

## PERANCANGAN KUALITAS BETON BERDASARKAN MIXTURE EXPERIMENTS

Johnson Saragih<sup>1)</sup>

Rina Fitriana<sup>2)</sup>

Endang Djuana<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti<sup>1,2)</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti<sup>3)</sup>

Jl. Kiyai Tapa, No: 1, Grogol, Jakarta Barat, Jakarta

Telepon (021) 5663232 ekst 4807

E-mail: johnson\_saragih@yahoo.com<sup>1)</sup> rinauda@yahoo.com<sup>2)</sup>

endangdjuana@trisakti.ac.id<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

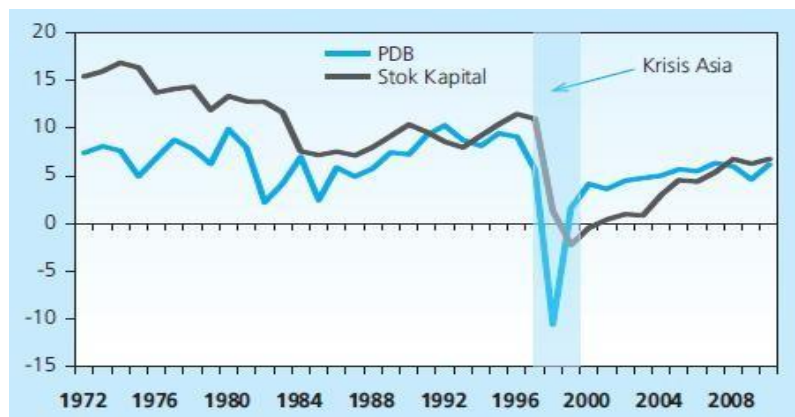
Beton adalah merupakan salah satu bahan bangunan yang tepat untuk digunakan didalam mengimbangi laju pertumbuhan infrastruktur. Hampir 60% material yang digunakan didalam pengerjaan infrastruktur adalah beton (concrete) sehingga beton yang berkualitas sangat diperlukan untuk menopang infrastruktur yang baik. Menurut SNI 2847-2013, standard minimum beton adalah sebesar 17 Mpa (Newton/mm<sup>2</sup>), yang berarti bersifat *lager is the better*. Mutu beton sangatlah dipengaruhi oleh komposisi campuran bahan baku yang dikandungnya, maka pada penelitian ini bagaimana caranya komposisi tersebut diatur sedemikian rupa agar mutu yang telah ditetapkan dapat tercapai dengan optimal. Berdasarkan randomisasi yang dilakukan dengan metoda *mixture experiments*, pada software *minitab* versi 17, diperoleh komposisi optimal campuran bahan baku beton adalah agregat kasar sebesar 30.6%, agregat halus 30.6 %, semen 28 % dan air 9 %, dengan kuat tekan beton sebesar 17 Mpa, verifikasi perolehan ini akan diuji kemudian di lab beton dengan uji silinder yang berdiameter sebesar 15 cm dan tingginya 30 cm. hasil uji kuat tekan beton diperoleh sebesar 325 kN, yang setara dengan 18.38 Mpa

Kata Kunci: Beton, Mixture Experiments, Kuat Tekan

### Pendahuluan

#### Latar Belakang

Pembangunan Infrastruktur akhir akhir ini, sangat pesat dilakukan oleh Pemerintah Indonesia, karena dengan adanya infrastruktur yang baik diharapkan akan meningkatkan daya saing perekonomian. Berdasarkan *The Global Competitiveness Report 2014/2015*, dari segi infrastruktur dan konektivitas Indonesia menempati peringkat ke 56. Hal ini berarti terjadi peningkatan sebesar 9,09%, jika dibandingkan dengan tahun 2011. Infrastruktur dapat dikategorikan sebagai salah satu modal fisik (*physical capital*) yang berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi [1]. Grafik sederhana yang ditunjukkan pada Gambar 1, menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi mempunyai hubungan yang searah dengan pertumbuhan akumulasi stok kapital atau investasi. Hal ini berarti peran penting Investasi atau akumulasi kapital fisik/infrastruktur sebagai salah satu penggerak pertumbuhan ekonomi Indonesia.



Gambar 1. Pertumbuhan Produk Domestik Bruto dan Stok Kapital

Peningkatan jumlah infrastruktur tersebut berbanding lurus dengan jumlah bahan bangunan dan teknologi yang digunakan. Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang tepat untuk digunakan didalam mengimbangi laju pertumbuhan Infrastruktur, menurut [2] hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan infrastruktur adalah beton (*concrete*) dan menurut SNI 2847-2013, standard minimum beton adalah sebesar 17 MPa (*Newton/mm<sup>2</sup>*), berarti bersifat ***larger is the better***, artinya semakin besar kuat tekan beton dari 17 MPa maka kekuatan beton semakin baik. Menurut [3] bahan baku beton yang paling banyak digunakan adalah semen portland, sebagai semen hidrolik, yang dihasilkan, dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat, dan pada umumnya mengandung satu atau lebih kalsium sulfat yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Selain Semen bahan baku lainnya berdasarkan [3] adalah air dan agregat, agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini terdiri dari dua jenis yaitu agregat halus dan kasar yang berasal dari batu-batuan alam, maupun batuan buatan. Kuat tekan (***compressive strength***) adalah satu indikator mutu yang dijadikan oleh SNI, untuk menentukan apakah beton tersebut, bermutu atau tidak, sedangkan kuat tekan beton -nya diduga dipengaruhi oleh komposisi campuran beton, oleh karena itu didalam penelitian ini, perlu diteliti sampai sejauh mana komposisi campuran beton tersebut mempengaruhi kuat beton yang dimaksud.

### ***Mixture Experiments***

Menurut [1], mixture experiment adalah merupakan bagian khusus dari Response Surface Methodology, dimana faktor faktor yang berpengaruh selalu berjumlah sama dengan satu, secara umum persamaan matematis Mixture experiment dapat dimodelkan sebagai  $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_p)$  dengan  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_p = 1$ , dimana  $y$  : menyatakan variabel yang dipengaruhi atau biasa disebut sebagai variabel response, sedangkan  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$  adalah variabel yang mempengaruhi, dalam hal ini, berupa komposisi komposisi campuran. Jika  $p = 2$  maka  $x_1 + x_2 = 1$  dapat digambarkan dalam sistem koordinat kartesius berupa bidang datar, dimana nilai  $x_1$  dan  $x_2$  dibatasi antara 0 dan 1, ( $0 \leq x_1, x_2 \leq 1$ ), sedangkan jika  $p = 3$  maka  $x_1 + x_2 + x_3 = 1$ , dapat digambarkan pada dimensi 3 berupa kubus dengan nilai  $x_1, x_2$  dan  $x_3$  dapat bergerak dari 0 hingga 1 atau ( $0 \leq x_1, x_2, x_3 \leq 1$ ).

### ***Beton***

Menurut [3] beton didefinisikan sebagai campuran Semen Portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Berdasarkan jenisnya beton dapat dikategorikan menjadi beton normal, bertulang, pracetak, pra-tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber dan lain sebagainya. Proses 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. Secara umum proses pembuatan beton adalah sebagai berikut:

1. Tentukan komposisi masing masing bahan baku, berupa agregat kasar (*split*), agregat halus (*pasir*), semen portland dan air
2. Aduk hingga merata, jika tidak menggunakan bahan kimia lain atau tidak akan terjadi beton
3. Sedangkan jika adukan beton menggunakan tulangan berupa besi baja maka akan terjadi beton bertulang atau serat maka akan terjadi beton berserat. Jadi tergantung bahan baku tambahannya.

### Metodologi Penelitian

Metoda penelitian yang digunakan didalam penelitian ini, adalah dengan membangkitkan input data secara random dengan software minitab, hasil dari pembangkitkan data tersebut kemudian dipakai menjadi rancangan komposisi bahan baku beton. Verifikasi keluaran model komposisi bahan baku beton, maka dilakukan uji kuat tekan di laboratorium beton. Adapun langkah langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangkitkan data secara random, sebagai titik titik percobaan komposisi bahan baku
2. Menentukan komposisi campuran pertama yaitu agregat kasar, agregat halus dan semen
3. Menentukan komposisi campuran kedua yaitu antara campuran pertama dan air.
4. Menentukan komposisi campuran beton yang optimal
5. Membandingkan antara komposisi keluaran model dengan uji laboratorium
6. Melakukan analisis antara keluaran model dan uji laboratorium
7. Memberikan usulan komposisi campuran beton yang optimal

### Hasil dan Perancangan

Seperti yang telah dijelaskan pada metodologi penelitian, titik titik percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan membangkitkan input data secara random, dengan komposisi campuran pertama adalah yang terdiri dari agregat kasar (*split*), agregat halus ( pasir) dan semen Adapun rancangan komposisi campuran pertama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan komposisi campuran pertama

No	Elemen campuran	Lower bound	Upper bound
1	Agregat kasar	0.34	0.35
2	Agregat halus	0.33	0.34
3	Semen	0.31	0.32

Titik titik rancangan percobaan dilakukan dengan formulasi  $2^p - 1$  , dimana  $p = 3$  menyatakan komponen campuran sedangkan angka 2 menyatakan level yaitu *lower bound* dan *upper bound*, dengan replikasi sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 21 titik percobaan. Adapun titik titik percobaan pada Tabel 2.

Berdasarkan rancangan komposisi yang telah di eksekusi dari program, maka dilakukan uji kuat beton pada masing masing komposisi, yang secara otomatis akan diperoleh komposisi optimal pada Tabel 3. Dan perumusan model matematika seperti yang dapat dilihat pada Persamaan 1.

Tabel 2. Titik percobaan komposisi campuran satu

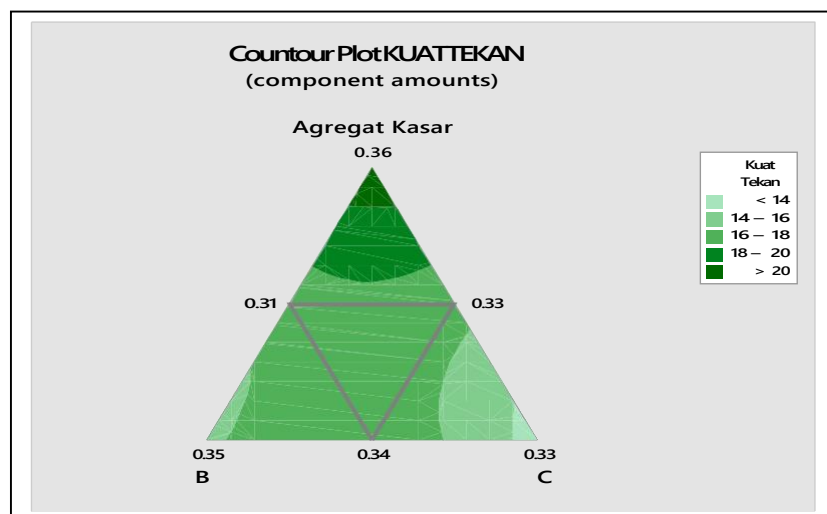
Titik Percobaan	Komponen Campuran Satu			Respon
	Agregat Kasar	Agregat Halus	Semen	Kuat Tekan
1	0.343	0.338	0.318	17.6
2	0.348	0.338	0.313	17.45
3	0.343	0.338	0.318	16.50
4	0.346	0.336	0.316	16.45
5	0.346	0.336	0.316	17.50
6	0.350	0.340	0.310	16.30
7	0.350	0.340	0.310	17.56
8	0.350	0.330	0.320	16.30
9	0.340	0.340	0.320	17.80
10	0.346	0.336	0.316	17.06
11	0.343	0.338	0.318	16.45
12	0.340	0.340	0.320	16.70
13	0.348	0.338	0.313	17.23
14	0.350	0.340	0.320	17.02
15	0.348	0.338	0.318	16.20
16	0.348	0.330	0.313	16.98
17	0.348	0.333	0.318	17.56
18	0.348	0.338	0.318	17.23
19	0.340	0.333	0.320	16.56
20	0.350	0.333	0.320	17.01
21	0.350	0.340	0.321	17.34

Tabel 3. Rancangan komposisi campuran satu

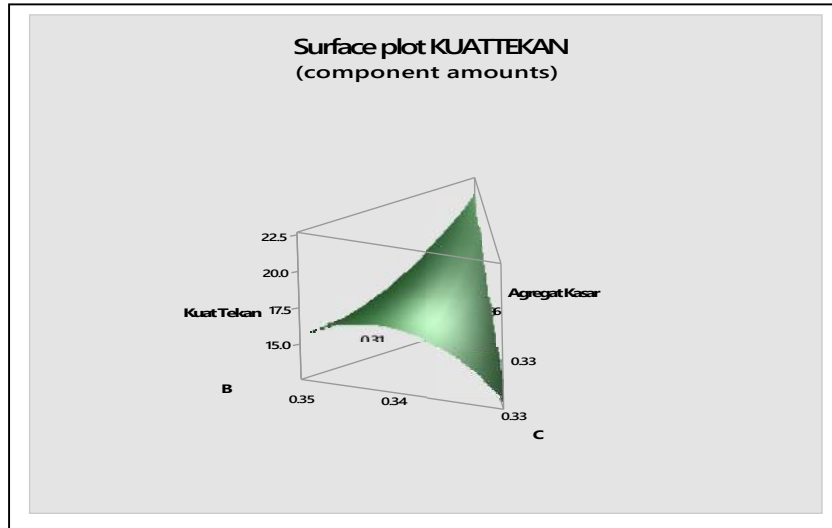
No	Komponen	Komposisi
1	Agregat Kasar	0.34
2	Agregat Halus	0.34
3	Semen	0.31

$$\hat{y} = -7338x_1 - 2794x_2 - 6647x_3 - 14855x_1.x_2 - 5455x_1.x_3 + 2674x_2.x_3 \quad (1)$$

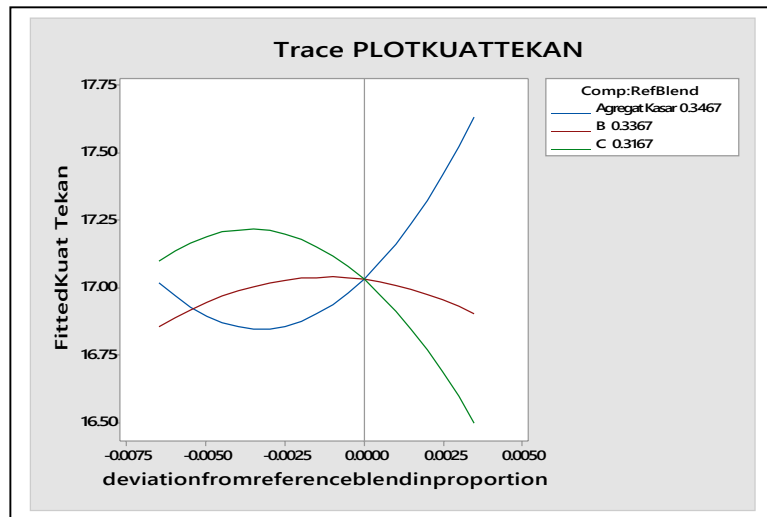
Dimana  $x_1$  menyatakan agregat kasar,  $x_2$  menyatakan agregat halus dan  $x_3$  menyatakan semen



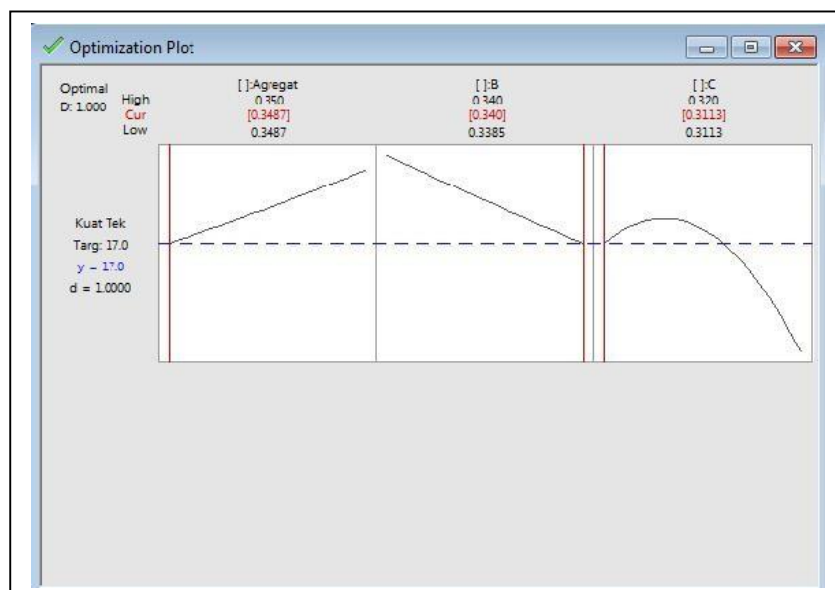
Gambar 2. Countour plot kuat beton



Gambar 3. Surface plot kuat tekan



Gambar 4. Trace plot kuat beton



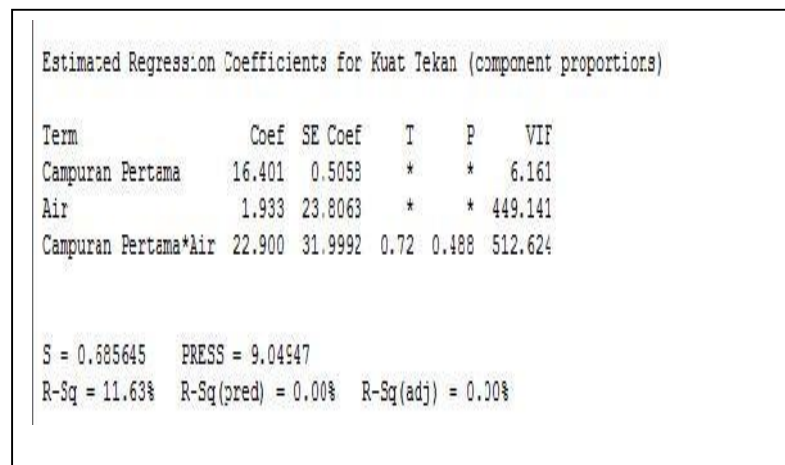
Gambar 5. Optimum plot campuran satu

Model matematis dari persamaan 1, dapat digambarkan dalam bentuk ruang dimensi 3, seperti yang terlihat pada Gambar 2, dan terdapat kecenderungan jika agregat kasarnya ditingkatkan maka kuat tekan akan semakin meningkat, dan jika komponen semen dikurangi maka kuat tekannya akan semakin menurun. Sedangkan Gambar 2, adalah merupakan representasi dari Gambar 3, hasil proyeksi bidang lengkung terhadap bidang dimensi dua.

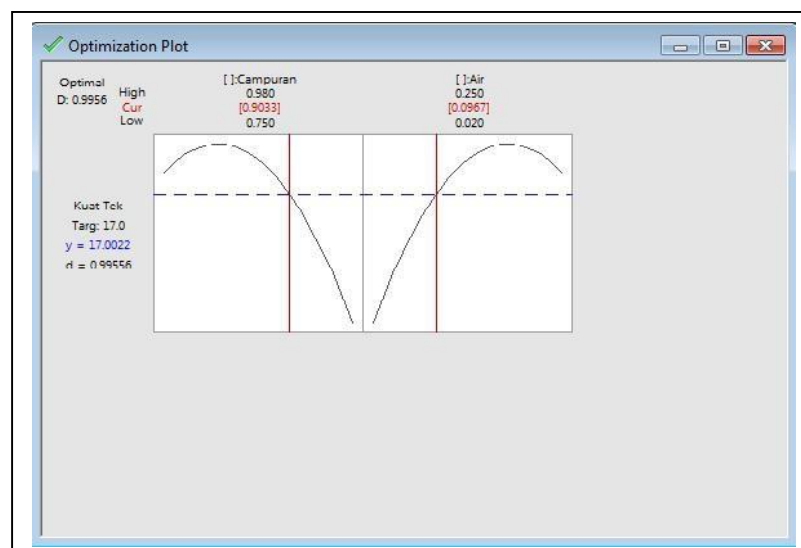
Sedangkan Gambar 4, adalah yang menyatakan trace plot, artinya kita dapat melihat peningkatan dan penurunan kuat tekan, apabila pergeseran dilakukan terhadap titik optimalnya. Misalkan dilakukan pergeseran deviasi sebesar 0.0025 pada agregat kasar maka akan terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 17.35 Mpa dan apabila dilakukan pergeseran deviasi sebesar 0.0025 pada semen maka akan terjadi penurunan kuat tekan menjadi 16.85 Mpa. Gambar 5 menunjukkan titik optimal campuran satu yaitu 0.34 untuk agregat kasar, 0.34 agregat halus dan 0.31 untuk semen dengan kuat tekan beton sebesar 17 Mpa. Selanjutnya campuran satu ini akan dicampur dengan air, dan disebut campuran dua. Adapun rancangan campuran dua terdiri dari  $p=2$ , dengan level percobaan sebanyak 2 dan replikasinya adalah sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 15 titik percobaan. Rancangan awal percobaan campuran dua dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rancangan komposisi campuran dua

No	Komponen	Lower bound	Upper bound
1	Campuran satu	0.75	0.98
2	Air	0.02	0.25



Gambar 6. Estimasi persamaan regressi



Gambar 7. Titik optimal campuran dua

Setelah dilakukan eksekusi program, maka diperoleh model matematis persamaan regresi, adalah sebagai berikut:

$$\hat{y} = 16.401 x_1 + 1.933 x_2 + 22.9 x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Dan komposisi optimal campuran dua, terdiri dari campuran satu sebesar 0.90 dan Air sebesar 0.096 lihat Gambar 7, kemudian jika dikonversi, maka diperoleh komposisi optimal campuran beton adalah 30.6 % agregat kasar, 30.6 % agregat halus, 28% semen dan 9 % Air .

### **Kuat Tekan Beton Di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil**

Untuk melakukan verifikasi terhadap hasil rancangan, maka pada penelitian ini dilakukan uji silinder dengan diameter lingkaran alas sebesar 15 cm dan tinggi 30 cm, sehingga diperoleh volume sebesar 5,3 liter, jika diasumsikan total berat campuran adalah sebesar 12 kg, maka agregat kasar yang dibutuhkan adalah sebesar 3,672 kg, agregat halus 3,672 kg , semen 3,36 kg dan air 1,08 kg. Pengadukan campuran dilakukan secara manual untuk dua buah alat uji, pada tanggal 13 Agustus 2018, dan uji selinder yang pertama dilakukan pada tanggal 20 Agustus 2018.



**Gambar 8. Pembukaan alat uji silinder**



**Gambar 9: Hasil pengecoran beton**

Hasil pengujian beton setelah dilakukan uji kuat beton tanggal 20 Agustus 2018, ternyata total berat beton adalah sebesar 11 kg, dan kuat tekan beton sebesar 325 kN, dan jika dikonversikan ke Mpa, maka diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{325000 \text{ N}}{\frac{22}{7} (75)^2 \text{ mm}^2} = \frac{325000}{17.678,57} = 18,38 \text{ Mpa} \quad (3)$$

### **Kesimpulan**

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini:

1. Komposisi optimal campuran beton adalah 30.6 % agregat kasar, 30.6 % agregat halus, 28 % semen dan 9 % air.
2. Uji silinder dilakukan dengan komposisi campuran agregat kasar sebesar 3.672 kg agregat kasar, 3.672 kg agregat halus, 3,36 kg semen dan 1,08 kg air.
3. Hasil pengujian dengan umur pengecoran selama 7 hari adalah sebesar 18,38 Mpa.

### **Daftar Pustaka**

- [1] Montgomery, D. C., 2009, *Design and Analysis of Experiments*, Seventh Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Andi,.
- [3] Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Biro Penerbit.