3 silinder untuk uji kuat tarik belah, dan 3 silinder untuk uji modulus elastisitas, maka jumlah

keseluruhan dari 3 karakteristik beton mutu tinggi adalah 33 buah silinder.

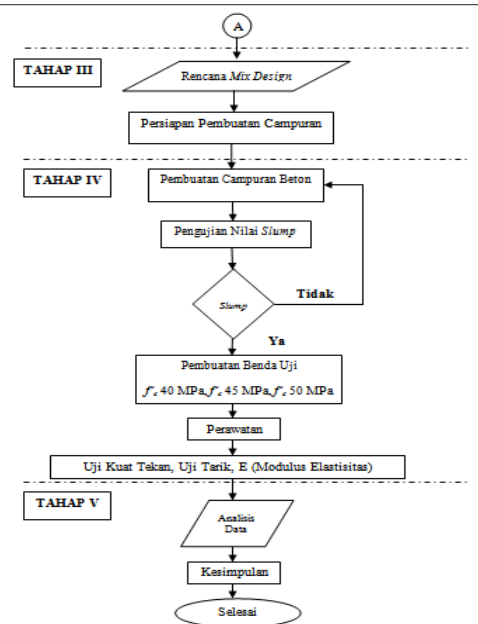
## METODE

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan kerja seperti yang tercantum dalam bagan alir di bawah ini:

1. Tahap I  
 Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan maupun peralatan yang akan digunakan dalam pengujian material, pembuatan adukan beton, pengujian *slump* dan pembuatan benda uji.
2. Tahap II  
 Pada tahap ini dilakukan pengujian material yaitu semen, agregat halus dan agregat kasar. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui karakteristik material dan menentukan material tersebut memenuhi syarat atau tidak sebagai bahan campuran beton.
3. Tahap III  
 Pada tahap ini dilakukan *mix design* untuk mengetahui proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang diperlukan dalam campuran beton agar diperoleh  $f'_c$  beton yang direncanakan.
4. Tahap IV  
 Pada tahap ini dilakukan pembuatan campuran beton sesuai dengan *mix design*. Selanjutnya dilakukan pengujian, benda uji silinder dibuat dengan ukuran 30 cm x 15 cm sebanyak 33 buah silinder, dengan aturan tiap-tiap mutu beton sebanyak 11 benda uji. Kuat tekan sebanyak 5 buah silinder, kuat tarik belah 3 buah silinder dan modulus elastisitas sebanyak 3 buah silinder.
5. Tahap V  
 Pada tahap ini dilakukan analisa data dari hasil pengujian.







**Gambar 1.** Bagan Alir Tahapan Penelitian

Klasifikasi penelitian ini termasuk penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Beton dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini akan menganalisis potensi material pasir Malang dan kerikil Pandaan sebagai campuran beton mutu tinggi, serta pengaruh karakteristik material tersebut terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton mutu tinggi.

Pada penelitian ini menggunakan analisa data deskriptif kualitatif yang digunakan untuk mengetahui hasil dari kuat tekan, kuat tarik belah, serta modulus elastisitas beton mutu tinggi dengan menggunakan material pasir Malang dan kerikil Pandaan. Pengujian material dilakukan terlebih dahulu, yang meliputi: (1) Pengujian karakteristik agregat halus meliputi analisa berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, analisa kadar air, analisa berat volume dan analisa kadar lumpur sesuai dengan ASTM C33-128. (2) Pengujian karakteristik agregat kasar meliputi analisa saringan, analisa kadar air, analisa berat jenis dan penyerapan, analisa berat volume, keausan dan analisa kadar lumpur sesuai dengan ASTM C33-128.

Hasil perhitungan perencanaan campuran yang menggunakan metode *Development Of Environment (DOE)* dengan perhitungan software *Conmixer V1.0 Vista* untuk campuran mutu beton  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa, dan  $f'_c$  50 MPa masing-masing 11 silinder dan total jumlah keseluruhan 33 buah silinder, sebagai berikut:

Mix Design Results			
Target compressive strength 40Mpa			
Air content 0%			
Water cement ratio 0.4545943			
Quantity of materials/cubic metre			
Weight of water	185.9055litres		
Weight of cement	461.9603Kg		
Weight of fine aggregates	745.5389Kg		
Weight of Coarse aggregates	864.3101Kg		
Mix proportion			
Cement	Fine aggregate	Coarse aggregates	Water cement ratio
1	1.812894	1.849358	0.4545943
50kg	85.69471Kg	92.48774Kg	22.72972Litres

**Gambar 2.** Perhitungan software *Conmixer V1.0 Vista*  $f'_c$  40 MPa metode *Development Of Environment (DOE)*

Mix Design Results			
Target compressive strength 45Mpa			
Air content 0%			
Water cement ratio 0.4246755			
Quantity of materials/cubic metre			
Weight of water	186.239litres		
Weight of cement	494.4952Kg		
Weight of fine aggregates	733.4735Kg		
Weight of Coarse aggregates	833.5186Kg		
Mix proportion			
Cement	Fine aggregate	Coarse aggregates	Water cement ratio
1	1.483277	1.685555	0.4246755
50kg	74.16386Kg	84.27974Kg	21.23377Litres

**Gambar 3.** Perhitungan software *Conmixer V1.0 Vista*  $f'_c$  45 MPa metode *Development Of Environment (DOE)*

Mix Design Results			
Target compressive strength 50Mpa			
Air content 0%			
Water cement ratio 0.3999954			
Quantity of materials/cubic metre			
Weight of water	186.5216litres		
Weight of cement	639.3091Kg		
Weight of fine aggregates	721.9077Kg		
Weight of Coarse aggregates	809.0086Kg		
Mix proportion			
Cement	Fine aggregate	Coarse aggregates	Water cement ratio
1	1.361296	1.525542	0.3999954
50kg	68.0648Kg	76.27708Kg	19.79977Litres

**Gambar 4.** Perhitungan software *Conmixer V1.0 Vista*  $f'_c$  50 MPa metode *Development Of Environment (DOE)*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Hasil Karakteristik Agregat

Hasil dari pengujian karakteristik pasir Malang dan kerikil Pandaan didapat nilai seperti pada tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Kerikil Pandaan)

No	Karakteristik Agregat	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil Pandaan)	SNI
1	Berat jenis	2,78 gram/cc, Penyerapan 0,81%	2,0 – 3,0 gram/cc
2	Analisa Ayakan	Modulus kehalusan 7,64, Zone 1	3.0-8.0
3	Berat Volume	1,37 gram/cc	1,5 – 2,0 gram/cc
4	Kadar Lumpur	0,56 %	1%
5	Kadar Air	2,15%	<5%
6	Keausan	3,22%	40%

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus (Pasir Malang)

N o	Karakteristik Agregat	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir Malang)	SNI
1	Berat jenis	2,75 gram/cc, Penyerapan 0,58%	2,5 – 3,2 gram/cc
2	Analisa Ayakan	Modulus kehalusan 3.17, Zone 2	3.0-8.0
3	Berat Volume	1,59 gram/cc	1,5 – 2,0 gram/cc
4	Kadar Air	2,25%	<5%
5	Kadar Lumpur	2,25 %	< 5%

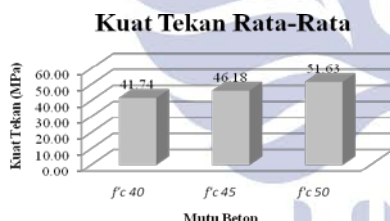
Pengujian karakteristik agregat kasar dari pemecah batu di Pandaan didapat hasil dari berat jenis memperoleh hasil 2,78 gr/cc, penyerapan 0,81%,

analisa ayakan 7,64% masuk dalam zone 2, Berat volume 1,37 gr/cc, Kadar lumpur 0,56%, kadar air 2,15%, Keausan 3,22%. Hasil pengujian agregat kasar tersebut sudah sesuai dengan SNI, sehingga kerikil dari pemecah batu di Pandaan dapat digunakan untuk campuran beton mutu tinggi. Pengujian karakteristik agregat halus dari hulu Brantas di Malang didapat hasil dari berat jenis 2,75 gr/cc, penyerapan 0,58%, Analisa ayakan 3,17% masuk pada zone 2, berat volume 1,59 gr/cc, kadar air 2,25%, kadar lumpur 2,25%. Hasil pengujian agregat halus tersebut sudah sesuai dengan SNI, sehingga pasir dari hulu Brantas di Malang dapat digunakan untuk campuran beton mutu tinggi.

## B. Hasil Pengujian Kuat Tekan, Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik.

### 1) Hasil pengujian kuat tekan.

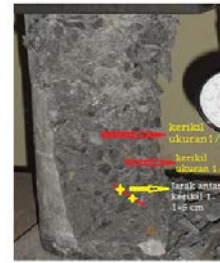
Jenis agregat yang telah dipilih yaitu agregat halus (pasir Malang) dan agregat kasar (kerikil Pandaan) yang digunakan dalam variasi campuran beton mutu tinggi sampai pada umur 28 hari diperoleh rata-rata kuat tekan sebesar 41,74 MPa untuk 5 benda uji campuran beton mutu  $f'_c$  40, 46,18 MPa untuk 5 benda uji campuran beton mutu  $f'_c$  45 dan 51,63 MPa untuk 5 benda uji campuran beton mutu  $f'_c$  50. Ketiga karakteristik mutu beton dari 15 benda uji silinder yang di uji rata-rata mencapai kekuatan yang direncanakan namun hasilnya tidak setinggi dari perhitungan yang menggunakan *Conmixer V1.0 Vista*.



**Gambar 5.** Diagram Rata-Rata Kuat Tekan Beton Mutu  $f'_c$  40 Mpa,  $f'_c$  45 MPa dan  $f'_c$  50 MPa



**Gambar 6.** Retakan yang terjadi pada silinder



**Gambar 7.** Susunan agregat pada silinder setelah Pengujian

Kuat Tekan yang berbeda disebabkan pada saat memasukkan campuran ke dalam cetakan seluruh butiran kerikil dan pasir dimasukkan tanpa seleksi ukuran agregat.

Susunan kerikil juga mempengaruhi kuat tekan, karena jarak antar butiran kerikil pada silinder berbeda, demikian juga besar butirannya. Tebal pasta semen berpengaruh pada kuat tekan, tampak pada silinder setelah silinder di uji tekan, kerikil terlepas dari pasta semen, jadi makin tebal pasta semen makin kecil nilai kuat tekannya (Neville, 1982).

### 2) Hasil pengujian kuat tarik belah

Pengujian kuat tarik belah yang dilakukan dari jenis agregat yang dipilih yaitu agregat halus (pasir Malang) dan agregat kasar (kerikil Pandaan) yang digunakan dalam variasi campuran beton mutu tinggi sampai pada umur 28 hari berturut-turut diperoleh rata-rata kuat tarik belah 3,46 MPa untuk 3 benda uji campuran beton mutu tinggi  $f'_c$  40 MPa, 3,21 MPa untuk 3 benda uji campuran beton mutu tinggi  $f'_c$  45 MPa dan 3,26 MPa untuk 3 benda uji campuran beton mutu tinggi  $f'_c$  50 MPa.



**Gambar 8.** Diagram Rata-rata Kuat Tarik Belah Beton Mutu  $f'_c$  40 Mpa,  $f'_c$  45 MPa dan  $f'_c$  50 MPa



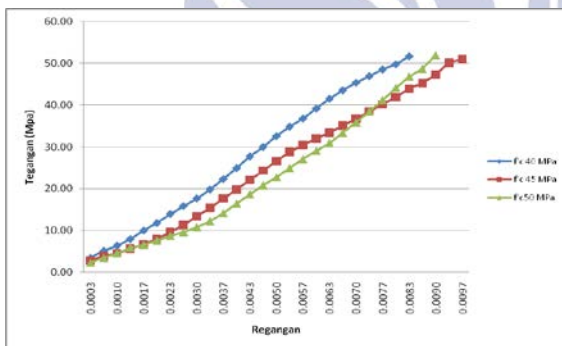
**Gambar 9.** Silinder beton setelah mengalami pengujian kuat tarik belah



Nilai dari Pengujian kuat tarik belah dari tiga jenis mutu yang direncanakan rata-rata hampir sama, tetapi dalam pengujian kuat tarik belah beton mengalami perbedaan bentuk saat silinder beton terbelah, hal ini dikarenakan pada saat peletakan penampang kurang tepat, dan faktor susunan agregat beton yang kurang homogen.

3) Hasil pengujian modulus elastisitas.

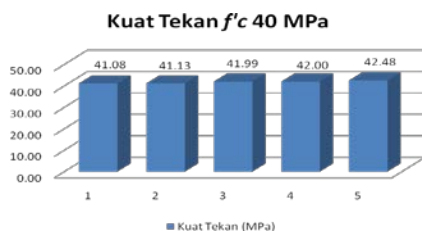
Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan dari jenis agregat yang telah dipilih, yaitu agregat halus (pasir Malang) dan agregat kasar (kerikil Pandaan) digunakan dalam variasi campuran beton mutu tinggi sampai pada umur 28 hari berturut-turut diperoleh rata-rata modulus elastisitas sebesar 5020,7 MPa untuk 3 benda uji campuran beton mutu  $f'_c$  40 MPa, 5724,8 MPa untuk 3 benda uji campuran beton mutu  $f'_c$  45 MPa dan 5750,7 MPa untuk 3 benda uji campuran beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Ketiga karakteristik mutu beton dari 9 benda uji silinder yang di uji rata-rata memenuhi persyaratan tegangan untuk masuk klasifikasi beton mutu tinggi, namun belum memenuhi syarat regangan, dikarenakan ketelitian dial dan alat yang kurang signifikan dan akurat.



**Gambar 10.** Grafik Rata-rata Modulus Elastisitas Mutu Beton  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa,  $f'_c$  50 MPa

**C. Analisis Pengaruh Karakteristik Agregat Kasar dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus elastisitas Beton Mutu Tinggi.**

Analisis pengaruh agregat dilakukan untuk mengetahui hubungan karakteristik agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa,  $f'_c$  45 MPa dan  $f'_c$  50 MPa



**Gambar 11.** Diagram Kuat tekan Beton Mutu  $f'_c$  40 MPa

(1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian berat jenis kerikil berpengaruh terhadap kuat tekan, karena semakin besar berat jenisnya maka semakin besar kuat tekannya.

(2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian analisa ayakan hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

(3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian berat volume hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

(4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian kadar air hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

(5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas, karena pengujian kadar lumpur hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

(6) **Keausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar

3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 41,74 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian keausan tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian keausan hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

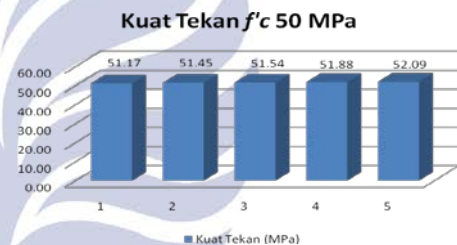


Gambar 12. Diagram Kuat tekan Beton Mutu  $f'_c$  45 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 46,18 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian berat jenis kerikil berpengaruh terhadap kuat tekan, karena semakin besar berat jenisnya maka semakin besar kuat tekannya.
- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 46,18 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian analisa ayakan hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.
- (3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 46,18 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian berat volume hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.
- (4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata

sebesar 46,18 Mpa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian kadar air hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 46,18 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas, karena pengujian kadar lumpur hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.
- (6) **Keausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 46,18 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian keausan tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian keausan hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

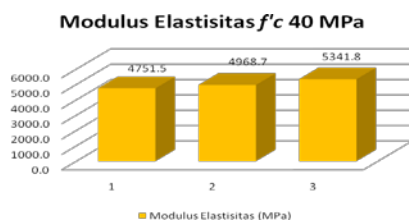


Gambar 13. Diagram Kuat tekan Beton Mutu  $f'_c$  50 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian berat jenis kerikil berpengaruh terhadap kuat tekan, karena semakin besar berat jenisnya maka semakin besar kuat tekannya.
- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian analisa ayakan hanya

dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.

- (3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian berat volume hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.
- (4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian kadar air hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.
- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas, karena pengujian kadar lumpur hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.
- (6) **Keausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap kuat tekan menghasilkan rata-rata sebesar 51,63 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian keausan tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, karena pengujian keausan hanya dilakukan 1 kali, maka tidak bisa dibandingkan dengan hasil dari kuat tekan.



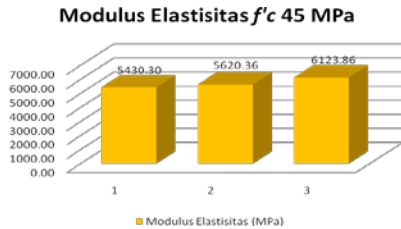
**Gambar 14.** Diagram Modulus Elastisitas Beton Mutu  $f'_c$  40 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc,

2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5020,67 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian berat jenis tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa.

- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5020,67 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5020,67 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5020,67 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5020,67 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (6) **Keausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5020,67 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian keausan kerikil tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa.



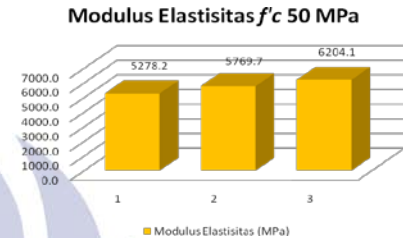


**Gambar 15.** Diagram Modulus Elastisitas Beton Mutu  $f'_c$  45 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5274,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari berat jenis tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5274,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5274,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5274,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-

rata sebesar 5274,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  45 MPa.

- (6) **Keausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5274,84 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian keausan kerikil tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  45 MPa.

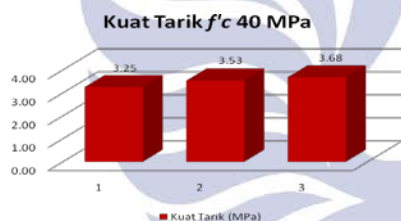


**Gambar 16.** Diagram Modulus Elastisitas Beton Mutu  $f'_c$  50 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5750,66 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian berat jenis tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5750,66 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (3) **Berat Volume**, Pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5750,66 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari

kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5750,66 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  50 MPa.

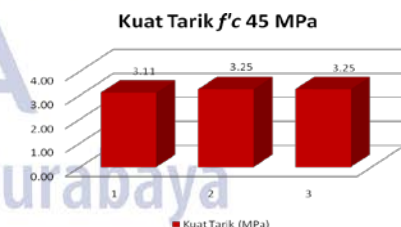
- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar lumpur terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5750,66 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (6) **Kausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap modulus elastisitas menghasilkan rata-rata sebesar 5750,66 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian keausan kerikil tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  50 MPa.



Gambar 17. Diagram Kuat Tarik Beton Mutu  $f'_c$  40 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,49 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari berat jenis kerikil tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,49 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian penyerapan tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  40 MPa.

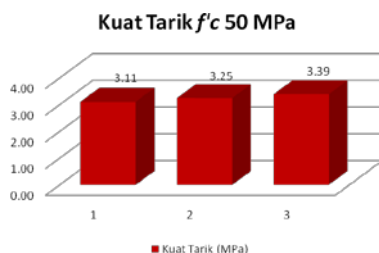
- (3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,49 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (4) **Kadar Air**, pengujian kadar air dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,49 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,49 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  40 MPa.
- (6) **Kausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,49 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  40 MPa. Hasil dari pengujian keausan kerikil tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  40 MPa.



Gambar 18. Diagram Kuat Tarik Beton Mutu  $f'_c$  45 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari berat jenis kerikil tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  45 MPa.

- (2) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (3) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (4) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (5) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  45 MPa.
- (6) **Kausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,21 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  45 MPa. Hasil dari pengujian keausan kerikil tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  45 MPa.



**Gambar 19.** Diagram Kuat Tarik Beton Mutu  $f'_c$  50 MPa

- (1) **Berat Jenis**, pengujian berat jenis dilakukan 3 kali pengujian. Berat jenis dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc. Hubungan berat jenis terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari berat jenis kerikil tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (2) **Penyerapan**, pengujian penyerapan dilakukan 1 kali pengujian. Penyerapan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,81%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 0,58%. Hubungan penyerapan terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari Pengujian penyerapan tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (3) **Analisa Ayakan**, pengujian analisa ayakan dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 7,64%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 3,17%. Hubungan analisa ayakan terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian analisa ayakan tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (4) **Berat Volume**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian analisa ayakan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 1,37gram/cc, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 1,59 gram/cc. Hubungan berat volume terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian berat volume tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (5) **Kadar Air**, pengujian berat volume dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar air dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 2,15%, sedangkan berat jenis dari pasir Malang diperoleh hasil sebesar 2,25%. Hubungan kadar air terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 Mpa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian kadar air tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.
- (6) **Kadar Lumpur**, pengujian kadar lumpur dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian kadar lumpur dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 0,56%. Hubungan kadar lumpur terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian kadar lumpur tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.



- (7) **Keausan Kerikil**, pengujian keausan kerikil dilakukan 1 kali pengujian. Pengujian keausan dari kerikil Pandaan diperoleh hasil sebesar 3,22%. Hubungan keausan kerikil terhadap kuat tarik belah menghasilkan rata-rata sebesar 3,25 MPa untuk beton mutu  $f'_c$  50 MPa. Hasil dari pengujian keausan kerikil tidak ada pengaruh terhadap kuat tarik beton mutu  $f'_c$  50 MPa.

## PENUTUP

### Simpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diperoleh berdasarkan tujuan dan rumusan masalah yang telah dibuat maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Agregat dari pemecah batu di Pandaan dapat digunakan sebagai campuran beton mutu tinggi. Agregat halus dari hulu sungai Brantas di Malang juga dapat digunakan sebagai campuran beton mutu tinggi.
2. Secara keseluruhan nilai karakteristik agregat yang dipilih yaitu agregat halus (pasir Malang) dan agregat kasar (kerikil Pandaan) memenuhi spesifikasi dan ketentuan syarat hasil pengujian material menurut SNI-03-1750-1990 (Mutu dan Cara Uji Agregat Beton). Hasil pengujian agregat kasar (kerikil Pandaan) berat jenisnya sebesar 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, 2,80gram/cc., penyerapan sebesar 0,81%, modulus kehalusan dari analisa ayakan agregat kasar sebesar 7,64% dan masuk ke zone 1, berat volume sebesar 1,37 gram/cc, kadar lumpur sebesar 0,56%, dan keausan dari agregat kasar sebesar 3,22%. Hasil dari pengujian agregat halus (pasir Malang) berat jenisnya sebesar 2,72gram/cc, 2,75gram/cc, 2,78gram/cc, penyerapan sebesar 0,58%, modulus kehalusan dari analisa ayakan sebesar 3,17% masuk ke zone 2, berat volume sebesar 1,59gram/cc, dan kadar lumpur sebesar 2,25%. Pengujian karakteristik yang telah dilakukan dari material Pasir Malang dan Kerikil Pandaan memenuhi karakteristik untuk beton mutu tinggi setelah dilakukan pencucian dengan nilai Faktor Air Semen yang disyaratkan untuk beton mutu tinggi sebesar 0,2-0,35 dan dalam penelitian ini nilai FAS sebesar 0,4, karena penelitian ini adalah beton normal tanpa menggunakan zat *additive*.
3. Hasil penelitian diperoleh nilai berat jenis kerikil Pandaan dan pasir Malang berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena semakin tinggi berat jenisnya maka semakin besar kuat tekannya, tetapi tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas dan kuat tarik belah. Sedangkan, untuk analisa ayakan pasir dan kerikil, berat volume pasir dan kerikil, kadar lumpur pasir dan kerikil, serta keausan kerikil tidak berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas, karena pengujian analisa ayakan, berat volume, kadar lumpur, dan keausan hanya dilakukan 1 kali pengujian, maka tidak bisa

dibandingkan dengan hasil kuat tekan, kuat tarik belah, maupun hasil dari modulus elastisitasnya.

Hasil penelitian yang diperoleh memenuhi syarat kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas, rata-rata dari kuat tekan beton dengan mutu  $f'_c$  40 MPa dengan 5 benda uji sebesar 41,74 MPa, mutu  $f'_c$  45 MPa dengan 5 benda uji sebesar 46,18 MPa, dan mutu  $f'_c$  50 MPa dengan 5 benda uji sebesar 51,63 MPa. Nilai rata-rata kuat tarik belah beton mutu  $f'_c$  40 MPa dengan 3 benda uji sebesar 3,46 MPa, mutu  $f'_c$  45 MPa dengan 3 benda uji sebesar 3,21 MPa, dan mutu  $f'_c$  50 MPa dengan 3 benda uji sebesar 3,26 MPa. Nilai rata-rata modulus elastisitas beton mutu  $f'_c$  40 MPa dengan 3 benda uji masing-masing sebesar 5020,7 MPa, mutu  $f'_c$  45 MPa dengan 3 benda uji sebesar 5724,84 MPa, dan mutu  $f'_c$  50 MPa dengan 3 benda uji sebesar 5750,7 MPa. Tetapi nilai regangan yang diperoleh belum memenuhi syarat regangan (yang didapat 0,0083 dan yang seharusnya 0,0023). Nilai karakteristik dari agregat (kerikil Pandaan dan pasir Malang) didapat hasil bahwa karakteristik dari agregat sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton, sedangkan nilai karakteristik agregat (kerikil Pandaan dan pasir Malang) tidak berpengaruh terhadap modulus elastisitas dan kuat tarik belah beton.

### Saran

1. Agar diperoleh pengetahuan yang luas tentang beton mutu tinggi, maka penelitian ini dapat dilanjutkan ke penelitian beton yang lebih tinggi.
2. Penggunaan *Conmixer* sebagai metode *mix design* pada penelitian ini dapat memenuhi material yang ada di Indonesia, maka juga disarankan untuk memakai metode SNI.

### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 33. 2004. "Standard Spesifikasi for Concrete Aggregates", Annual Books of ASTM Standards, USA
- ASTM C 39. 2001. "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Annual Books of ASTM Standards, USA
- ASTM C 496-96. 2001. "Standard Test Method For Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Annual Books of ASTM Standards, USA
- ASTM, C 469-94. 2001 "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression", Annual Books of ASTM Standards, USA
- Chu Kia Wang dan G.Salmon Charles.1993. *Desain Beton Bertulang* Jilid 1. Terjemahan oleh Ir. Binsar Hariandja, M.Eng., Ph.D. 1985. Jakarta: Erlangga
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

- Mc.Cormac, Jack. 2000. *Desain Beton Bertulang* edisi 5.  
Jakarta: Erlangga.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV.  
Andi Offset
- Neville, A.M. 1982. *Properties of Concrete Longman  
Scientific and Technical*, New York
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari  
Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*.  
Yogyakarta: CV. Andi Offset
- Pd T-04-2004-C. *Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan  
Beton Berkekuatan Tinggi*. Bandung:  
Departemen Perumahan dan Prasarana
- SNI-03-1750-1990. *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*.  
Badan Standarisasi Nasional
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara pembuatan rencana  
campuran beton normal*. Badan Standarisasi  
Nasional
- SNI 03-6468-2000. *Standar Beton mutu tinggi (high  
strength concrete)*. Badan Standarisasi Nasional

