

PENENTUAN KOMBINASI KOMPOSISI PAVING DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FULL FAKTORIAL DESIGN*

Lydea Trinovinty Dewi¹⁾, Ig. Joko Mulyono²⁾, Anastasia Lidya Maukar²⁾
E-mail: bear_happy87@yahoo.co.id; almaukar@yahoo.co.id; mulyonojoko@yahoo.co.id

ABSTRAK

CV. Sumber Jaya adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pembuatan paving yang memperhatikan kualitas dan mutu sebuah produk yang dihasilkan. CV. Sumber Jaya yang berlokasi di Mojokerto digunakan sebagai objek penelitian. Objek penelitian ini adalah menentukan kombinasi komposisi terbaik untuk menghasilkan kekuatan paving yang sesuai dengan harga produksi dibawah harga standard CV. Sumber Jaya. Pada penentuan komposisi paving menggunakan metode full faktorial design, terdapat 3 tahap dalam penentuan komposisi paving. Tahap pertama adalah penentuan variabel-variabel yang digunakan. Tahap kedua yaitu penentuan level. Dan tahap ketiga yaitu pengujian objek penelitian. Setelah dilakukan penelitian maka diperoleh komposisi baru terdiri dari komposisi semen, abu batu dan pasir sebesar 5,5 % : 76,8% : 8,3% dengan umur paving 28 hari. Pengujian uji tekan objek penelitian dilakukan di PT. Borland. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat kekuatan dari objek tersebut. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini mencapai mutu kekuatan 357,8 Kg/cm². Dengan harga pokok produksi sebesar Rp.475,00. Dari penelitian ini maka diperoleh harga pokok produksi yang lebih murah yaitu 2 % dari harga pokok produksi dari CV.Sumber Jaya

Kata kunci: *paving*, komposisi, *full factorial design*, kekuatan

PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan perindustrian di bidang transportasi dan tataan pertamanan kota. Industri *paving stone block* juga berpengaruh. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan *paving stone block* yang semakin banyak digunakan sebagai fungsi pengganti aspal dengan keuntungan biaya perawatan *paving stone* lebih murah dibandingkan dengan aspal, contohnya jalan perumahan banyak menggunakan *paving stone block* dibanding dengan penggunaan aspal. *Paving* yang sering digunakan sebagai pengganti aspal adalah *paving* jenis B berukuran 21x10x6 cm dengan berat ± 3 Kg yang memiliki batas kekuatan rata – rata 300 Kg/cm² atau sering dengan istilah K300^[1]. Salah satu perusahaan yang berkembang dalam bidang produksi *paving* adalah CV.Sumber jaya yang bertempat di Mojokerto. Perusahaan ini adalah sebuah perusahaan kecil yang memiliki kemampuan memproduksi *paving* sebanyak kurang lebih 5000 *paving* per harinya. Perusahaan ini juga memperhatikan kualitas mutu produk yang dihasilkan. Beberapa kualitas yang dijadikan pedoman oleh perusahaan ini adalah *paving* yang dihasilkan harus memenuhi standart kualitas yang telah ditetapkan.

Bahan baku utama pembuatan *paving blok* adalah semen, pasir, abu batu, batu kerikil ukuran 0,5 cm dan air^[1]. Semen yang

digunakan adalah semen *porland* sebagaimana yang biasa digunakan untuk bangunan umum yang tidak memiliki persyaratan khusus dalam pencampuran bahan baku^[1]. Pasir yang digunakan berasal pasir sungai yang masih kasar dan mengandung batu – batuan, dalam memproduksi *paving* dianjurkan pasir yang digunakan tidak boleh mengandung lumpur atau humus yang dapat mempengaruhi kualitas *paving* ^[1]. Selain semen dan pasir, produksi *paving* juga menggunakan abu batu yang berfungsi sebagai tambahan campuran pembuatan *paving* . Penggunaan komposisi abu batu lebih banyak dibanding komposisi batu kerikil. Dikarenakan abu batu merupakan sisa ayakan batu kerikil yang berupa serpihan sehingga fungsi dari abu batu dan batu kerikil hampir sama, yaitu abu batu dan kerikil yang berfungsi menguatkan *paving* . Maka dengan demikian maka akan dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap persentase komposisi pembuatan *paving* yaitu komposisi semen, abu batu dan pasir dengan melakukan eksperimen dalam pembuatan *paving* dengan kombinasi campuran yang ditentukan, sehingga memperoleh kekuatan yang sesuai dengan kekuatan minimal dan diperoleh harga pokok produksi yang jauh lebih murah yang telah jadi acuan CV Sumber Jaya.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mencari kombinasi *paving* adalah metode design Full faktorial, Metode di

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

mana berfungsi mencari berbagai macam kombinasi komposisi yang akan dieksperimenkan. Dan dari eksperimen tersebut maka akan dilakukan pengujian kekuatan *paving*. Pengujian Kekuatan *paving* ini dilakukan di PT. Borland yang berfungsi untuk mengetahui hasil kekuatan yang diperoleh dari eksperimen yang telah dilakukan. Setelah mengetahui kekuatan *paving* yang diperoleh maka selanjutnya yaitu menghitung model matematik yang bertujuan mencari kombinasi mana yang mempunyai hasil kekuatan yang maksimal. Dan langkah terakhir adalah penentuan harga produk *paving*. Penentuan harga produk ini harus memiliki standart harga dibawah harga produk yang ditetapkan oleh CV.Sumber Jaya. Maka dari penelitian ini maka akan diperoleh sebuah kombinasi komposisi *paving* yang memiliki hasil kekuatan *paving* dan memperoleh harga jual produk yang jauh lebih murah dari CV.Sumber Jaya

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Desain Eksperimen

Statistika merupakan sekumpulan konsep dan metode untuk mengumpulkan data, menyajikannya dalam bentuk yang mudah dipahami, menganalisis data, dan mengambil suatu kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dalam situasi yang memiliki ketidakpastian dan variasi^[2]

Dalam hal ini, perlu diingat bahwa analisis hanyalah bersifat eksak apabila asumsi-asumsi, mengenai bentuk distribusi, terpenuhi semuanya. Pada kenyataannya, hal tidak terjadi atau sukar untuk dibuktikan, sehingga dalam banyak hal sering bergantung pada kecakapan memilih metoda analisis yang tepat untuk suatu persoalan, termasuk cara-cara perencanaan untuk memperoleh data yang diperlukan.

Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh sehingga akan membawa kepada analisis objektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas.

Faktorial Design

Factorial design adalah sebuah metode perancangan eksperimen yang mempelajari efek dari dua atau lebih faktor. Pada umumnya *factorial design* adalah metode yang paling efisien untuk tipe eksperimen yang mencari efek dari berbagai faktor yang ada. Semua kemungkinan percobaan dan replikasi harus

dilakukan sepenuhnya dalam *factorial design*. Sebagai contoh bila terdapat *a* level untuk faktor A dan terdapat *b* level untuk faktor B, setiap replikasi terdiri dari *ab* kombinasi percobaan. Setiap faktor dalam kombinasi tersebut disusun secara *factorial design* atau sering disebut saling silang.

Efek dari faktor eksperimen didefinisikan sebagai perubahan respon yang terjadi karena perubahan level dari faktor tersebut. Efek perubahan ini biasa disebut sebagai *main effect* karena ini merupakan sinyal untuk efek dari faktor utama yang ingin diamati. Dalam beberapa percobaan, pembuat eksperimen mungkin menemukan bahwa perbedaan respon antar level dalam satu faktor tidak sama dengan semua level pada faktor yang lain.

Tipe paling sederhana dari *factorial design* adalah *factorial design* yang terdiri dari dua faktor dalam percobaannya. Faktor A terdiri dari *a* level, faktor B terdiri dari *b* level, dan faktor ini dirancang dalam *factorial design*. Setiap replikasi dari eksperimen nantinya terdiri dari *ab* kombinasi percobaan. Biasanya, akan ada sebanyak *n* replikasi. Pada percobaan ini y_{ijk} akan menjadi responnya, di mana faktor A akan berada pada level ke-*i* ($i=1,2,...,a$) dan faktor B akan berada pada level ke-*j* ($j=1,2,...,b$) untuk replikasi ke-*k* ($k=1,2,...,n$). Urutan percobaan di mana eksperimen *abn* dilakukan, ditentukan secara random. Pemilihan urutan percobaan secara random ini menyebabkan percobaan dikatakan sebagai *completely randomized design*.

Observasi dalam *factorial experiment* dapat digambarkan dalam sebuah model. Ada beberapa cara dalam menuliskan model *factorial experiment*. *Effect model* adalah^[2]

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

μ = mean effect,

τ_i = efek dari level ke-*i* dari faktor A

β_j = efek dari level ke-*j* dari faktor B

$\tau\beta_{ij}$ = efek dari interaksi antara τ_i dan β_j

ε_{ijk} = komponen random error

Pembuat eksperimen juga dapat menggunakan model regresi untuk menggambarkan model dari *factorial experiment*. Model regresi biasanya berguna ketika salah satu atau lebih faktornya adalah data kuantitatif.

H_1 : paling sedikit ada satu $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

Secara spesifik, dalam *factorial design* perlu dilakukan pengujian hipotesis sebagai berikut:

a. *Equality of row treatment effects* (faktor A)

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i = 0$

H_1 : paling sedikit ada satu $\tau_i \neq 0$

b. *Equality of column treatment effects* (faktor B)

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$

H_1 : paling sedikit ada satu $\beta_j \neq 0$

c. Interaksi antar faktor

$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0$, untuk semua i, j

H_1 : paling sedikit ada satu $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

Selang Kepercayaan

Interval kepercayaan menentukan nilai-nilai yang mungkin untuk parameter yang dimiliki dan tidak akan menolak hipotesis nol yang sesuai pada suatu taraf nyata α . Hipotesis nol yang diuji adalah menyatakan bahwa beda antara rata-rata kedua populasi yang diminati sama dengan nol. Nilai-nilai parameter yang mungkin dapat diterima akan terdapat dalam interval kepercayaan dan koefisien kepercayaan $(1-\alpha)$. Untuk dugaan awal pada kombinasi 2 level dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon diketahui^[4]:

$$\hat{\mu} = \bar{Y}_{....} \quad (2)$$

$$\hat{\tau}_i = \bar{Y}_{i....} - \bar{Y}_{....} \quad (3)$$

$$\hat{\beta}_j = \bar{Y}_{...j.} - \bar{Y}_{....} \quad (4)$$

$$\hat{Y}_k = \bar{Y}_{...k.} - \bar{Y}_{....} \quad (5)$$

$$(\hat{\tau\beta})_{ij} = \bar{Y}_{ij..} - \bar{Y}_{i...} - \bar{Y}_{.j..} + \bar{Y}_{....} \quad (6)$$

$$(\hat{\tau\gamma})_{ik} = \bar{Y}_{i.k.} - \bar{Y}_{i...} - \bar{Y}_{...k.} + \bar{Y}_{....} \quad (7)$$

$$(\hat{\beta\gamma})_{jk} = \bar{Y}_{.jk.} - \bar{Y}_{.j..} - \bar{Y}_{...k.} + \bar{Y}_{....} \quad (8)$$

$$(\hat{\tau\beta\gamma})_{ijk} = \bar{Y}_{ijk.} - \bar{Y}_{ij..} - \bar{Y}_{i.k.} - \bar{Y}_{.jk.} + \bar{Y}_{i...} + \bar{Y}_{.j..} + \bar{Y}_{...k.} - \bar{Y}_{....} \quad (9)$$

Dengan demikian, nilai dugaan respon pada kombinasi i, j, k ^[5]:

$$\hat{Y}_{ijk} = \hat{\mu} + \hat{\tau}_i + \hat{\beta}_j + \hat{\gamma}_k + (\hat{\tau\beta})_{ij} + (\hat{\tau\gamma})_{ik} + (\hat{\beta\gamma})_{jk} + (\hat{\tau\beta\gamma})_{ijk} + 0 \quad (10)$$

Uji Normalitas

Uji normalitas adalah uji yang dilakukan untuk mengecek data penelitian berasal dari

populasi yang sebarannya normal. Uji ini perlu dilakukan karena semua perhitungan statistik parametrik memiliki asumsi normalitas sebaran. Formula yang digunakan untuk mengetahui interval kepercayaan bagi skor murni dibuat dengan mengasumsikan bahwa data berasal dari populasi yang sebarannya normal. Data yang normal memiliki *mean*, median, dan modus yang sama. Dengan mengasumsikan bahwa data dalam bentuk normal, analisis statistik baru bisa dilakukan.

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian secara garis besar disajikan pada Gambar 1, sedangkan penjelasannya sebagai berikut:

1. Pemilihan variabel tidak bebas (Respon)

Variabel respon yang dijadikan pada penelitian ini adalah kekuatan *paving*. Penelitian kali ini difokuskan untuk mempelajari dan menganalisa hasil produksi *paving* yang dihasilkan komposisi semen, pasir, dan abu batu. Dikatakan bahwa Komposisi semen, pasir dan abu batu diduga mempengaruhi kekuatan *paving* yang dihasilkan.

2. Pemilihan variabel bebas (Faktor)

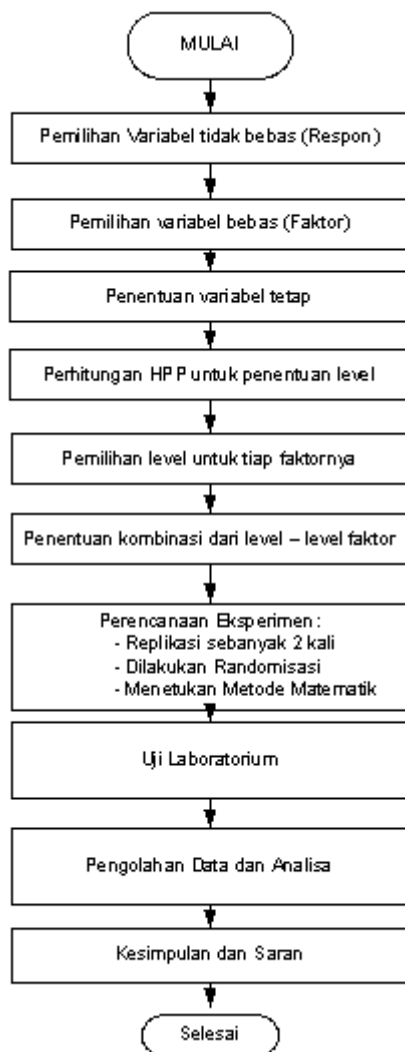
Faktor yang digunakan pada penelitian kali ini, dan yang pengaruh terhadap kekuatan *paving* adalah :

- Faktor A Komposisi Semen dengan 3 level
- Faktor B Komposisi Pasir dengan 3 level
- Faktor C Komposisi Abu batu dengan 3 level

Pengujian yang dilakukan pada komposisi *paving* baru yang telah berumur 28 hari. Pengujian ini dilakukan berdasarkan pada ketentuan tekanan *paving stone block* (SNI 03-0691-1996)^[6] sebesar 3.5 Mpa - 5 MPa atau 35 kg/cm² - 50 kg/cm².

3. Penentuan Variabel Tetap

Tahap selanjutnya adalah penentuan variabel tetap. Tujuan dalam penelitian ini adalah mencari kombinasi komposisi pembuatan *paving* yang terdiri dari semen, abu batu, pasir, batu kerikil dan air. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah komposisi batu kerikil dan air, karena komponen ini tidak memiliki pengaruh besar terhadap respon. Sehingga komponen ini tidak dijadikan faktor utama dalam penelitian kali ini. Selain komposisi tersebut waktu



Gambar 1. Diagram Blok Metode Penelitian

pengeringan juga dijadikan variabel tetap dikarenakan selama proses pengeringan tersebut *paving* yang dihasilkan dapat mencapai titik kekuatan yang maksimal sesuai dengan standart pengeringan yang telah ditetapkan berdasarkan SNI^[6]

4. Perhitungan HPP untuk awal penentuan level

Tahap ini yaitu penentuan level tiap faktornya. Pada penelitian kali ini yang pertama dilakukan yaitu mengetahui takaran produksi *paving* untuk sekali adonan. Selanjutnya mencari harga satuan perbahan baku untuk mengetahui harga *paving* per bijinya. Dengan diketahui harga per *paving* nya maka, dapat ditentukan level untuk tiap faktornya sehingga akan memperoleh kombinasi campuran *paving* antara semen, abu batu

dan pasir dengan menghasilkan kekuatan yang maksimal dan memenuhi standar harga yang telah diperoleh dari perhitungan HPP. HPP dalam penelitian kali ini meliputi bahan baku pembuatan *paving*.

5. Pemilihan level untuk tiap faktornya

Tahap selanjutnya adalah pemilihan level untuk tiap faktornya. Pada penelitian ini digunakan 3 level yang ditentukan berdasarkan persentase dari komposisi bahan pembuat *paving* terutama untuk komposisi semen, abu batu dan pasir dengan ketentuan posentase komposisi tidak melebihi dari komposisi paving dari CV. Sumber Jaya. Sehingga hasil yang diperoleh dari kombinasi ini akan memperoleh harga pokok produksi dibawah CV. Sumber Jaya. Harga pokok produksi meliputi harga bahan baku

6. Penentuan kombinasi dari level – level faktor

Tahap selajutnya adalah penentuan kombinasi level dari level – level faktor. Sebelum memulai penelitian, terlebih dahulu dilakukan perancangan proses penelitian yang akan dilakukan dalam tahap pengumpulan data.

7. Perencanaan Eksperimen

A. Replikasi

Masing-masing sel dilakukan replikasi sebanyak 2 kali pengambilan data dengan tujuan untuk memperoleh data dengan ketelitian memadai dan uji statistik, serta mengingat keterbatasan biaya dan waktu.

B. Model Matematik^[2]

Setelah menetapkan variabel bebas dan variabel tidak bebas maka dapatlah ditentukan model matematik. Eksperimen faktorial meliputi 3 faktor A x B x C, maka model matematiknya sebagai berikut :^[4]

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

C. Hipotesis^[5]

Setelah mengetahui faktor beserta level dari penelitian ini, maka selanjutnya disusun desain eksperimen faktorial 3 faktor sehingga diperoleh perumusan hipotesa. Berikut adalah salah satu perumusan hipotesis yang akan diuji. Sehingga dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$H_0: \tau_i = 0$$

H_1 : Minimal ada satu $\tau_i \neq 0$

8. Uji Laboratorium

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian di laboratorium terhadap hasil *paving* yang telah dieksperimentasikan dengan komposisi yang telah dirancang. Pengujian ini dilakukan di PT.Borland, untuk kekuatan *paving*.

9. Pengolahan data dan Analisa

Pada tahap ini setelah memperoleh data laboratorium, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menggunakan metode desain eksperimen dan pengolahan data yang dilakukan menggunakan cara perhitungan model matematik desain eksperimen faktorial 3 faktor dengan menggunakan *software* MINITAB untuk mengetahui faktor yang signifikan.

10. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir yang akan dilakukan didalam proses penelitian ini, merupakan suatu kesimpulan yang memberikan hasil akhir dari proses penelitian dan diberikan saran yang sesuai dengan hasil analisa yang telah dilakukan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perancangan Desain Eksperimen

Perancangan desain eksperimen 3^3 dilakukan sebelum melakukan percobaan yang akan dilakukan pengujian. Pada penelitian kali ini rancangan faktorial terdiri dari 3 faktor dan 3 level. Faktor terdiri dari persentase komposisi semen, abu batu dan pasir.

- Komposisi semen dengan 3 level yaitu 5.5 %; 6.5% ; 7.5%
- Komposisi Abu batu dengan 3 level yaitu 75%; 76.8 %; 78.7%
- Komposisi Pasir dengan 3 level yaitu 7.3%; 8.3 %; 9.3%

Penentuan level pada rancangan desain eksperimen ini diperoleh dari perhitungan harga pokok produksi bahan baku. Berikut adalah tabel perancangan desain eksperimen berserta dengan *coding* kombinasi komposisi yang diperoleh dari pengacakan randomisasi menggunakan *software* MINITAB

Tabel 1. Perancangan desain Eksperimen 3^3

KOMPO- NEN BAHAN BAKU		Abu batu (j)								
		75			76,8			78,7		
		Pasir (k)								
		7,3	8,3	9,3	7,3	8,3	9,3	7,3	8,3	9,3
Semen (i)	5,5	M	U	P	H	Q	X	AA	F	E
	6,5	O	A	I	T	R	L	Z	W	K
	7,5	N	G	Y	C	V	J	B	S	D

Dari perancangan eksperimen tersebut selanjutnya melakukan eksperimen setiap kombinasi komposisi yang telah ditentukan. Maka dengan demikian disajikan data kombinasi komposisi paving yang akan dibuat berdasarkan urutan abjad.

Hasil Pengujian Laboratorium

Setelah dilakukan randomisasi dan mengetahui kombinasi takaran *paving* yang dibuat,

Tabel 2. Kombinasi Komposisi Paving berdasarkan urutan eksperimen

Coding	Semen %	Abu Batu %	Pasir %	Coding	Semen %	Abu Batu %	Pasir %
A	6,5	75	8,3	O	6,5	75	7,3
B	7,5	78,7	7,3	P	5,5	75	9,3
C	7,5	76,8	7,3	Q	5,5	76,8	8,3
D	7,5	78,7	9,3	R	6,5	76,8	8,3
E	5,5	78,7	9,3	S	7,5	78,7	8,3
F	5,5	78,7	8,3	T	6,5	76,8	7,3
G	7,5	75	8,3	U	5,5	75	8,3
H	5,5	76,8	7,3	V	7,5	76,8	8,3
I	6,5	75	9,3	W	6,5	78,7	8,3
J	7,5	76,8	9,3	X	5,5	76,8	9,3
K	6,5	78,7	9,3	Y	7,5	75	9,3
L	6,5	76,8	9,3	Z	6,5	78,7	7,3
M	5,5	75	7,3	AA	5,5	78,7	7,3
N	7,5	75	7,3				

maka langkah selanjutnya melakukan pembuatan *paving* yang dilakukan di CV. Sumber Jaya. Untuk lama proses pengeringan *paving* dalam skripsi ini selama 28 hari. Setelah diperoleh *paving* dengan umur 28 hari maka setelah itu dilakukan pengujian kuat tekan pada *paving* di PT. Borland. Berikut adalah tabel hasil pengujian *paving* di PT.Borland, pengujian dilakukan sebanyak 2 buah benda uji. Tabel 3 adalah tabel hasil pengujian dan perhitungan mean untuk tiap kombinasi.

Tabel 3. Hasil Laboratorium Uji tekan dan perhitungan mean tiap kombinasi

Coding	Uji Laboratorium (Kg/Cm2)	Uji Laboratorium (Kg/Cm2)	Mean
A	353,1	353	353,05
B	321,2	320,9	321,05
C	319,9	318,6	319,25
D	325,7	326,1	325,9
E	341,3	340,8	341,05
F	357,5	356,9	357,2
G	317,5	317,9	317,7
H	353,3	352	352,65
I	330,6	331,8	331,2
J	321	320,8	320,9
K	337,8	336,9	337,35
L	339,2	339,5	339,35
M	351,8	351,3	351,55
N	317,1	316,8	316,95
O	329,6	331,4	330,5
P	353,4	352,9	353,15
Q	358,4	357,2	357,8
R	332,5	333	332,75
S	322,5	322,9	322,7
T	336,1	335,8	335,95
U	350,7	351,3	351
V	320,6	320,1	320,35
W	340,9	340,6	340,75
X	352,9	352,6	352,75
Y	319,2	318,2	318,7
Z	340,9	339,8	340,35
AA	355,9	355,5	355,7

Hasil Perhitungan ANOVA

Setelah diketahui hasil uji tekan untuk setiap kombinasi maka selanjutnya dilakukan perhitungan data – data jumlah kuadrat (*Sum of Square*) sehingga tersusun dalam daftar ANOVA dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

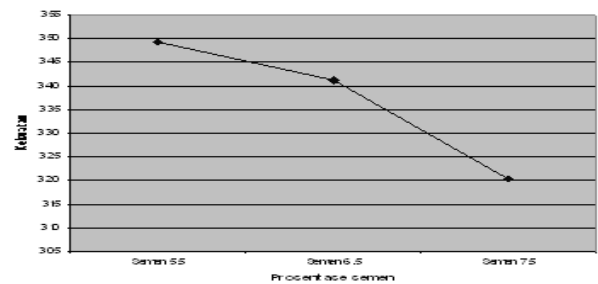
Tabel 4. Daftar *Analysis Of Variance* (ANOVA)

Source Of Variation	Degree Of Freedom	Sum Of Square	Mean Square	F_{hit}	P-Value
A	2	7788,17	3894,09	6902,85	0,000
B	2	867,13	433,56	768,55	0,000
C	2	68,64	34,32	60,84	0,000
AB	4	197,15	49,29	87,37	0,000
AC	4	126,72	31,68	56,16	0,000
BC	4	280,06	70,02	124,11	0,000
ABC	8	548,60	68,58	121,56	0,000
Error	27	15,23	0,56		
Total	53	9891,71			

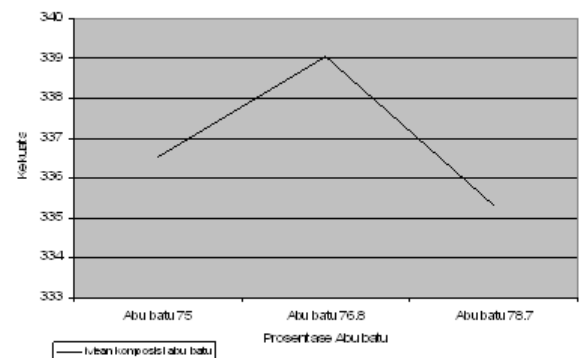
Analisis

Faktor Komposisi semen, ditunjukkan pada Gambar 2 yang memberi gambaran tentang kondisi maksimum komposisi yang

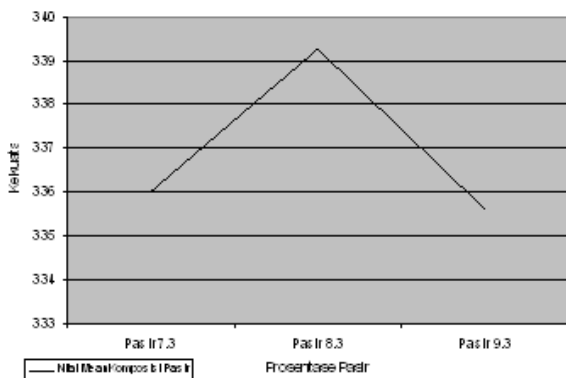
dihasilkan dari setiap level. Dari hasil perhitungan Anova khususnya uji hipotesis untuk komposisi semen yang berkesimpulan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari komposisi semen terhadap kekuatan *paving* . Maka pengamatan gambar dibawah ini untuk plot faktor utama komposisi semen dapat dianalisa bahwa kondisi yang maksimum untuk komposisi maksimum adalah kandungan komposisi semen sebesar 5,5 %. Hal ini dibuktikan rata –rata kandungn komposisi semen yang dihasilkan sebesar 349.294 Kg/Cm², Kandungan komposisi abu bat sebesar 76,8 %. Hal ini dibuktikan rata –rata kandungn komposisi Abu batu yang dihasilkan sebesar 339.05 Kg/cm2 dan sedangkan komposisi pasir sebesar 8,3 %. Hal ini dibuktikan rata –rata kandungn komposisi pasir yang dihasilkan sebesar 339.2556 Kg/Cm2. Berikut tabel Main Efek Plot untuk tiap komposisi, semen, abu batu dan pasir:



Gambar 2. Grafik Persentase Komposisi semen terhadap kekuatan paving



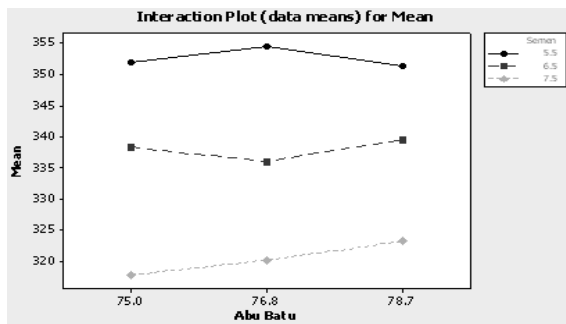
Gambar 3. Grafik Persentase Komposisi Abu batu terhadap kekuatan paving



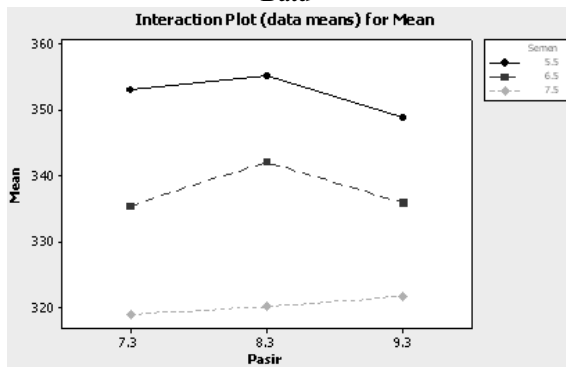
Gambar 4. Grafik Persentase Komposisi Pasir terhadap kekuatan paving

Analisis Pengaruh 2 Efek faktor

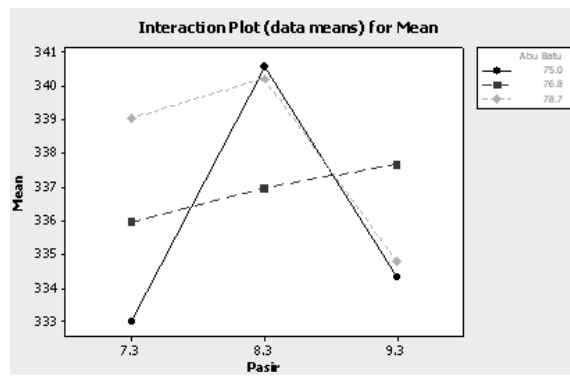
Faktor komposisi semen dan komposisi abu batu, ditunjukkan pada Gambar 5 yang memberi gambaran tentang kondisi maksimum komposisi yang dihasilkan dari setiap level. Dari hasil perhitungan Anova Khususnya uji hipotesis untuk komposisi semen yang berkesimpulan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari komposisi semen dan komposisi abu batu terhadap kekuatan *paving*. Maka pengamatan gambar dibawah ini untuk plot faktor utama komposisi semen dan komposisi abu batu dapat dianalisa bahwa kondisi yang maksimum untuk komposisi maksimum adalah kandungan komposisi semen sebesar 5,5 % dengan komposisi abu batu sebesar 76.8 %. Hal ini dibuktikan rata – rata kandungn komposisi semen yang dihasilkan sebesar 354.4 Kg/Cm².



Gambar 5. Interaksi plot Semen dengan Abu Batu



Gambar 6. Interaksi plot Semen dengan Pasir

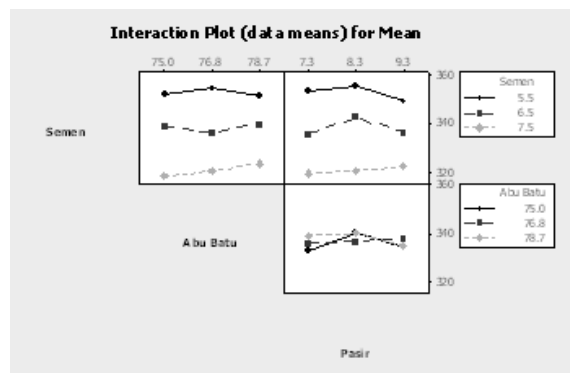


Gambar 7. Interaksi plot Abu batu dengan Pasir

Analisis Pengaruh 3 Efek faktor

Faktor Komposisi semen, abu batu dan pasir ditunjukkan pada Gambar 8 yang memberi gambaran tentang kondisi maksimum komposisi yang dihasilkan dari setiap level.

Dari hasil perhitungan Anova Khususnya uji hipotesis untuk komposisi semen yang berkesimpulan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari komposisi semen, abu batu dan pasir terhadap kekuatan *paving*. Maka pengamatan gambar dibawah ini untuk plot faktor utama komposisi semen, abu batu dan pasir dapat dianalisa bahwa kondisi yang maksimum untuk komposisi maksimum adalah kandungan komposisi semen sebesar 5,5 %, komposisi abu batu sebesar 76.8 % dan komposisi pasir sebesar 8,3 %. Hal ini dibuktikan rata – rata kandungn komposisi semen yang dihasilkan sebesar 357.8 Kg/Cm²



Gambar 8. Interaksi plot Semen, abu batu dan pasir

Uji Distribusi Normal dan Korelasi

Berikut adalah hasil dari uji distribusi normal dan autokorelasi pada residual respon kekuatan.

1. Uji normal

H_0 : residual berdistribusi normal

H_1 : residual tidak berdistribusi normal

$\alpha = 5\%$

Untuk uji normal jika $p\text{-value} > 0,05$ maka residual data tersebut berdistribusi normal.

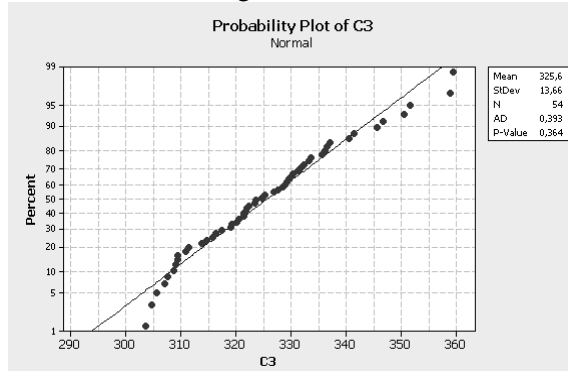
2. Uji autokorelasi

$$H_0 : R_k = 0$$

$$H_1 : R_k \neq 0$$

H_0 diterima jika $|t| < t_{(\alpha/2, n-k)}$, yang berarti data tidak berkorelasi

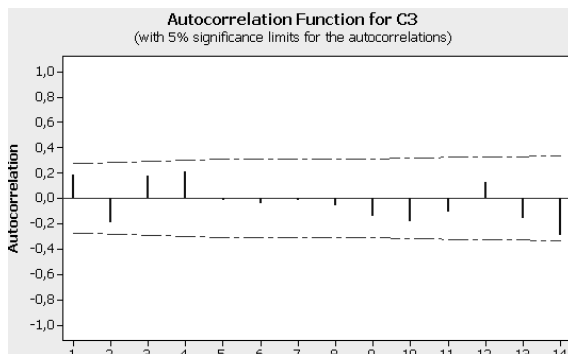
R_k = korelasi lag ke- k



Gambar 9 Uji normal pada residual kekuatan

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan bahwa nilai $p\text{-value} > 0,05$. H_0 gagal ditolak hal ini berarti residual dari nilai pH berdistribusi normal.

Berikut ini adalah pengujian hipotesis uji normal dan uji autokorelasi:



Gambar 10. Autokorelasi respon kekuatan

Berdasarkan Gambar 10 autokorelasi ditunjukkan bahwa data residual dari nilai pH tidak terautokorelasi. Jadi model untuk nilai pH sudah memenuhi syarat IIDN

Analisis Model Matematika

Pada penelitian kali ini terdapat 3 faktor utama yang digunakan yaitu faktor untuk persentase komposisi semen, abu batu dan pasir. Masing – masing faktor memberikan efek tersendiri terhadap masing - masing variabel respon yaitu hasil kekuatan yang dihasilkan dari persentase komposisi semen, abu batu, dan pasir.

Tabel 5. Hasil Perhitungan α_i , β_j dan μ_k

Level	α_i	β_j	μ_k
1	12,34	-0,44	-0,95
2	4,21	2,10	2,30
3	-16,55	-1,65	1,01

Berikut akan ditampilkan beberapa contoh hasil perhitungan efek interaksi ketiga faktor terhadap persentase komposisi semen, abu batu dan pasir pada percobaan untuk mencari kekuatan yang maksimum

Tabel 6 Hasil Perhitungan Efek Interaksi 3 Faktor Untuk Persentase komposisi semen, abu batu, dan pasir

No	Efek Iteraksi	Nilai	Hasil	Nilai
			Untuk	
	$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$	$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$	Y_{ijk}	\bar{Y}_{ijk}
1	$(\alpha\beta\gamma)_{111}$	-1.59	Y_{111}	367.26
2	$(\alpha\beta\gamma)_{112}$	-8.49	Y_{112}	350.12
3	$(\alpha\beta\gamma)_{113}$	4.42	Y_{113}	352.27
4	$(\alpha\beta\gamma)_{121}$	0.53	Y_{121}	357.8
5	$(\alpha\beta\gamma)_{122}$	5.89	Y_{122}	372.29
6	$(\alpha\beta\gamma)_{123}$	4.67	Y_{123}	352.75
7	$(\alpha\beta\gamma)_{311}$	1.06	Y_{311}	369.24
8	$(\alpha\beta\gamma)_{312}$	2.6	Y_{312}	349.03
9	$(\alpha\beta\gamma)_{313}$	-3.56	Y_{313}	341.05
10	$(\alpha\beta\gamma)_{211}$	-3.41	Y_{211}	330.5
11	$(\alpha\beta\gamma)_{212}$	4.16	Y_{212}	348.98
12	$(\alpha\beta\gamma)_{213}$	-2.98	Y_{213}	331.2
13	$(\alpha\beta\gamma)_{221}$	-0.2	Y_{221}	333.54
14	$(\alpha\beta\gamma)_{222}$	-5.33	Y_{222}	332.75
15	$\alpha\beta\gamma)_{223}$	4.97	Y_{223}	339.35
16	$(\alpha\beta\gamma)_{231}$	1.2	Y_{231}	340.35
17	$(\alpha\beta\gamma)_{232}$	-2.9	Y_{232}	340.75
18	$(\alpha\beta\gamma)_{233}$	3.55	Y_{233}	337.35
19	$(\alpha\beta\gamma)_{311}$	2.5	Y_{311}	316.95
20	$(\alpha\beta\gamma)_{312}$	-2.24	Y_{312}	320.09
21	$(\alpha\beta\gamma)_{313}$	1.59	Y_{313}	318.7
22	$(\alpha\beta\gamma)_{321}$	0.35	Y_{321}	319.25
23	$(\alpha\beta\gamma)_{322}$	3.67	Y_{322}	323.89
24	$(\alpha\beta\gamma)_{323}$	-1.03	Y_{323}	322.72
25	$(\alpha\beta\gamma)_{331}$	-2.84	Y_{331}	321.05
26	$(\alpha\beta\gamma)_{332}$	-0.28	Y_{332}	325.09
27	$(\alpha\beta\gamma)_{333}$	4.97	Y_{333}	325.9

Perhitungan harga produk untuk komposisi baru

Analisis Pendekatan Biaya

Setelah memperoleh hasil kondisi yang optimum dari beberapa kombinasi faktor, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dengan analisa pendekatan biaya, atau lebih tepatnya penentuan harga produk baru, baik pada kombinasi level yang optimum yang telah terpilih maupun kondisi level yang di eksperimenkan. Perhitungannya untuk analisa biaya menggunakan perhitungan

berdasarkan biaya bahan baku dengan rincian sebagai berikut:

1. Harga Semen PC (*Porland Cement*) ukuran 50 Kg Rp.50.000,-
2. Harga Abu batu sebanyak 1000 Kg adalah Rp.110.000,-
3. Harga Pasir yang berasal dari Lumajang,
4. pasir yang digunakan harus bebas dari unsur humus, dan bebas dari kotoran. Rp. 90.000,-
5. Harga Batu Kerikil, batu kerikil yang digunakan ukuran 0,5 cm Rp. 150.000,-
6. Harga Air, penentuan harga air ditentukan dari berapa kapasitas yang digunakan oleh CV. Sumber Jaya Rp.3.000 M³

Berikut adalah takaran dan harga untuk komposisi *paving* pada CV.Sumber Jaya disajikan pada Tabel 7, sedangkan takaran dan harga untuk komposisi *paving* baru dari penelitian disajikan pada Tabel 8.

Tabel 7. Perhitungan penentuan harga jual paving berdasarkan bahan baku di CV. Sumber

Bahan	Takaran	Satuan	Harga Satuan	Total
1	2	3	4	4 = 2 x 4
Semen	35	Kg	Rp 1,000.00	Rp 35,000.00
Abu batu	415	Kg	Rp 110.00	Rp 45,650.00
Pasir	45	Kg	Rp 90.00	Rp 4,050.00
Batu Kerikil	45	Kg	Rp 135.00	Rp 6,075.00
Air	30	Liter	Rp 3.00	Rp 90.00
			Total Keseluruhan	Rp90,865.00
			Jumlah Produksi	180 biji
			Harga Per biji	Rp 504.80
			Dibulatkan	Rp 505.00
Bahan	Takaran	Satuan	Harga Satuan	Total

Tabel 8. Penentuan Harga produk jual paving berdasarkan komposisi baru

Bahan	Takaran	Satuan	Harga Satuan	Total
1	2	3	4	4 = 2 x 4
Semen	0.165	Kg	Rp 1,000.00	Rp 165.00
Abu batu	2.31	Kg	Rp 110.00	Rp 254.10
Pasir	0.249	Kg	Rp 90.00	Rp 22.41
Batu Kerikil	0.249	Kg	Rp 135.00	Rp 33.62
Air	0.03	Liter	Rp 3.00	Rp 0.09

			Total Keseluruhan	Rp 475.22
			Berat Paving	3,00 Kg

Dari analisis dan perhitungan di atas dapat diketahui bahwa komposisi kombinasi yang dihasilkan jauh lebih baik daripada kombinasi komposisi yang dipakai oleh perusahaan hal ini dapat dinyatakan dari komposisi yang digunakan oleh CV.Sumber Jaya setelah dilakukan pengujian laboratorium bahwa komposisi yang digunakan sekarang kekuatan rata – rata hanya mencapai 332 Kg/Cm² dengan perbandingan kombinasi semen sebesar 5,5 % untuk komposisi 76.8% dan komposisi pasir 8,3 % dengan harga Rp.475 untuk sebuah *paving* .Pengujian *paving* ini hanya dilakukan pada uji kekuatan *paving* pada umur 28 hari dan dilakukan di PT.Borland.

Maka dengan demikian kombinasi yang diciptakan jauh lebih baik dibandingkan dengan kombinasi komposisi perusahaan. Dari perhitungan diatas dapat dinyatakan bahwa kekuatan yang diperoleh mencapai kenaikan persentase sebesar 7% dari komposisi perusahaan. Sedangkan apabila dilihat dari segi harga per *paving* maka kombinasi penelitian dengan kombinasi perusahaan ada peningkatan. sebesar 2% dari harga *paving* yang dimiliki oleh CV.Sumber Jaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebelumnya dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut kondisi Operasi faktor – faktor yang maksimal pada proses penentuan komposisi semen, abu batu dan pasir untuk menghasilkan kekuatan terbesar adalah pada kombinasi 122 yaitu komposisi semen sebesar 5,5 % komposisi abu batu sebesar 76,8 % dan komposisi pasir 8,3 % dan diperoleh harga sebesar Rp. 475,00

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SpekTek (Spesifikasi Teknik) Pemerintahan Kota Surabaya, Hlm 17,18
Home page:
www.ilo.org/public/indonesia/regio/asro/jakarta/download/manual_block.pdf,
Diakses 25 Febuari 2010
- [2] Iriawan, N., *Mengolah data Statistik dengan Mudah Menggunakan MINITAB*

- 14, Hlm 243, 245, 256, 258, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006
- [3] Sudjana, *Desain dan Analisis Eksperimen*, Edisi Keempat, Hlm 205, Penerbit Trasito, Bandung, 1995
- [4] Montgomery, D.C., *Design and Analysis of Experiments*, Edisi Keempat, , Hlm 415,478 John Wiley & Sons., New York, 2001
- [5] Badan Strandardisasi Nasional (BSN), *SNI 03-0691-1996 Klasifikasi Paving*

Block, Homepage:
www.bsn.go.id/index_sni.php
Diakses 28 April 2010

