

# Penentuan Faktor yang Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Variabel Respon Bata Beton Pejal Abu Vulkanik Merapi Dengan Menggunakan Perancangan Eksperimen Faktorial $3^{f*}$

**IRMA NOVITASARI, HARI ADIANTO, LISYE FITRIA**

Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

E-mail: irma\_hyunnie@ymail.com

## ABSTRAK

*Kualitas bata beton pejal abu vulkanik Merapi saat ini di B70 (rata-rata kuat tekan =  $89,765 \text{ kg/cm}^2$ ) yang berarti produk belum mencapai kualitas optimal B100 (kuat tekan  $\geq 100 \text{ kg/cm}^2$ ). Penelitian menggunakan desain faktorial  $3^3$  dan split split plot dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk menjadi B100. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor A (kadar air pembentukan), faktor B (komposisi bahan), faktor C (gradasi butir agregat), interaksi faktor AB, interaksi faktor BC, dan interaksi faktor ABC berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan. Kombinasi faktor A level 2 (0,2), faktor B level 1 (1:5), dan faktor C level 1 (30% :30%:40%) meningkatkan kualitas produk menjadi B100 (rata-rata kuat tekan =  $159 \text{ kg/cm}^2$ ).*

**Kata Kunci:** Faktorial  $3^3$ , split split plot, Bata Beton

## ABSTRACT

*Quality of solid concrete brick Merapi volcanic ash is in B70 (average of compressive strength =  $89,765 \text{ kg/cm}^2$ ) that means products haven't reached the optimal quality B100 (compressive strength  $\geq 100 \text{ kg/cm}^2$ ). This research use  $3^3$  factorial design of experiments and split split plot to improve product quality into B100. The result of the research shows that A factor (water/cement ratio), B factor (material composition), C factor (gradation of aggregate), interaction of factor AB, interaction of factor BC, and interaction of factor ABC significantly affect to the compressive strength. Combination A factor at level 2 (0,2), B factor at level 1 (1:5), and C factor at level 1 (30% :30%:40%) improve product quality into B100 (average of compressive strength =  $159 \text{ kg/cm}^2$ ).*

**Keyword:**  $3^3$  factorial, split split plot, compressive strength, concrete brick

---

\*Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbing penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan atau jurnal nasional

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Pengantar

Salah satu struktur penting pembentuk bangunan adalah dinding. Saat ini, bangunan dengan dinding terbuat dari bata beton lebih banyak dipilih oleh konsumen karena memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan bata merah. Bata beton terdiri dari dua jenis, yaitu bata beton pejal (padat) dan bata beton berlubang.

Bata beton yang diteliti pada penelitian ini adalah bata beton pejal abu vulkanik merapi. Berdasarkan SNI, salah satu syarat mutu bata beton pejal adalah kuat tekan. Berdasarkan hasil survei Balai Besar Keramik (BBK) terhadap kuat tekan bata beton pejal abu vulkanik Merapi di daerah Jawa Tengah dan Jogjakarta, kualitas bata beton pejal abu vulkanik merapi saat ini berada di B25-B70 ( $25 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{kuat tekan} < 100 \text{ kg/cm}^2$ ) sedangkan kualitas terbaik bata beton pejal berdasarkan SNI adalah B100 (kuat tekan  $\geq 100$ ). Oleh karena itu, BBK melakukan penelitian eksperimen agar kuat tekan produk bata beton pejal abu vulkanik Merapi dapat mencapai mutu B100.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Variabel respon yang diteliti pada penelitian ini adalah kuat tekan bata beton pejal abu vulkanik Merapi. Dari hasil survei Balai Besar Keramik (BBK) di daerah Jawa Tengah dan Jogjakarta, kualitas produk saat ini berada di B25-B70 ( $25 \text{ kg/cm}^2 \leq \text{kuat tekan} < 100 \text{ kg/cm}^2$ ) sedangkan kualitas terbaik bata beton pejal berdasarkan SNI adalah B100 (kuat tekan  $\geq 100$ ). Oleh karena itu, BBK melakukan penelitian eksperimen menggunakan benda uji berukuran  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$  untuk meningkatkan kualitas kuat tekan produk menjadi B100. Rata-rata kuat tekan benda uji bata beton pejal abu vulkanik Merapi sebelum eksperimen adalah  $89,765 \text{ kg/cm}^2$  (B70).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode desain eksperimen faktorial  $3^3$  dan desain *split-split plot*. Tujuan penelitian dengan menggunakan kedua metode tersebut adalah membantu BBK untuk mengidentifikasi faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan serta memberikan usulan level faktor yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas optimal (B100).

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Desain Eksperimen Faktorial $3^3$ dan Desain *Split Split Plot*

Eksperimen faktorial  $3^3$  adalah suatu bentuk eksperimen faktorial dimana terdapat 3 buah faktor dengan tiap faktor bertaraf tiga. Pada desain eksperimen faktorial  $3^3$ , desain yang digunakan adalah desain acak sempurna sedangkan faktor-faktornya akan ditinjau yang bertaraf tetap. Keseluruhan eksperimen faktorial  $3^3$  tanpa replikasi memerlukan 27 kombinasi perlakuan (Sudjana, 1995).

### 2.2 Desain *Split Split Plot*

Untuk mempermudah proses pencatatan data pada percobaan dengan tiga faktor dapat menggunakan desain rancangan petak-petak terbagi (*split split plot*). Pada desain rancangan *split split plot* faktor pertama dijadikan petak utama (*main plot / whole plot*), satu faktor kedua dijadikan anak petak (*sub plot*), dan faktor ketiga sebagai anak-anak petak (*sub-sub plot*) (Sudjana, 1995).

### 2.3 Tahap-Tahap Desain Eksperimen Faktorial 3<sup>3</sup> dengan Desain *Split Split Plot*

Adapun tahapan pada desain eksperimen faktorial 3<sup>3</sup> dengan desain *split split plot*, yaitu pengumpulan data dan pengolahan data. Pengumpulan data terdiri dari penentuan variabel respon, pembuatan *fishbone*, penentuan model matematis, dan perumusan hipotesis.

Pengolahan data terdiri dari 3mpat tahapan. Tahap pertama pada pengolahan data adalah uji ANOVA. Uji ANOVA terdiri dari perhitungan jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan derajat kebebasan. Setelah memperoleh nilai dk dan RJK, proses selanjutnya adalah uji hipotesis dengan membandingkan nilai  $F_{hitung}$  dan  $F_{tabel}$ . Jika nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan sebaliknya. Rumus yang digunakan untuk uji ANOVA dan uji hipotesis dapat dilihat pada persamaan (1) sampai dengan (22).

$$JK_{total} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{RABC} \quad (1)$$

$$JK_R = \frac{\sum_{i=1}^R T_i^2}{ABC} - \frac{T^2}{RABC} \quad (2)$$

$$JK_A = \frac{\sum_{i=1}^A T_i^2}{RBC} - \frac{T^2}{RABC} \quad (3)$$

$$JK_{RA} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^A T_{ij}^2}{BC} - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_A \quad (4)$$

$$JK_B = \frac{\sum_{i=1}^B T_k^2}{RAC} - \frac{T^2}{RABC} \quad (5)$$

$$JK_{RB} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^B T_{ik}^2}{AC} - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_B \quad (6)$$

$$JK_{AB} = \frac{\sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B T_{jk}^2}{RC} - \frac{T^2}{RABC} - JK_A - JK_B \quad (7)$$

$$JK_{RAB} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B T_{ijk}^2}{C} - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_A - JK_B - JK_{AB} - JK_{RA} - JK_{RB} \quad (8)$$

$$JK_C = \frac{\sum_{l=1}^C T_l^2}{RAB} - \frac{T^2}{RABC} \quad (9)$$

$$JK_{RC} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{l=1}^C T_{il}^2}{AB} - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_C \quad (10)$$

$$JK_{AC} = \frac{\sum_{j=1}^A \sum_{l=1}^C T_{jl}^2}{RB} - \frac{T^2}{RABC} - JK_A - JK_C \quad (11)$$

$$JK_{RAC} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^A \sum_{l=1}^C T_{ijl}^2}{B} - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_A - JK_C - JK_{RA} - JK_{RC} - JK_{AC} \quad (12)$$

$$JK_{BC} = \frac{\sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{kl}^2}{RA} - \frac{T^2}{RABC} - JK_B - JK_C \quad (13)$$

$$JK_{RBC} = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{ikl}^2}{A} - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_B - JK_C - JK_{RB} - JK_{RC} - JK_{BC} \quad (14)$$

$$JK_{ABC} = \frac{\sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{jkl}^2}{R} - \frac{T^2}{RABC} - JK_A - JK_B - JK_C - JK_{AB} - JK_{AC} - JK_{BC} \quad (15)$$

$$JK_{RABC} = \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^A \sum_{k=1}^B \sum_{l=1}^C T_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{RABC} - JK_R - JK_A - JK_B - JK_C - JK_{AB} - JK_{AC} - JK_{BC} - JK_{RA} - JK_{RB} - JK_{RC} - JK_{RAB} - JK_{RAC} - JK_{RBC} - JK_{ABC} \quad (16)$$

$$dk = (level - 1) \quad (17)$$

$$RJK = \frac{JK}{dk} \quad (18)$$

$$F_{hitung} = \frac{RJK_{Faktor \text{ atau interaksi faktor}}}{RJK_{interaksi replikasi dengan faktor \text{ atau interaksi faktor}}} \quad (19)$$

$$F_{tabel} = F_{v_1, v_2} \quad (20)$$

$$v_1 = dk_{faktor \text{ atau interaksi faktor}} \quad (21)$$

$$v_2 = dk_{interaksi replikasi dengan faktor \text{ atau interaksi faktor}} \quad (22)$$

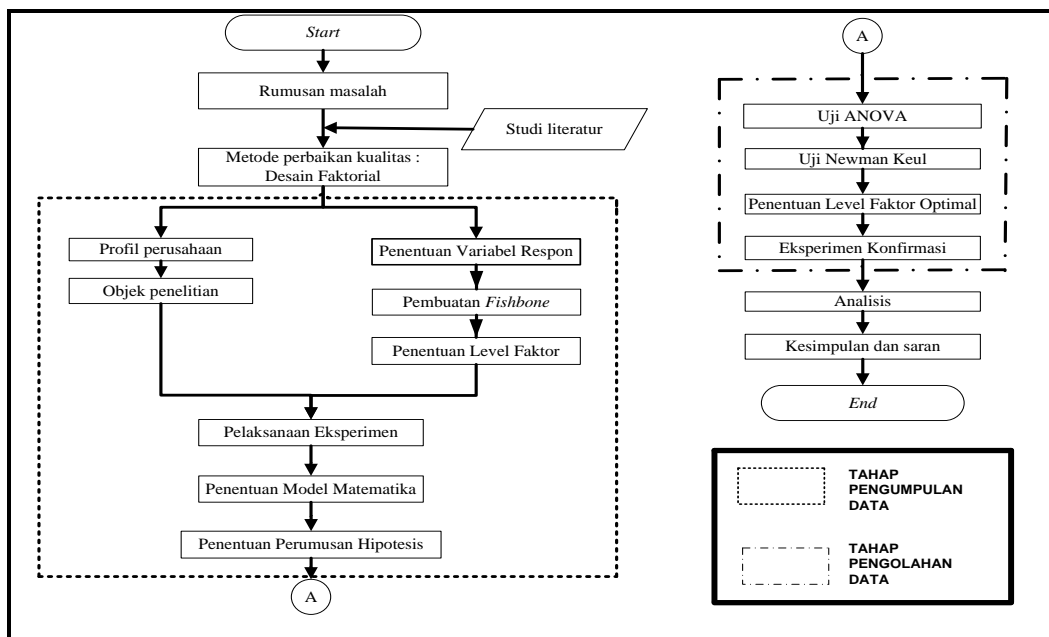
Tahap kedua pada proses pengolahan data adalah uji Newman Keuls. Uji Newman Keuls terdiri dari 6 tahapan, yaitu penyusunan rata-rata dari yang paling kecil ke yang paling besar, menghitung nilai kesalahan baku rata-rata ( $S_{\bar{y}}$ ), mencari nilai rentang student pada tabel rentang student sesuai dengan  $\alpha$  yang telah ditentukan, mengalikan nilai-nilai yang diperoleh pada tabel rentang *student* dengan masing-masing nilai  $S_{\bar{y}}$  sehingga diperoleh nilai RST, membandingkan selisih rata-rata terbesar dan rata-rata terkecil dengan RST, dan membandingkan nilai selisih rata-rata dengan RST-nya masing-masing (Sudjana, 1995).

Tahap ketiga pada pengolahan data adalah penentuan level faktor optimal. Penentuan level faktor optimal dilakukan dengan cara membandingkan rata-rata nilai kuat tekan yang dihasilkan dari setiap level faktor ataupun level dari setiap interaksi faktor. Hasil rata-rata kemudian di plot ke dalam grafik.

Tahap keempat pada pengolahan data adalah eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata kuat tekan sebelum dilakukan eksperimen dengan nilai rata-rata kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji yang dibuat berdasarkan level faktor optimal hasil penelitian eksperimen.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

### 4. PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Pengumpulan Data

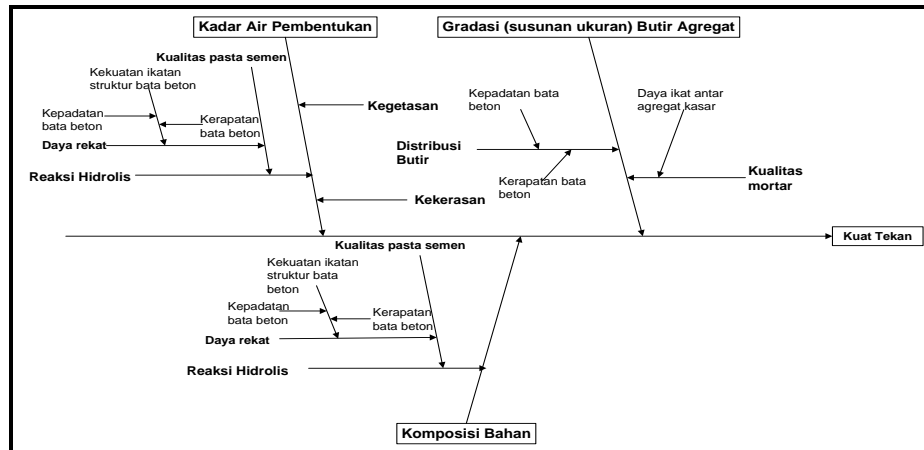
Pengumpulan data terdiri dari penentuan variabel respon, pembuatan fishbone, penentuan level faktor, pelaksanaan eksperimen, penentuan model matematika, penentuan perumusan hipotesis.

#### 4.1.1 Penentuan Variabel Respon

Variabel respon pada penelitian ini adalah kuat tekan. Kuat tekan bata beton pejal abu vulkanik merapi dipilih menjadi variabel respon karena fungsi bata beton sebagai pembentuk dinding bangunan yang harus memiliki kekuatan yang baik.

#### 4.1.2 Pembuatan Fishbone

Hubungan antara variabel respon dengan variabel bebas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fishbone Kuat Tekan Bata Beton Pejal Abu Vulkanik Merapi

#### 4.1.3 Penentuan Level Faktor

Faktor dan level faktor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Level Faktor

No	Kode	Faktor	Keterangan	Level Faktor		
				1	2	3
1	A	Kadar Air Pembentukan		0,15	0,2	0,25
2	B	Komposisi Bahan		1:5	1:6	1:7
3	C	Gradasi Butir Agregat	4,8 - 2,4 (mm)	30%	30%	40%
			2,4 - 1,2 (mm)	30%	40%	30%
			< 1,2 (mm)	40%	30%	30%

#### 4.1.4 Pelaksanaan Eksperimen

Eksperimen dilakukan menggunakan 81 benda uji dengan ukuran 5x5 cm. Data kuat tekan yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Eksperimen Kuat Tekan

Replikasi (R)	Kadar Air Pembentukan (A)	Komposisi Bahan (B)	Gradasi Butir Agregat (C)		
			30%:30%:40%	30%:40%:30%	40%:30%:30%
1	0,15	1:5	158	104	65
2			161	102	58
3			160	100	50
1		1:6	127	98	42
2			130	102	41
3			132	96	40
1		1:7	108	88	27
2			109	91	26
3			112	80	30

**Tabel 2. Data Hasil Eksperimen Kuat Tekan (Lanjutan)**

Replikasi (R)	Kadar Air Pembentukan (A)	Komposisi Bahan (B)	Gradasi Butir Agregat (C)		
			30%:30%:40%	30%:40%:30%	40%:30%:30%
1	0,2	1:5	166	108	73
2			161	102	75
3			162	103	71
1		1:6	140	103	41
2			139	99	40
3			133	97	42
1		1:7	109	89	35
2			111	94	29
3			113	92	31
1	0,25	1:5	159	111	44
2			153	101	50
3			152	104	42
1		1:6	111	99	38
2			112	96	40
3			120	90	31
1		1:7	110	77	25
2			102	80	28
3			103	72	26

#### 4.1.5 Penentuan Model Matematika

Model matematika yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + RA_{ij} + B_k + RB_{ik} + AB_{jk} + RAB_{ijk} + C_l + RC_{il} + RAC_{ijl} + BC_{kl} + RBC_{ikl} + ABC_{jkl} + RABC_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl} \quad (23)$$

#### 4.1.6 Penentuan Perumusan Hipotesis

Hipotesis penelitian terdiri dari dua, yaitu  $H_0$  dan  $H_1$ . Hipotesis  $H_0$  menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek faktor / interaksi faktor terhadap kuat tekan sedangkan hipotesis  $H_1$  menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan yang terjadi karena efek faktor / interaksi faktor terhadap kuat tekan.

### 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data terdiri dari uji ANOVA, uji Newman Keuls, penentuan level faktor optimal, dan eksperimen konfirmasi.

#### 4.2.1 Uji ANOVA

Uji ANOVA dilakukan untuk menentukan faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon (kuat tekan bata beton pejal abu vulkanik merapi). Proses penentuan faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan dilakukan dengan cara menghitung nilai jumlah kuadrat (JK), derajat kebebasan (dk), dan rata-rata jumlah kuadrat (RJK). Setelah memperoleh nilai derajat kebebasan dan rata-rata jumlah kuadrat, proses selanjutnya adalah melakukan uji hipotesis. Uji hipotesis dilakukan dengan membandingkan nilai  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ . Jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan sebaliknya. Rekapitulasi hasil perhitungan jumlah kuadrat, derajat kebebasan, rata-rata jumlah kuadrat dan uji hipotesis dengan menggunakan persamaan (1) sampai dengan (22) dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Rekapitulasi JK, dk, dan RJK**

Faktor dan Interaksi	JK	dk	RJK	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel</sub>	Perbandingan Nilai F	Kesimpulan
R	97,210	2	48,605	163,605	6,490	F <sub>hitung</sub> > F <sub>tabel</sub>	Tolak H <sub>0</sub>
A	1482,543	2	741,272				
RA	18,123	4	4,531	705,607	6,490	F <sub>hitung</sub> > F <sub>tabel</sub>	Tolak H <sub>0</sub>
B	15044,247	2	7522,123				
RB	42,642	4	10,660	4,322	3,840	F <sub>hitung</sub> > F <sub>tabel</sub>	Tolak H <sub>0</sub>
AB	58,642	4	14,660				
RABC	27,136	8	3,392	3086,955	6,490	F <sub>hitung</sub> > F <sub>tabel</sub>	Tolak H <sub>0</sub>
C	109148,617	2	54574,309				
RC	70,716	4	17,679	2,186	3,840	F <sub>hitung</sub> < F <sub>tabel</sub>	Terima H <sub>0</sub>
AC	131,605	4	32,901				
RAC	120,395	8	15,049	45,086	3,840	F <sub>hitung</sub> > F <sub>tabel</sub>	Tolak H <sub>0</sub>
BC	2627,235	4	656,809				
RBC	116,543	8	14,568	9,470	2,590	F <sub>hitung</sub> > F <sub>tabel</sub>	Tolak H <sub>0</sub>
ABC	974,988	8	121,873				
RABC	205,901	16	12,869				
TOTAL	130.166,543						

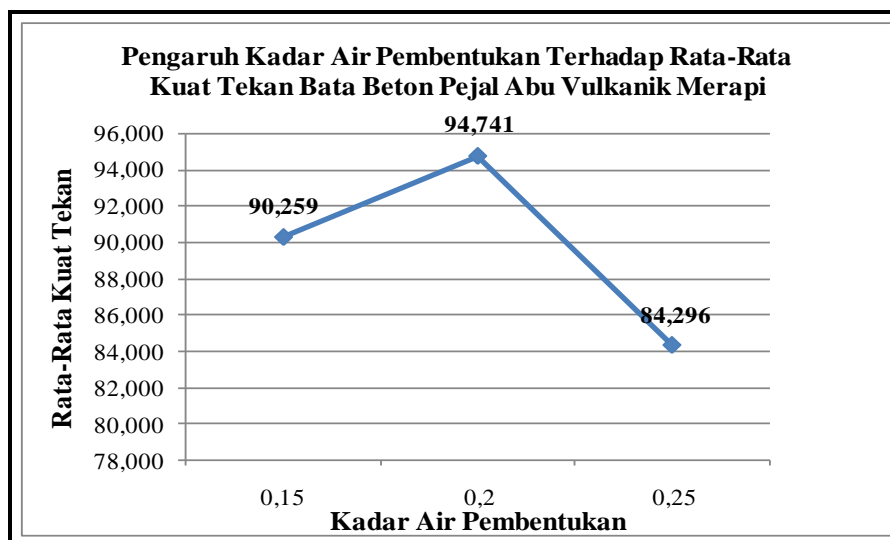
$$JK_{\text{error}} = JK_{\text{total}} - \text{Total JK} = (158^2 + \dots + 26^2 - \frac{7.271^2}{3 \times 3 \times 3 \times 3}) - 130.166,543 = 0$$

#### 4.2.2 Uji Newman Keuls

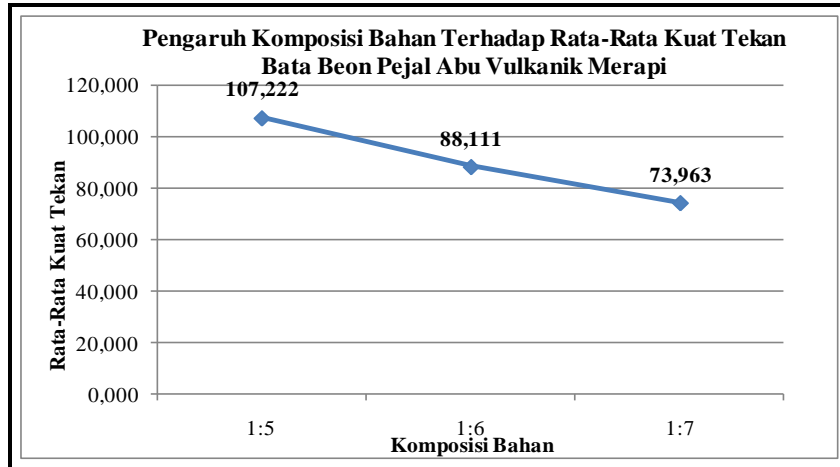
Proses uji Newman Keuls hanya dilakukan pada faktor atau interaksi dengan hasil uji hipotesis H<sub>0</sub> ditolak. Proses uji Newman Keuls dapat dilihat pada studi literatur. Uji Newman Keuls untuk faktor A, faktor B, faktor C, interaksi faktor A dan B, serta interaksi faktor B dan C menghasilkan kesimpulan bahwa terdapat perbedaan nilai kuat tekan yang dihasilkan akibat dari variasi level faktor/kombinasi level pada interaksi faktor sedangkan uji Newman Keuls untuk interaksi faktor ABC menghasilkan kesimpulan bahwa dari 351 variasi kombinasi perlakuan terdapat 124 variasi kombinasi perlakuan yang tidak menghasilkan perbedaan secara signifikan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan.

#### 4.2.3 Penentuan Level Faktor Optimal

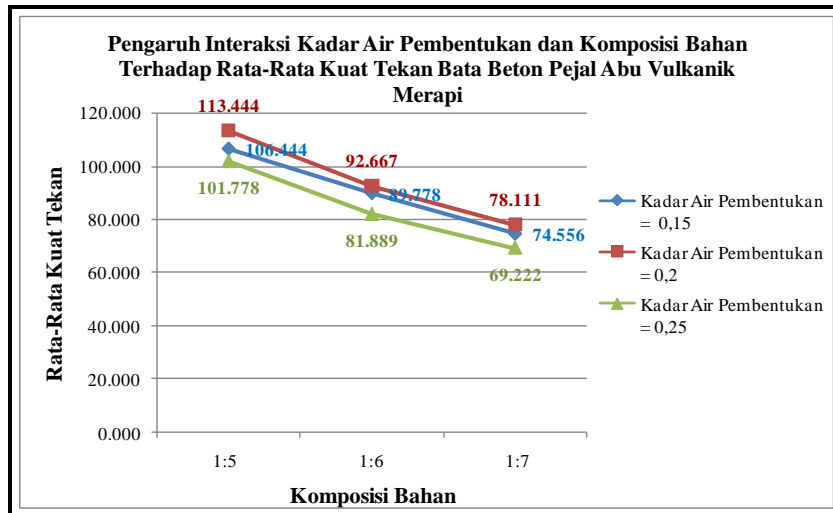
Adapun grafik perbandingan rata-rata kuat tekan pada setiap level faktor dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



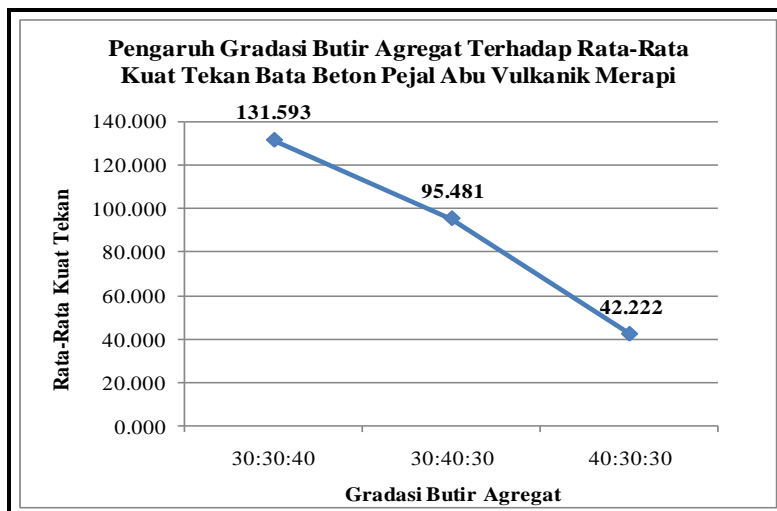
**Gambar 3. Pengaruh Kadar Air Pembentukan Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan**



Gambar 4. Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan



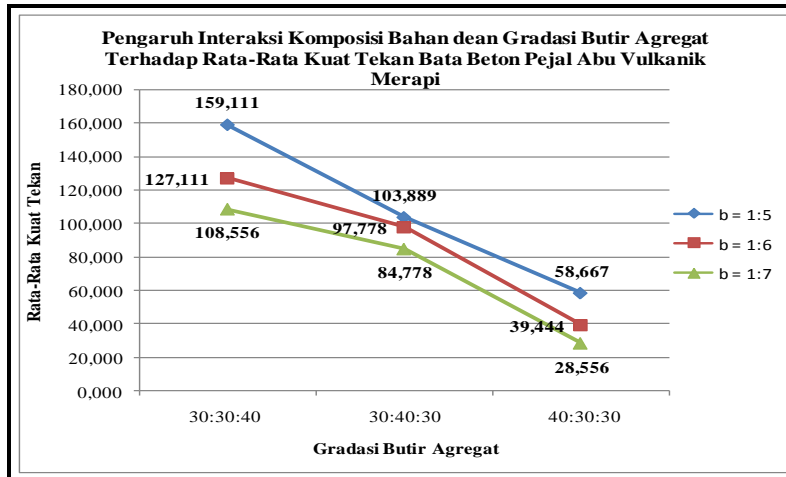
Gambar 5. Pengaruh Interaksi Kadar Air Pembentukan dan Komposisi Bahan Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan



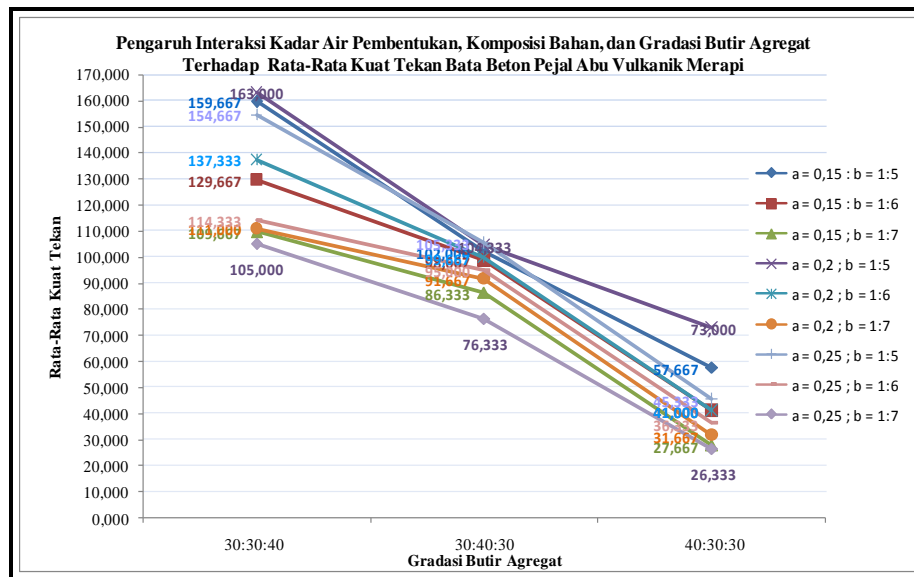
Gambar 6. Pengaruh Gradasi Butir Agregat Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan



*Penentuan Faktor Yang Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Variabel Respon Bata Beton Pejal Abu Vulkanik Merapi Dengan Menggunakan Perancangan Eksperimen Faktorial 3<sup>f</sup>*



**Gambar 7. Pengaruh Interaksi Komposisi Bahan dan Gradasi Butir Agregat Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan**



**Gambar 8 Pengaruh Interaksi Faktor ABC Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan**

Dari grafik pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8, level faktor optimal untuk masing-masing faktor adalah faktor A (kadar air pembentukan) Level 2 (0,2), faktor B (komposisi bahan) level 1 (1:5), dan faktor C (gradasi butir agregat) level 1 (30:30:40).

#### 4.2.4 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan 9 benda uji yang dibuat berdasarkan usulan level faktor optimal. Rata-rata kuat tekan bata beton pejal abu vulkanik Merapi pada eksperimen konfirmasi, yaitu 159 kg/cm<sup>2</sup>.

## 5. ANALISIS

### 5.1 Analisis Objek Penelitian

Objek penelitian ini dipilih karena bata beton merupakan bahan bangunan yang saat ini menjadi pilihan utama sebagai bahan dinding bangunan. Selain itu, saat ini banyak pengusaha bata beton terutama di wilayah pegunungan aktif seperti di Jawa Tengah dan Jogjakarta menggunakan abu vulkanik sebagai agregat alam pada pembuatan bata beton.

### 5.2 Analisis variabel Respon

Penelitian ini difokuskan pada variabel respon kuat tekan. Sifat kuat tekan yang dimiliki oleh bata beton akan mempengaruhi kekuatan dinding sebagai penompang bangunan. Saat ini, kuat tekan bata beton yang terbuat dari abu vulkanik merapi masih bervariasi dan belum mencapai nilai optimal SNI.

### 5.3 Analisis Penentuan Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Variabel Respon

Faktor yang diduga berpengaruh terhadap kuat tekan adalah faktor material (campuran beton). Faktor material terdiri dari tiga, yaitu kadar air pembentukan (faktor A), komposisi bahan (faktor B), dan gradasi butir agregat (faktor C). Kadar air pembentukan adalah perbandingan jumlah air dengan semen. Jika perbandingan jumlah air dengan semen tidak tepat maka akan menimbulkan sifat getas, mempengaruhi tingkat kekerasan, dan daya rekat pasta semen. Komposisi bahan adalah perbandingan jumlah semen dengan agregat. Komposisi bahan akan mempengaruhi kualitas pasta semen yang dihasilkan.

### 5.4 Analisis Penentuan Level Faktor

Penentuan level faktor didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Level untuk masing-masing faktor dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Level Faktor**

Faktor	Level	Keterangan
Kadar Air Pembentukan	0,15	1,5 liter air, 10 kg semen
	0,2	2 liter air, 10 kg semen
	0,25	2,5 liter air, 10 kg semen
Komposisi Bahan	1:5	1 kg semen, 5 kg agregat
	1:6	1 kg semen, 6 kg agregat
	1:7	1 kg semen, 7 kg agregat
Gradasi Butir Agregat	30%:30%:40%	30% agregat 4,8-2,4 : 30% agregat 2,4-1,2 : 40% agregat <1,2
	30%:40%:30%	30% agregat 4,8-2,4 : 40% agregat 2,4-1,2 : 30% agregat <1,2
	40%:30%:30%	30% agregat 4,8-2,4 : 30% agregat 2,4-1,2 : 40% agregat <1,2

### 5.5 Analisis Hasil Eksperimen

Eksperimen yang dilakukan menghasilkan 81 data eksperimen uji kuat tekan. Jumlah data yang dihasilkan sebanyak 81 data karena desain eksperimen yang digunakan adalah desain eksperimen faktorial  $3^3$  dengan 3 kali replikasi. Desain eksperimen faktorial  $3^3$  dipilih karena pada penelitian ini terdapat 3 faktor dengan masing-masing faktor terdiri dari 3 level. Replikasi eksperimen dilakukan agar menambah ketelitian hasil eksperimen, menghasilkan taksiran kekeliruan eksperimen yang lebih akurat, dan memungkinkan untuk memperoleh taksiran hasil penelitian yang lebih baik mengenai efek rata-rata sesuatu faktor. Pembatasan jumlah replikasi

penelitian sebanyak 3 kali replikasi dilakukan karena biaya eksperimen yang terbatas. Selain itu, semakin banyak replikasi maka waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan eksperimen akan semakin lama sehingga biaya pelaksanaan eksperimen (biaya tenaga kerja dan biaya produksi benda uji) akan semakin besar.

### **5.5.1 Analisis Uji ANOVA**

Berdasarkan Tabel 4, faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata beton adalah faktor kadar air pembentukan, faktor komposisi bahan, interaksi faktor kadar air pembentukan dan komposisi bahan, faktor gradasi butir, interaksi faktor komposisi bahan dan gradasi butir agregat, serta interaksi antara faktor kadar air pembentukan dengan komposisi bahan dan gradasi butir agregat.

### **5.5.2 Analisis Uji Newman Keuls**

Hasil uji Newman Keuls untuk faktor A, faktor B, faktor C, interaksi AB, interaksi BC adalah variasi level faktor/kombinasi level pada interaksi faktor menimbulkan perbedaan nilai kuat tekan yang dihasilkan sedangkan untuk interaksi faktor ABC dari 351 variasi kombinasi perlakuan menghasilkan 227 variasi level interaksi faktor yang menimbulkan perbedaan nilai kuat tekan dan 124 variasi level yang tidak menghasilkan perbedaan secara signifikan terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan.

### **5.5.3 Analisis Level Faktor Optimal**

Karakteristik kualitas bata beton pejal abu vulkanik merapi adalah *larger the better* sehingga level faktor optimal adalah level dan kombinasi level dengan nilai kuat tekan terbesar. Level faktor optimal untuk masing-masing faktor, yaitu faktor A (kadar air pembentukan) level 2 (2 liter air, 10 kg semen), faktor B (komposisi bahan) level 1 (1 kg semen, 5 kg agregat), dan faktor C (gradasi butir agregat) level 1 (30% agregat berukuran 4,8 – 2,4 mm, 30% agregat berukuran 2,4 – 1,2 mm, dan 40% agregat berukuran < 1,2 mm).

### **5.5.4 Analisis Eksperimen Konfirmasi**

Penggunaan kadar air pembentukan 0,2, komposisi bahan 1:5, dan gradasi butir agregat 30:30:40 meningkatkan kuat tekan beton dari 89,765 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 159 kg/cm<sup>2</sup>. Dari hasil eksperimen konfirmasi ini, maka dapat disimpulkan bahwa level faktor optimal pada masing-masing dapat digunakan sebagai acuan perbandingan campuran beton pada proses pembuatan bata beton abu vulkanik merapi.

## **6. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1 Kesimpulan**

Faktor kadar air pembentukan, faktor komposisi bahan, faktor gradasi butir, interaksi antara faktor kadar air pembentukan dengan faktor komposisi bahan, interaksi antara faktor komposisi bahan dengan faktor gradasi butir agregat, dan interaksi antara faktor kadar air pembentukan dengan faktor komposisi bahan dan faktor kadar air pembentukan merupakan faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata beton. Kombinasi faktor kadar air pembentukan pada level 2 (0,2), komposisi bahan pada level 1 (1:5), dan perbandingan gradasi butir agregat pada level 1 (30:30:40) meningkatkan mutu kuat tekan bata beton dari B70 dengan rata-rata kuat tekan yang dihasilkan 89,765 kg/cm<sup>2</sup> menjadi bata beton mutu B100 dengan rata-rata kuat tekan yang dihasilkan sebesar 159 kg/cm<sup>2</sup>.

## 6.2 Saran

Saran yang diajukan kepada Balai Besar Keramik berdasarkan hasil penelitian eksperimen yang telah dilakukan, yaitu Balai Besar Keramik perlu mengadakan penelitian eksperimen lanjutan terhadap indikator mutu bata beton pejal lainnya sehingga dapat menghasilkan bata beton dengan kualitas optimal yang sesuai dengan SNI.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terlaksana karena bantuan dari pihak Balai Besar Keramik (BBK). Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak BBK terutama bapak Ir. Abdul Rachman atas segala bantuan yang telah diberikan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

Balai Besar Keramik, [*Online*]. *Available* : <http://www.bbk.go.id/> [2013, 30, Oktober]

Herman, Nanang D., *Teknologi Beton*, [pdf]. *Available*: [http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR.PEND.TEKNIK\\_SIPIL/196202021988031-NANANG\\_DALIL\\_HERMAN/BAHAN\\_PRESENTASI\\_MENGAJAR\\_TEKNOLOGI\\_BETON.pdf/](http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR.PEND.TEKNIK_SIPIL/196202021988031-NANANG_DALIL_HERMAN/BAHAN_PRESENTASI_MENGAJAR_TEKNOLOGI_BETON.pdf/) [2013, 30, Oktober].

Manson, R.L., R.F. Gunst, dan J.L. Hess, 2003, *Statistical Design and Analysis of Experiments With Application to Engineering and Science*, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc, New Jersey.

Rachman, Abdul, 2009, *Proses Pembuatan Batako dan Bahan Bangunan Beton*, Balai Besar Keramik, Bandung.

Riyadi, Muhtarom, dan Amalia, 2005, *Teknologi Bahan I*, [pdf]. *Available*:<http://www.todaypdf.net/buku-ajar-teknologi-bahan-1.pdf-id1448898/> [2013, 30, Oktober].

Soejanto, Irwan, 2009, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Sudjana, M.A., Prof., DR., 1995, *Desain dan Analisis Eksperimen*, Edisi IV, Tarsito, Bandung.