

**OPTIMASI KEKUATAN PAVING BLOCK BERDASARKAN
KOMBINASI LEVEL FAKTOR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1**

Teknik Industri



Oleh :

Nama : Rekie Apriansyah

No. Mahasiswa : 03 522 217

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAN INDONESIA
YOGYAKARTA**

2011

PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



Yogyakarta, 9 juni 2011

Rekie Apriansyah.
03 522 217

**OPTIMASI KEKUATAN PAVING BLOCK BERDASARKAN
KOMBINASI LEVEL FAKTOR**



Oleh :

Nama : Rekie Apriansyah
No. Mahasiswa : 03 522 217

Yogyakarta, juni 2011
Pembimbing Tugas Akhir

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ali Parkhan'.

(Ir. Ali Parkhan, MT)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

OPTIMASI KEKUATAN PAVING BLOCK BERDASARKAN
KOMBINASI LEVEL FAKTOR

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Rekie Apriansyah

No. Mahasiswa : 03 522 217

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Juni 2011

Tim Penguji,

Dr. Ali Parkhan, MT

Ketua

Dr. M. Ibnu Mastur, MSIE

Anggota I

Yuli Agusti Rochman, ST, M.Eng.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. M. Ibnu Mastur, MSIE

28
9 2011

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil ‘alamin...

Atas ridho Allah SWT tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Kupersembahkan hasil karyaku ini kepada orang-orang yang paling berarti

dan telah mengisi catatan dalam hidupku :

Papa H. Reza Pahlevi dan Mama Hj. Halima yang sangat kuhormati dan kusayangi, yang selalu Mendo’akan, membimbing, memotivasi dan berkorban

untukku setiap saat

Istriku Tercinta Ediana serta buah hatiku tercinta Manda yang selalu memberikan dukungan terbesar untukku dalam menjalani hidup ini

Mbakku Fitri dan Adikku Arie telah mendukungku setiap saat

Serta semua keluarga besarku.

Terima kasih untuk semuanya yang telah kalian berikan kepadaku

MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ﴿٨﴾

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh- sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(QS. Alam Nasyrah : 6 – 8)

“Barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah mudahkan baginya jalan menuju Surga”

(HR. Muslim)

وَأَسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ وَإِنَّهَا لَكَبِيرَةٌ إِلَّا عَلَى الْخَاشِعِينَ ﴿٤٥﴾

“Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu”

(QS. Al Baqarah : 45)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi ALLAH. Sholawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Rasulullah *Shallallah Alaihi wa Sallam*, keluarga, sahabatnya dan pengikutnya hingga akhir zaman..

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas rahmat dan anugerah-Nya yang telah member ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga Tugas Akhir dengan judul “Analisa Komposisi Bahan Pembuat *Paving Block* Optimal Dengan Metode *Taguchi*” ini dapat terselesaikan.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri Fakultas teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Keberhasilan terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Gumbolo HS., M.Sc., selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak M. Ibnu Mastur, Drs., H., MSIE selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Ali Parkhan, MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Suyono sebagai kepala laboratorium pengujian bahan universitas AKPRIND Yogyakarta
5. Papa dan Mama tercinta dan seluruh keluarga atas segala do'a, dukungan, bantuan, dan kasih sayang yang tiada hentinya.
6. Semua pihak yang telah memberikan semangat dan segala masukan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak.

Wassalamu 'alikum Wr. Wb

Yogyakarta, 9 Juni 2011

Penulis

ABSTRAKSI

Batu cetak yang tidak dibakar / Paving Block (Concrete Block / Konblok) dari bahan campuran tras dan kapur atau dari semen dan pasir sudah dikenal masyarakat sebagai salah satu bahan pembuat jalan. Paving Block yang baik adalah yang sudah memenuhi nilai standar yang telah ditetapkan SNI No. 03-0691-1996, dengan nilai kuat tekan sebesar $3,25 \text{ Kg/cm}^2$

Mengingat penggunaan Paving Block yang semakin meningkat saat ini maka penelitian ini akan menganalisa level faktor optimal pembuatan Paving Block dengan faktor kendali komposisi semen, krikil, pasir, air, pengeringan, dan lama pengadukan dengan variabel respon kuat tekan yang sesuai dengan standar SNI yang ditetapkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Taguchi, yaitu sebuah metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu bersamaan. Level faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah tiga level, komposisi semen menggunakan 0,75 kg, 0,5 kg dan 1 kg. Komposisi pasir menggunakan 7 centong, 6 dan 5 centong. Air menggunakan komposisi 0,4, 0,5 dan 0,6 L. Komposisi krikil yaitu 1 takar, 2,5 takar dan 2 takar. Lama pengeringan masing-masing 5, 10 dan 15 jam. Lama pengadukan menggunakan 4, 3 dan 5 meni.

Dari penelitian dan perhitungan yang dilakukan didapat bahwa kombinasi level faktor Paving Block yang menghasilkan kekuatan tekan optimal yaitu interaksi A2 x B3 yaitu Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong, D2 yaitu Krikil 2.5 takar, C3 yaitu Air 0.5 Liter serta Lama pengadukan terletak pada level F2 yaitu 5 menit. Sedangkan untuk kontribusi terbesar terhadap kuat tekan Paving Block diberikan oleh interaksi antara semen dan pasir yaitu sebesar 0,27% yang kemudian faktor yang memiliki pengaruh terbesar kedua adalah lama pengadukan yaitu sebesar 0,13%. Nilai rata-rata kuat tekan Paving Block hasil penelitian lebih besar dari pada standar SNI yaitu $4,242 \text{ Kg/cm}^2 > 3,25 \text{ Kg/cm}^2$.

Kata Kunci: *Paving Block, Taguchi, SNI, Kuat tekan, komposisi semen, pasir, krikil, air, lama adukan dan lama pengeringan.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAKSI	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Kualitas	8
-------------------------------	---

2.2	Pengendalian Kualitas	10
2.2.1	Pengendalian Kualitas Secara <i>Off Line</i>	10
2.2.1	Pengendalian Kualitas Secara <i>On Line</i>	13
2.3	Pengertian Desain Eksperimen	14
2.3.1	Prinsip Dasar Desain Eksperimen.....	14
2.3.2	Tujuan Desain Eksperimen	16
2.3.3	Langkah-langkah membuat Desain Eksperimen	16
2.4	Metode <i>Taguchi</i>	17
2.4.1	Proses Perancangan Parameter	19
2.4.2	Rasio Signal Terhadap Noise (S/N Ratio)	20
2.4.3	Faktor Terkendali dan Faktor <i>Noise</i>	21
2.4.4	Perancangan Eksperimen <i>Taguchi</i>	22
2.5	Penentuan dan Pemilihan <i>Orthogonal Array</i>	23
2.5.1	Derajat Bebas (<i>Degree of Freedom</i>).....	23
2.5.2	<i>Orthogonal Array</i> (OA)	24
2.6	Uji Distribusi Normal	27
2.7	Uji Homogenitas Variansi.....	28
2.8	Analisis Variansi (ANOVA).....	29
2.9	Pengertian <i>Paving block</i> (Konblok).....	33
2.9.1	Bahan-bahan Campuran <i>Paving block</i>	33
2.9.2	Proses Pembuatan <i>Paving block</i>	35
2.9.3	Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i>	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Objek Penelitian.....	38
3.2	Perumusan Masalah	39
3.3	Tujuan Penelitian	39

3.4	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	39
3.4.1	Identifikasi Data.....	41
3.4.2	Metode Pengumpulan Data.....	41
3.5	Pengolahan Data	41
3.5.1	Uji Kuat Tekan.....	41
3.5.2	Uji Normalitas data.....	42
3.5.3	Uji Homogenitas Variansi.....	42
3.5.4	Hipotesa Penelitian	42
3.6	Analisa Hasil	43
3.7	Kesimpulan dan saran	43

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Perencanaan Percobaan.....	45
4.2	Pelaksanaan Percobaan	53
4.2.1	Langkah-langkah pelaksanaan percobaan.....	53
4.3	Pengumpulan Data	56
4.4	Pengolahan Data Kuat Tekan.....	58
4.4.1	Uji Normalitas Data	58
4.4.2	Uji Homogenitas Variansi.....	62
4.5	Tahap Analisa	63
4.5.1	Analisa Variansi Rata-Rata Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	63
4.5.2	Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	66
4.5.3	<i>Pooling Up Faktor</i>	69
4.5.4	Menghitung Persentase Kontribusi	76
4.5.5	Pengaruh faktor terhadap variabilitas kuat tekan	

<i>Paving Block</i>	78
4.5.5.1 Analisis variansi ratio S/N	78
4.5.5.2 Menghitung Rasio S/N.....	80
4.5.5.3 Pengaruh level dari faktor terhadap variansi kuat tekan <i>Paving Block</i>	83
4.5.5.4 <i>Pooling up faktor S/N Ratio</i>	85
4.5.5.5 Menghitung persentase kontribusi	93

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Uji Normalitas.....	96
5.2 Uji Homogenitas	96
5.3 Variabel Kuat Tekan	96
5.3.1 Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	96
5.3.2 Analisa Variansi Rata-Rata Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	97
5.3.3 Persentase Kontribusi.....	98
5.3.4 Pengaruh faktor terhadap variabilitas kuat tekan <i>Paving Block</i>	99
5.3.4.1 Menghitung Rasio S/N.....	99
5.3.4.2 Pengaruh level dari faktor terhadap variansi kuat tekan <i>Paving Block</i>	100
5.3.4.3 Menghitung Persentase Kontribusi	101

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	103
----------------------	-----

6.2 Saran 103

DAFTAR PUSTAKA

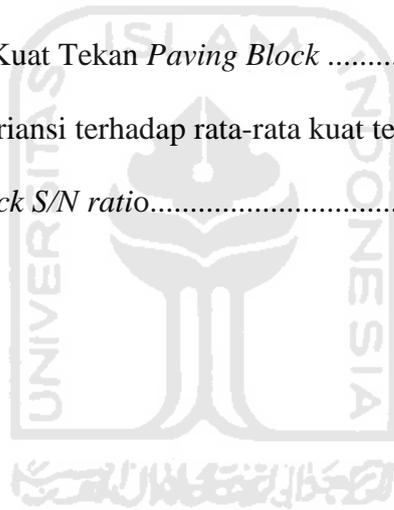
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Orthogonal Array Standar	26
Tabel 2.2.	Matrik <i>Orthogonal Array</i> $L_8 (2^7)$	26
Tabel 2.3.	<i>Orthogonal Array</i> L_4 Standar.....	26
Tabel 3.1.	Daftar ANOVA.....	43
Tabel 4.1.	Level Faktor Kendali.....	41
Tabel 4.2.	Kombinasi Campuran <i>Paving Block</i>	50
Tabel 4.3.	<i>Orthogonal array</i> $L_{27} (3^{13})$ standar	52
Tabel 4.4.	Data Beban Tekan (Kg) masing-masing <i>Paving Block</i>	57
Tabel 4.5.	Daftar Distribusi Kuat Tekan.....	59
Tabel 4.6.	Tabel Data Frekuensi Kuat Tekan	60
Tabel 4.7.	Daftar Penolong Uji Normalitas Kuat Tekan.....	61
Tabel 4.8.	Tabel Data Penggabungan Kelas Untuk Kuat Tekan.....	61
Tabel 4.9.	Daftar Penolong Uji Bartlett Untuk Kuat Tekan	62
Tabel 4.10.	variansi terhadap rata-rata kuat tekan <i>Paving Block</i>	65
Tabel 4.11.	Respon rata-rata kuat tekan <i>Paving Block</i> dari pengaruh faktor.....	67
Tabel 4.12.	Pemecah Interaksi	68
Tabel 4.13.	Analisa Variansi Penggabungan I.....	70
Tabel 4.14.	<i>Pooling Up Faktor</i>	72
Tabel 4.15.	<i>Pooling Up Faktor</i>	74
Tabel 4.16.	Tabel SS	77
Tabel 4.17.	Persen kontribusi.....	77
Tabel 4.18.	Analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan <i>Paving Block</i>	80
Tabel 4.19.	Hasil perhitungan S/N ratio	82

Tabel 4.20.	Tabel Rspn S/N ratio kuat tekan <i>Paving Block</i>	83
Tabel 4.21.	Pemecah Interaksi S/N Ratio	84
Tabel 4.22.	<i>Pooling up faktor</i> Penggabungan I	85
Tabel 4.23.	<i>Pooling Up Faktor</i> penggabungan II	88
Tabel 4.24.	<i>Pooling Up Faktor</i> penggabungan III.....	91
Tabel 4.25.	<i>SS Ratio</i>	93
Tabel 4.26.	Persen kontribusi.....	94
Tabel 5.1.	Level Faktor Kendali	95
Tabel 5.2.	Analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan <i>Paving Block</i>	98
Tabel 5.3.	S/N Ratio Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	99
Tabel 5.4.	Analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan <i>Paving Block S/N ratio</i>	101



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1	Grafik linier $L_{27}(3^{13})$ percobaan	40
Gambar 4.2	Grafik Linier Standart $L_{27}(3^{13})$	51
Gambar 4.3	Grafik Linier Standart $L_{27}(3^{13})$	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Batu cetak yang tidak dibakar / *Paving Block* (*Concrete Block* / *Konblok*) dari bahan campuran tras dan kapur atau dari semen dan pasir sudah dikenal masyarakat sebagai salah satu bahan pembuat jalan. Sebagai bahan penutup dan pengerasan permukaan tanah, *Paving Block* sangat luas penggunaannya untuk berbagai keperluan, mulai dari keperluan yang sederhana sampai penggunaan yang memerlukan spesifikasi khusus. *Paving Block* dapat digunakan untuk pengerasan dan memperindah trotoar jalan, pengerasan jalan di komplek perumahan atau kawasan kampus, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, pengerasan areal parkir, areal perkantoran, pabrik, taman dan halaman sekolah serta di kawasan hotel dan restoran. *Paving Block* bahkan dapat digunakan pada areal khusus seperti pada pelabuhan peti kemas, bandar udara, terminal bus dan stasiun kereta.

Diantara berbagai macam alternatif penutup permukaan tanah, *Paving Block* lebih memiliki banyak variasi baik dari segi bentuk, ukuran, warna, corak dan tekstur permukaan serta kekuatan. Penggunaan *Paving Block* juga dapat divariasikan dengan jenis *paving* atau bahan bangunan penutup tanah lainnya. Di kawasan jalan perumahan *Paving Block* sangatlah cocok, mengingat lalu lintas di dalam perumahan harus

perlahan-lahan, menonjolkan aspek estetika (keindahan), keselamatan (tidak licin) dan biaya pemeliharaan yang murah dan mudah. Suatu jalan direncanakan mempunyai kapasitas mengalirkan aliran air hujan yang jatuh pada badan jalan sampai pada tempat pembuangan sistem *drainase*, dimana sistem ini dapat membantu mengurangi resiko genangan. Sistem *drainase* pada konstruksi jalan *Paving Block* dibedakan menjadi dua yaitu sistem drainase permukaan (terbuka) dan sistem drainase tertutup (*sub soil drainage*).

Untuk menunjang semakin ramainya usaha perumahan yang ada saat ini, perlu kiranya perbaikan kualitas bahan bangunan seperti *Paving Block*. Mengingat curah hujan di Indonesia cukup tinggi terutama saat musim hujan, maka diperlukan jenis *Paving Block* yang kuat terhadap air sehingga tidak mudah rusak (hancur) dan tahan lama. Untuk menciptakan sebuah *paving block* yang memenuhi kualitas diatas, diperlukan sebuah perancangan yang baik, karena kualitas *paving* sendiri dipengaruhi oleh perancangan takaran campuran bahan yang digunakan untuk membuat *paving block*. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh septa (2006) didapat bahwa faktor pengeringan dan penggunaan agregat tambahan berupa abu batu (*abu cipping*) mempengaruhi kekuatan tekan *Paving Block*. Maka pada penelitian kali ini selain penggunaan faktor pengeringan digunakan juga komposisi air dan lama pengadukan sebagai faktor kendali yang belum dipertimbangkan pada penelitian sebelumnya.

Mengingat sudah dilakukan sebelumnya penelitian terhadap pengaruh pengeringan dan penggunaan agregat kasar dan terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tekan, kali ini penelitian akan dilakukan dengan menambahkan faktor komposisi air dan lama pengadukan untuk mengetahui pengaruh kekuatan tekan *Paving Block*. Maka dalam penelitian ini faktor yang akan diukur yang digunakan dalam pembuatan *Paving Block* adalah semen, komposisi pasir, komposisi krikil, lama pengeringan, komposisi air dan pengaruh lama pengadukan. Untuk memperoleh kombinasi dari tiap faktor tersebut, maka dibutuhkan suatu desain eksperimen, dengan menggunakan metode taguchi kemudian dicari kombinasi campuran bahan baku *Paving Block* yang optimal dari segi takaran campuran, jenis semen dan agregat kasar dengan variabel respon kuat tekan.

Dalam penelitian ini akan dicari kombinasi *Paving Block* yang optimal dengan metode taguchi yang akan diuji dengan menggunakan uji kuat tekan yang diharapkan kekuatan tekan *Paving Block* tersebut sesuai dengan standart SNI No. 03-0691-1996, yaitu $3,25 \text{ Kg/cm}^2$.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahannya yaitu: Seperti apakah kombinasi level faktor *Paving Block* yang menghasilkan nilai kuat tekan lebih baik dari standar SNI dengan pendekatan *Taguchi*?

1.3. Batasan Masalah

Agar masalah yang dibahas pada penelitian ini lebih terarah dan tidak meluas, maka diperlukan batasan masalah, sebagai berikut :

1. Obyek penelitian adalah *Paving Block* dan faktor yang diteliti adalah campuran semen, krikil dan pasir, air, pengeringan, dan lama pengadukan.
2. Seluruh asumsi, data, dan pembahasan sesuai dengan model yang diajukan.
3. Data didapatkan dengan mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisa data eksperimen pembuatan *Paving Block*.
4. Karakteristik yang diteliti yaitu kuat tekan *Paving Block*.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi level faktor pembuatan *Paving Block* dari semen, pasir dan krikil, lama pengeringan dan pengadukan yang menghasilkan nilai kekuatan tekan yang lebih baik dari standart SNI No. 03-0691-1996 yaitu $3,25 \text{ Kg/cm}^2$.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh alternatif komposisi campuran dalam pembuatan *Paving Block*

2. Meningkatkan kualitas *Paving Block* dengan meminimalkan pengaruh dari penyebab variasi tanpa menghilangkan penyebab itu sendiri, sehingga cukup dengan mengatur *setting* faktor kendali.
3. Memperbaiki mutu *Paving Block*.
4. Dapat memberikan pandangan kepada para pembaca mengenai aplikasi metode *Taguchi* pada penentuan level faktor terbaik dalam usaha peningkatan kualitas produk.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari tugas akhir ini selanjutnya disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan penjelasan terperinci mengenai teori – teori yang digunakan sebagai landasan dalam pemecahan masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi langkah-langkah pembuatan laporan Tugas Akhir yang diawali dengan pengamatan, pengumpulan dan pengolahan data sehingga dapat ditarik kesimpulannya.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi pengumpulan data eksperimen beserta pengolahan data.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan analisis dan implementasi hasil pengolahan data.

BAB VI PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari analisa pemecahan masalah maupun hasil pengumpulan data serta saran untuk perbaikan bagi perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Gambar
2. Tabel



BAB II

LANDASAN TEORI

Beberapa penelitian tentang kualitas dengan menggunakan metode *Taguchi* telah dilakukan oleh :

1. Novika Noerdiyanti (2004), "Setting Parameter Optimal Pembuatan Batu Bata Menggunakan Prosedur *TOPSIS*". Penelitian tersebut menggunakan 2 (dua) variabel respon dengan prosedur *TOPSIS* dalam optimasi variabel multiresponnya.
2. Umi Latifah (2008), "Setting Parameter Optimal Untuk Meningkatkan Kekuatan Tekan Dan Meminimalkan Susut Kering Badan Keramik Dengan Menggunakan Metode *Taguchi Multirespon*". Didalam penelitian ini, Umi Latifah menggunakan prosedur *TOPSIS* dengan 5 (lima) faktor kendali dan 1 (satu) faktor derau.
3. Halida Febriyani Riyadi (2008), "Perancangan Parameter Setting Pada Mesin Cetak Hamada E47 Untuk Perbaikan Kualitas Produk Cetak Menggunakan Metode *Taguchi*". Penelitian tersebut menggunakan metode *Taguchi* Single Respon dengan 6 (enam) faktor kendali dan 2 (dua) faktor derau.
4. Ranita Eka Puspa Ayu (2008), "Analisa Perbaikan Mutu Toples Menggunakan Metode *Taguchi*". Penelitian tersebut menggunakan 7 (enam) faktor kendali dan 1 (satu) faktor *noise*.

5. Ceria Mustika P (2008), ” Disain Kualitas Miniatur Candi dari *Fiber Glass* dengan Metode *Taguchi Multirespon*” penelitian tersebut menggunakan 5 (lima) faktor kendali dan 1 (satu) faktor *noise*.
6. Sapta (2006) meneliti kekuatan tekan *Pving Block* dengan menggunakan faktor kendali bahan dan lama pengeringan, dari penelitian tersebut didapat bahwa faktor cara pengeringan mempengaruhi kekuatan tekan *paving block*.

Kelima penelitian sebelumnya menentukan level faktor optimal. Pada penelitian ini akan dilakukan hal yang sama dengan produk *Paving block* tetapi akan diberikan penambahan faktor kendali yaitu komposisi air dan lama pengadukan dengan metode *Taguchi* yang bertujuan untuk mendapatkan alternatif formulasi bahan campuran pembuat *Paving block* dan perbedaannya lainnya adalah penelitian ini didasarkan pada ukuran kuat tekan *Paving block* yang akan dibuat adalah ukuran yang sesuai dengan standart SNI No. 03-0691-1996, yaitu 3,25 Kg/cm².

2.1. Pengertian Kualitas

Proses produksi yang memperhatikan kualitas akan menghasilkan produk berkualitas yang bebas dari kerusakan. Kata kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda, dan bervariasi dari yang konvensional sampai yang lebih strategik. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti performansi (*performance*), keandalan (*reliability*), mudah dalam penggunaan (*easy to use*), estetika (*esthetics*) dan sebagainya. Sedangkan

definisi strategik dari kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan (*meeting the needs of customers*). (Vincent Gaspersz, 2001)

Ada banyak sekali definisi dan pengertian kualitas, yang sebenarnya definisi atau pengertian yang satu hampir sama dengan definisi yang lain (Dorothea, 2004). Pengertian kualitas menurut beberapa ahli yang banyak dikenal antara lain (Dorothea, 2004) :

1. Juran (1962) “ Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya.”
2. Crosby (1979) “ Kualitas adalah kesesuaian dengan kebutuhan yang meliputi *availability, delivery, reability, maintainability*, dan *cost effectiveness*.”
3. Feigenbaum (1991) “ Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture*, dan *maintenance*, dalam mana produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan.”
4. Perbendaharaan istilah *ISO 8402* dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991), kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria-kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.

2.2. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dapat diartikan sebagai proses pengukuran yang dilakukan selama perancangan produk/proses. Aktivitas pengendalian kualitas mencakup dalam setiap fase dari penelitian dan pengembangan produk, perancangan proses produksi dan kepuasan konsumen. Pengendalian kualitas dibedakan menjadi dua bagian :

2.2.1. Pengendalian Kualitas Secara Off-Line

Pada bagian ini perancangan eksperimen merupakan peralatan yang sangat fundamental, dimana teknik ini mengidentifikasi sumber dari variasi dan menentukan perancangan dan proses yang optimal. Pengendalian kualitas secara *off-line* dibagi menjadi 3 (tiga) tahap (Glen Stuart Peace, 1993):

Tahap I Perancangan Konsep

Tahap ini berhubungan dengan pemunculkan ide dalam kegiatan perancangan dan pengembangan produk, dimana ide tersebut dari keinginan konsumen.

Model atau metode yang digunakan pada tahap ini antara lain :

- Quality Function Deployment : menterjemahkan keinginan konsumen ke dalam istilah teknis.
- Dinamic Signal-to-Noise Optimization : teknik untuk mengoptimalkan engineering function, resulting in robust, dan tunable technology.

- Theory of Inventive Problem Solving : Suatu koleksi tool yang didapat dari analisa literature yang berguna untuk membangkitkan pemecahan masalah teknis yang inovatif.
- Design of Experiments : Eksperimen faktorial penuh dan faktorial parsial untuk dapat mengetahui efek dari beberapa parameter serentak.
- Competitive Technology Assesment : melakukan benchmark terhadap sifat robustnees dari teknologi pengembangan internal dan eksternal.
- Pugh Concept Selection Process : Mengumpulkan dan menyajikan informasi dari suatu system expert, dengan membandingkan beberapa keunggulan dan kualitas dari berbagai konsep untuk dikembangkan sehingga didapat konsep yang superior.

Tahap II Perancangan Parameter

Tahap ini berfungsi untuk mengoptimalisasi level dari faktor pengendali terhadap efek yang ditimbulkan oleh faktor lain sehingga produk yang ditimbulkan dapat tangguh terhadap noise. Karena itu perancangan parameter sering disebut sebagai Robust Design.

Model atau metode yang digunakan dalam tahap ini antara lain :

- Engineering Analysis : Menggunakan pelatihan, pengalaman, dan percobaan untuk menemukan variabilitas dan respon yang efektif.

- The System P-Diagram : Suatu model yang tangguh untuk menggambarkan dan menggolongkan berbagai parameter yang mempengaruhi output system.
- Dynamic and Static Signal-to-Noise Opetimization : Mengoptimalkan suatu perancangan parameter untuk mengurangi variabilitas dengan menggunakan perhitungan rasio signal-to-noise.
- Crossed Array Experiment : Sebuah perancangan eksperimen khusus dengan cara memanfaatkan interaksi antara faktor kendali dan faktor derau sehingga membuat sistem lebih tangguh.

Tahap III Perancangan Toleransi

Merupakan tahap terakhir dimana dibuat matrik orthogonal, loss function, dan ANOVA untuk menyeimbangkan biaya dan kualitas dari suatu produk.

Model atau metode yang digunakan pada tahap ini antara lain :

- Quality Loss Function : Persamaan yang menghubungkan variasi dari performan biaya produk dengan level deviasi dari target.
- Analysis of Variance (ANOVA) : Suatu teknis statistik yang secara kuantitatif menentukan kontribusi variasi total, yang dibentuk dari setiap faktor derau dan faktor kendali.

- Design of Experiments : Eksperimen faktorial penuh dan faktorial parsial untuk dapat mengetahui efek dari beberapa parameter secara serentak.

2.2.2. Pengendalian Kualitas Secara On-Line

Pengendalian kualitas secara *on-line* merupakan suatu aktivitas untuk mengamati dan mengendalikan kualitas pada setiap proses produksi secara langsung. Aktivitas ini sangat penting dalam menjaga agar biaya produksi menjadi rendah dan secara langsung pula dapat meningkatkan kualitas produk.

Pengendalian kualitas secara *on-line* ini juga dapat mengontrol mesin – mesin produksi sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada mesin – mesin produksi tersebut. Beberapa model yang digunakan dalam melakukan pengendalian kualitas secara *on-line* :

- *Statistical Process Control* : Melakukan pengamatan, pengendalian, dan pengujian pada tiap tahap proses produksi agar dapat terjadi penyimpangan yang cukup besar.
- *Static Signal-to-Noise Ratio* : Mereduksi variasi dengan menggunakan aplikasi dari robust design untuk memecahkan permasalahan dalam proses produksi.
- *Compensation* : Berbagai rencana pengendalian untuk menjaga agar proses yang terjadi sesuai dengan target.

- *Loss Function-Based Process Control* : Pengurangan terhadap seluruh biaya produksi termasuk biaya per unit, biaya inspeksi, dan biaya set-up yang diperlukan dalam pengendalian proses serta quality loss yang diakibatkan oleh sisa variasi pada output.

2.3. Pengertian Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefinisikan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata-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 obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas.

2.3.1. Prinsip Dasar Desain Eksperimen

a. Replikasi

Replikasi diartikan sebagai pengulangan eksperimen dasar. Dalam kenyataannya replikasi diperlukan oleh karena dapat :

1. Memberikan tafsiran kekeliruan eksperimen yang dapat dipakai untuk menentukan panjang interval konfidens atau dapat digunakan sebagai “*satuan dasar pengukuran* “ untuk penetapan taraf signifikan daripada perbedaan –perbedaan yang diamati.

2. Menghasilkan taksiran yang lebih akurat untuk kekeliruan eksperimen
3. Memungkinkan untuk memperoleh taksiran yang lebih baik mengenai efek rata-rata sesuatu faktor.

b. Pengacakan

Pada umumnya untuk setiap prosedur pengujian, asumsi – asumsi tertentu perlu diambil dan dipenuhi agar supaya pengujian yang dilakukan menjadi berlaku. Salah satu diantaranya adalah bahwa pengamatan – pengamatan berdistribusi secara *independent*. Asumsi ini sukar untuk dapat dipenuhi, akan tetapi dengan jalan berpedoman kepada prinsip sampel acak yang diambil dari sebuah populasi atau berpedoman pada perlakuan acak terhadap unit eksperimen, maka pengujian dapat dijalankan seakan – akan asumsi yang telah diambil terpenuhi. Pengacakan memungkinkan untuk melanjutkan langkah – langkah berikutnya dengan anggapan soal independen menjadi suatu kenyataan.

c. Kontrol Lokal

Merupakan sebagian daripada keseluruhan prinsip – prinsip desain yang harus dilaksanakan. Biasanya merupakan langkah – langkah yang berbentuk penyimpangan, pengelompokkan, dan pemblokkan unit – unit eksperimen yang digunakan dalam desain. (Sudjana, 1991)

2.3.2. Tujuan Desain Eksperimen

Desain suatu eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Meskipun demikian, dalam rangka usaha mendapatkan semua informasi yang berguna itu, hendaknya desain dibuat sesederhana mungkin. Penelitiannya juga hendaknya seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang harus digunakan. Hal ini juga penting mengingat pada kenyataan bahwa desain yang sederhana akan mudah dilaksanakan, dan data yang diperoleh berdasarkan desain demikian akan dapat cepat dianalisis di samping juga akan bersifat ekonomis. Jadi jelas hendaknya, bahwa desain eksperimen berusaha untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum

2.3.3. Langkah-langkah membuat Desain Eksperimen

Langkah – langkah desain eksperimen adalah sebagai berikut (Umi Latifah, 2008):

- a. Menyatakan mengenai masalah atau persoalan yang akan dibahas
- b. Merumuskan hipotesa
- c. Menentukan teknik dan desain eksperimen yang diperlukan

- d. Memeriksa semua hasil yang mungkin dan latar belakang atau alasan agar supaya eksperimen setepat mungkin memberikan informasi yang diperlukan.
- e. Mempertimbangkan semua hasil yang ditinjau dari prosedur statistika yang diharapkan berlaku untuk itu.
- f. Melakukan eksperimen
- g. Penggunaan teknik statistika terhadap data hasil eksperimen
- h. Mengambil kesimpulan dengan jalan menggunakan atau memperhitungkan derajat kepercayaan yang wajar mengenai satuan – satuan yang dinilai.
- i. Membandingkan kualitas proses yang baru dengan proses yang lama

Desain eksperimen terdiri dari dua macam yaitu desain eksperimen konvensional dan desain eksperimen *Taguchi*. Desain eksperimen konvensional sudah semakin tidak dilakukan pada saat sekarang, karena menghabiskan banyak waktu, biaya dan tenaga. Sedangkan untuk metode *Taguchi* sekarang banyak dilakukan, karena dalam metode *Taguchi* mempersingkat jumlah eksperimen yang dilakukan sehingga tidak menghabiskan banyak waktu, tenaga dan biaya.

2.4. Metode *Taguchi*

Metode *Taguchi* diperkenalkan pertama kali oleh Dr Genichi *Taguchi* pada saat pertemuan yang diselenggarakan oleh AT & T, sebuah perusahaan telekomunikasi terkemuka di Amerika Serikat. Dia merupakan

seorang konsultan pengendalian kualitas dari Jepang . Dalam metode *Taguchi* digunakan matrik yang disebut *orthogonal array* untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variable-variabel input untuk masing-masing eksperimen.(Glen Stuart Peace,1993)

Menurut *Taguchi*, ada 2 (dua) segi umum kualitas yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan. Metode *Taguchi* menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut *Orthogonal Array*. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi

Sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode *Orthogonal Array* terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input untuk masing-masing percobaan.

Filosofi *Taguchi* terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu (Montgomery,1998):

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.

2. Produk harus didesain sehingga robust terhadap faktor lingkungan yang
3. tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

2.4.1. Proses Perancangan Parameter

Dalam rancangan percobaan klasik menganggap bahwa semua faktor sebagai penyebab variasi. Jika faktor-faktor tersebut dikendalikan atau dihilangkan maka variasi dapat dikurangi sehingga kualitas meningkat. Tetapi tidak semua faktor yang berpengaruh dapat dikendalikan tanpa mengeluarkan biaya, sehingga diperlukan pendekatan lain untuk meningkatkan kualitas. Pendekatan yang digunakan oleh *Taguchi* dinamakan perancangan parameter. *Taguchi* membagi upaya untuk meningkatkan kualitas atas 3 (tiga) hal, yaitu :

1. Disain Sistem

Yaitu upaya dimana konsep-konsep, ide - ide, metode baru dan lainnya dimunculkan untuk memberi peningkatan produk .

2. Disain Parameter

Digunakan untuk mencegah terjadi variabilitas, dimana parameter-parameter ditentukan untuk menghasilkan performansi yang baik.

3. Disain toleransi

Pada disain ini, kualitas ditingkatkan dengan mengetatkan toleransi pada parameter produk atau proses untuk mengurangi terjadinya variabilitas pada performansi produk.

2.4.2. Rasio Signal Terhadap Noise (S/N Ratio)

S/N ratio adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. Ada beberapa jenis S/N rasio, yaitu :

1. *Smaller –the-Better* (STB)

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Meskipun demikian, dalam penentuan level faktor optimal tetap dipilih nilai S/N Ratio yang terbesar (Belavendram, 1995). Nilai S/N untuk jenis karakteristik STB adalah:

$$S/N_{STB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

Dimana : n = jumlah tes di dalam percobaan (*trial*)

y_i = nilai respon dari cuplikan ke – i untuk jenis eksperimen tertentu

2. *Larger-the-Better* (LTB)

Karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik LTB adalah :

$$S/N_{LTB} = -\text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

3. *Nominal-the-Better* (NTB)

Karakteristik kualitas dimana ditetapkan suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu tersebut maka kualitasnya semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik NTB adalah :

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \mu)^2$$

2.4.3. Faktor Terkendali dan Faktor Noise

Taguchi mengembangkan faktor perancangan dan pengembangan produk/proses ke dalam dua kelompok yaitu faktor terkendali dan faktor noise. Faktor terkendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat dikendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk/proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor noise adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen. Faktor noise dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu :

1. Faktor *noise eksternal*

Diartikan sebagai sumber-sumber variabilitas yang berasal dari luar produk.

2. Faktor *noise* dari unit ke unit

Merupakan hasil dari produksi dimana selalu ada perbedaan dari setiap item yang sejenis yang telah diproduksi. Disebut juga sebagai variasi toleransi.

3. Faktor *noise* deteriorasi

Disebut juga *noise* internal karena faktor ini berasal dari sesuatu (internal) yang berubah dari proses atau degradasi dari komponen mesin yang memasuki *over time*.

Dalam perancangan eksperimen *Taguchi*, penanganan faktor *noise* melalui 3 (tiga) cara, yaitu :

1. Dengan melakukan pengulangan terhadap masing-masing percobaan
2. Dengan memasukkan faktor *noise* tersebut kedalam percobaan dengan menempatkannya diluar faktor terkendali. Dengan menganggap faktor terkendali bervariasi

2.4.4. Perancangan Eksperimen *Taguchi*

Perancangan eksperimen merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Glen S.P, 1993). Ada beberapa langkah yang diusulkan *Taguchi* untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu :

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
2. Menentukan tujuan penelitian
3. Menentukan metode pengukuran
4. Identifikasi faktor
5. Memisahkan faktor kontrol dan faktor *noise*
6. Menentukan level setiap faktor dan nilai faktor
7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi

8. Menggambarkan linier graph yang diperlukan untuk faktor kontrol dan interaksi.
9. Memilih *Orthogonal Array*
10. Pemasukkan faktor atau interaksi ke dalam kolom
11. Melakukan eksperimen
12. Analisa hasil eksperimen
13. Interpretasi hasil
14. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal
15. Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal
16. Menjalankan eksperimen konfirmasi

2.5. Penentuan dan Pemilihan *Orthogonal Array*

Penentuan dan pemilihan *Orthogonal Array* sangat penting, karena ini akan mempengaruhi proses penelitian dan komposisi yang akan digunakan dalam penelitian.

2.5.1. Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level - level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas. Dalam melakukan

percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *Orthogonal Array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *Orthogonal Array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan. Perhitungan untuk memperoleh derajat bebas adalah sebagai berikut :

A. Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B :

$$V_A = (\text{jumlah level faktor A}) - 1$$

$$= k_A \cdot 1$$

$$V_B = (\text{jumlah level faktor B}) \cdot 1$$

$$= k_B \cdot 1$$

B. Untuk interaksi, misal interaksi A dan B

$$V_{A \times B} = (k_A \cdot 1) (k_B \cdot 1)$$

C. Nilai derajat bebas total

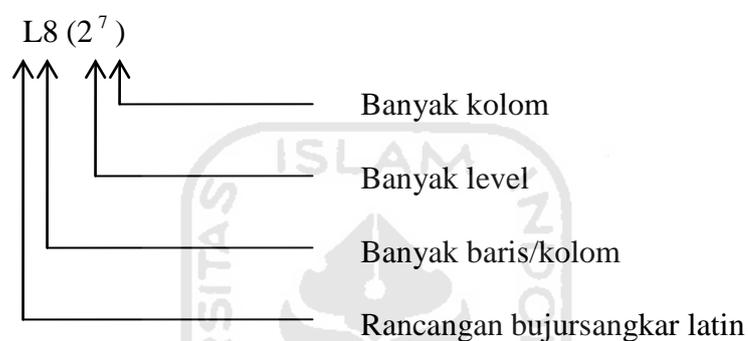
$$(k_A \cdot 1) + (k_B \cdot 1) + (k_A \cdot 1) (k_B \cdot 1)$$

Tabel orthogonal array yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

2.5.2 *Orthogonal Array* (OA)

Matrik *orthogonal* atau *orthogonal array* terdiri dari kolom-kolom orthogonal. Yaitu untuk setiap pasang kolom, semua kondisi performansi muncul dalam jumlah yang sama. Dalam matrik orthogonal, kolom

menyatakan faktor-faktor yang dipelajari, baris mewakili eksperimen individual, jumlah baris menyatakan banyaknya eksperimen yang harus dilakukan, dimana jumlah baris minimal sama dengan *degree of freedom* dan isi dari matrik orthogonal menyatakan level atau taraf dari faktor-faktor yang dipelajari.



Pemilihan matrik orthogonal yang dipakai bergantung pada derajat bebas atau *degree of freedom* yang dipelajari, level faktor yang dipelajari, resolusi dan biaya (Belavendram, 1995). Dalam memilih *array orthogonal* yang sesuai untuk suatu eksperimen tertentu disyaratkan agar $V_{OA} \geq V_{fl}$, dengan V_{fl} : derajat bebas level faktor (Belavendram, 1995). Derajat bebas *array orthogonal* (V_{OA}) selalu kurang 1 dari banyaknya eksperimen.

$$V_{OA} = n_{OA} - 1$$

Dengan n_{OA} adalah banyaknya baris/eksperimen. Sedangkan derajat bebas suatu faktor (V_{fl}) adalah satu kurangnya dari jumlah level faktor tersebut.

$$V_{fl} = n_{fl} - 1$$

dengan n_{fl} adalah banyaknya level.

Tabel 2.1 Orthogonal Array Standar

2 level	3 level	4 level	5 level	Level gabungan
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^1X3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1X4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(2^{40})$			$L_{36}(2^{11}X3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3X3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^1X3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$				$L_{50}(2^1X5^{11})$

Tabel 2.2. Matrik *Orthogonal Array* $L_8 (2^7)$

Trial No	Column Number						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Tabel 2.3 *Orthogonal Array* L_4 Standar

Trial	Columns		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

2.6 Uji Distribusi Normal

Asumsi bahwa populasi berdistribusi normal, telah melancarkan teori dan metode statistik sedemikian rupa sehingga banyak persoalan yang dapat diselesaikan dengan lebih mudah dan cepat. Oleh karena itu cukup mudah dimengerti kiranya bahwa asumsi normalitas perlu dicek keberlakuannya agar langkah-langkah selanjutnya dapat dipertanggungjawabkan (Gaspersz,2001)

Uji kenormalan dapat dilakukan dengan menggunakan uji kebaikan-suai atau uji kecocokan (*test of goodness fit*). Uji ini didasarkan pada seberapa baik kesesuaian dengan frekuensi harapan yang didasarkan pada sebaran yang dihipotesiskan, dalam hal ini adalah sebaran atau distribusi

normal yang memiliki model : $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$

Dimana :

$\pi = 3,1415$ dan $e = 2,7183$

$\mu =$ parameter, merupakan rata-rata untuk distribusi

$\sigma =$ parameter, merupakan simpangan baku untuk distribusi

Untuk keperluan pengujian normalitas ini, data harus disusun dalam daftar distribusi frekuensi yang terdiri atas k buah interval.

Uji kebaikan-sesuai antara frekuensi yang teramati dengan frekuensi harapan didasarkan pada besaran :

$$x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Nilai x^2 merupakan sebuah nilai peubah acak x^2 yang sebaran penarikannya, contohnya sangat menghampiri nilai chi-kuadrat. Lambang O_i dan E_i masing-masing menyatakan frekuensi teramati dan frekuensi harapan bagi sel ke- i .

2.7 Uji Homogenitas Variansi

Untuk menguji kesamaan beberapa buah rata-rata, sebagaimana dalam metode analisis variansi (ANOVA), diasumsikan populasinya mempunyai variansi yang homogen, yaitu $\alpha_1^2 = \alpha_2^2 = \dots = \alpha_k^2$ sehingga perlu dilakukan pengujian homogenitas (kesamaan) variansi populasi normal.

Dari k ($k > 2$) buah populasi berdistribusi independen dan normal masing-masing dengan variansi $\alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_k^2$. Akan diuji hipotesis :

$$H_0 : \alpha_1^2 = \alpha_2^2 = \dots = \alpha_k^2$$

H_1 : paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku

Salah satu cara untuk menguji homogenitas k buah ($k \geq 2$) variansi populasi yang berdistribusi normal adalah dengan uji Bartlett. Misal populasi memiliki masing-masing sampel berukuran n_1, n_2, \dots, n_k dengan data Y_{ij} ($i=1, 2, \dots, n_k$) kemudian dari sampel-sampel itu dihitung masing-masing variansinya yaitu $s_1^2, s_2^2, \dots, s_k^2$.

Nilai statistik hitung uji Bartlett digunakan dengan rumusan Chi-Square

$$x^2 = (\ln 10) \{B - \sum(n_i - 1) \log s_i^2\}$$

Dimana:

$$\ln 10 = 2,306$$

$$B = (\log s^2) \sum(n_i - 1)$$

$$s^2 = \frac{\sum(n_i - 1)s_i^2}{\sum(n_i - 1)}$$

Dengan taraf nyata α , hipotesis H_0 ditolak jika $x^2_{hitung} \geq x^2_{(1-\alpha)(dk)}$, dimana $x^2_{(1-\alpha)(dk)}$ didapat dari tabel Chi-Kuadrat dengan peluang $(1 - \alpha)$ dan $dk = (k-1)$.

2.8 Analisis Variansi (ANOVA)

Analisis ragam atau variansi adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total (variansi total) dari data-data yang kita peroleh menjadi komponen-komponen pembentuk keragaman total tersebut sehingga dapat diukur sebagai sumber keragaman (variansi), pengaruh-pengaruh variabel dependen dan kontribusi setiap faktor terhadap total variansi (Sudjana, 1991).

Pada analisis variansi model I atau model tetap, peneliti dihadapkan pada taraf tiap faktor yang tetap, artinya taraf untuk masing-masing faktor tetap banyaknya dan seluruhnya digunakan dalam eksperimen. Sebagai contoh pada analisis desain eksperimen faktorial $a \times b$ (dwifaktor), apabila diteliti hanya mempunyai a buah taraf faktor A dan hanya b buah faktor B dan semuanya digunakan dalam eksperimen yang

dilakukan, baik model yang diambil adalah model tetap (Sudjana, 1995).

Model yang digunakan untuk desain faktorial a x b adalah :

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij}$$

Dimana :

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, c$$

Y_{ijk} = variabel respon hasil observasi ke-k yang terjadi karena pengaruh bersama taraf ke-I faktor A dan taraf ke-j faktor B

μ = rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)

A_i = efek taraf ke-i faktor A

B_j = efek taraf ke-j faktor B

AB_{ij} = efek interaksi antar taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B

Hipotesa nol yang harus diuji dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Ho_1 = A_i = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a)$$

$$Ho_2 = B_j = 0 ; (j = 1, 2, \dots, b)$$

$$Ho_3 = AB_{ij} = 0 ; (i = 1, 2, \dots, a \text{ dan } j = 1, 2, \dots, b)$$

Hipotesa nol Ho_1 menyatakan bahwa tidak terdapat efek faktor A di dalam eksperimen itu, sedangkan Ho_2 menyatakan tidak terdapat efek faktor B. Untuk menyatakan di dalam eksperimen itu tidak terdapat interaksi antara faktor A dan faktor B maka digunakan Ho_3 . Hipotesis

alternatifnya berturut-turut adalah terdapat efek faktor A, efek faktor B dan interaksi AB.

Langkah-langkah perhitungan dalam analisis variansi multifaktor adalah sebagai berikut (Ross, 1988) :

1. Menghitung harga-harga *Sum of Square* (SS) atau jumlah kuadrat (JK)

a. Total *Sum of Square* (SST) atau jumlah kuadrat total, dengan

$$\bar{T} = \frac{T}{N} = \bar{y} \quad \text{dan} \quad T = \sum_{i=1}^N y_i$$

Persamaan diatas dapat dirumuskan kembali menjadi :

$$SST = \left[\sum_{i=1}^N y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

y_i = nilai respon (data pengamatan) ke

$\bar{T} = \bar{y}$ = rata-rata respon

N = jumlah pengamatan

b. *Sum of Square* atau jumlah kuadrat untuk suatu faktor, misal faktor A

$$SSA = \left[\sum_{i=1}^{k_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) - \frac{T^2}{N} \right]$$

SSA= *Sum of Square* faktor A

A_i = jumlah nilai pengamatan dibawah level ke-i faktor A

n_{A_i} = banyaknya data pengamatan dibawah level ke-i faktor A

A_i^2 = rata-rata nilai pengamatan dibawah level ke-i faktor A

K_A = banyaknya level faktor A

Secara umum *Sum of Square* (SS) suatu faktor dapat dihitung dengan rumus :

$$SS = \sum (a(m_i - m)^2)$$

SS = *Sum of Square* untuk setiap faktor

A = Jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik orthogonal

m_i = rata-rata efek tiap level faktor

$i = 1, 2, \dots, k$

2. Menghitung *degree of freedom* (df) atau derajat bebas

a. *Degree of freedom* total (df_T) dirumuskan dengan :

$$df_T = N - 1$$

atau

$$df_T = df_{faktor} + df_{interaksi} + df_{error}$$

b. *Degree of freedom* suatu faktor, dirumuskan dengan :

$$df = k - 1$$

c. *Degree of freedom error* (df_e) dirumuskan dengan :

$$df_e = df_T - df_{faktor} - df_{interaksifaktor}$$

3 Menghitung *mean of square* (Mq) suatu faktor atau interaksi faktor, dengan rumus :

$$Mq = \frac{SS}{df}$$

4 Menghitung F ratio suatu faktor dengan rumus :

$$F = \frac{Mq}{Mq_e}$$

5 Menghitung *pure of square* (SS') suatu faktor dengan rumus :

$$SS' = SS - (df \times Mq_e)$$

6 Menghitung persen kontribusi (P) suatu faktor, dengan rumus :

$$P = (SS' / SS_T) \times 100 \%$$

2.9 Pengertian *Paving block* (Konblok)

Paving block adalah Suatu unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari campuran semen dengan bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, ditambah agregat halus dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran.

Paving block terdiri dari bermacam bentuk dan ukuran yaitu bentuk bata, bentuk cacing, bentuk trihek, bentuk segi enam, bentuk segi delapan dan bentuk topi uskup.

2.9.1. Bahan-bahan Campuran *Paving block*

Dalam proses pembuatan *paving block* bahan-bahan yang biasa digunakan antara lain

1. Semen Portland
2. Pasir
3. Air
4. Kerikil

2.9.1.1. Semen Portland

Semen Portland adalah suatu beban pengikat hidrolis (dapat mengeras/membatu jika dicampur air), berupa serbuk yang sangat halus berwarna abu-abu atau coklat abu maupun abu-abu kehijauan yang terdiri dari kristal-kristal Silikat, kalsium dan Aluminium. (Supriyadi, 1986 : 3)

Bahan dasar semen Portland terutama terdiri dari Oksida kapur (CaO), Oksida Silikat (SiO_2), Oksida Alumina (Al_2O_3), Magnesia (MgO) dan Trioxid Belerang (SO_3). Bila semen Portland dicampur dengan air akan terjadi pasta semen, kemudian akan menjadi kaku dan keras. Hal ini terjadi karena adanya reaksi kimia antara semen dengan air.

2.9.1.2. Pasir

Pasir adalah agregat halus yang hampir semua butirannya lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan sebagian besar tertahan pada saringan no.200 (0,075 mm).

Syarat-syarat kebersihan pasir :

1. Pasir tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 5 % terhadap berat kering, karena dapat menghalangi ikatan antara pasta semen dengan butiran pasir.
2. Pasir tidak boleh mengandung garam-garam magnesium, Chlorida, Natrium, dan Magnesium Sulfat yang dapat membuat *paving block* mengembang dan lapuk.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik yang dapat memperlambat pengerasan semen.

2.9.1.3. Air

Air diperlukan pada campuran konblok agar terjadi reaksi kimia dengan semen (menghidrasi semen) dan untuk melumasi campuran agar mudah pengerjaannya. Tambahan air untuk pelumasan tidak boleh terlalu banyak, karena adonan akan menjadi lembek sehingga kekuatan *paving block* menjadi rendah dan lebih berpori.

Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran *paving block*. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya seperti : garam, minyak, atau bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran *paving block* akan mengurangi daya rekat antara agregat dengan pasta semen, dapat juga mengubah sifat-sifat semen sehingga dapat menurunkan kekuatan serta keawetan *paving block*.

2.9.1.4. Kerikil

Kerikil merupakan campuran tambahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block*. Digunakan bahan campuran kerikil karena :

1. Kerikil/batu kecil banyak tersedia di sungai progo, dan biasanya merupakan barang yang selalu terbuang, maka dalam eksperimen akan dimanfaatkan sebagai bahan campuran *paving block*.
2. Ketika kerikil ditumbuk dalam proses pembuatan *paving block*, maka kerikil-kerikil tersebut akan pecah, sehingga kerikil dapat menambah kekuatan pada produk *paving block*.

2.9.2. Proses Pembuatan *Paving block*

Adapun proses produksi *paving block* adalah sebagai berikut:

- 1) Pasir diayak untuk mendapatkan pasir yang halus dengan menggunakan mesin.
- 2) Pasir tanpa diayak dan semen diaduk sampai rata dengan menggunakan mesin pengaduk dan setelah rata ditambahkan air.
- 3) Adonan pasir, semen dan air tersebut diaduk kembali sehingga didapat adukan yang rata dan siap dipakai
- 4) Adukan yang siap dipakai ditempatkan di mesin pencetak *paving block* dengan menggunakan sekop dan di atasnya boleh ditambahkan pasir halus hasil ayakan (bergantung pada jenis produk *paving block* yang akan dibuat).
- 5) Dengan menggunakan lempengan besi khusus tersebut dipres/ditekan sampai padat dan rata mekanisme tekan pada mesin cetak.
- 6) *Paving block* mentah.yang sudah jadi tersebut kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan cara menempatkan potongan papan di atas seluruh permukaan alat cetak.
- 7) Berikutnya alat cetak dibalik dengan hati-hati Skala produksi dan keunggulan produk akhir sehingga *paving block* mentah tersebut keluar dari alat cetaknya.
- 8) Proses berikutnya adalah mengeringkan *paving block* mentah dengan cara diangin-anginkan atau di jemur di bawah terik matahari sehingga didapat *paving block* yang sudah jadi.

2.9.3. Pengujian Kuat Tekan *Paving block*

- a. Meratakan/menerap bidang tekan.

Bahan penerap dibuat dari bagian pasir halus yang tembus ayakan 3 mm. Bidang tekan benda uji (2 bidang) diterap dengan adukan semen sehingga terdapat bidang yang rata yang sejajar. Tebal lapisan penerapan kurang lebih 3 mm. Benda uji biasa ditentukan kuat tekannya apabila pengerasan penerap sedikitnya telah berumur 3 hari.

b. Penentuan kuat takan.

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan membuat benda uji berbentuk konblok. Benda uji yang telah siap ditentukan kuat tekannya dengan mesin tekan. Kuat tekan benda uji dengan membagi beban maksimum (*Pada waktu benda uji hancur*) dengan luas bidang tekan bruto, dinyatakan dalam kg/cm^2 . Kuat tekan dihitung untuk setiap benda uji dan harga rata-rata dari 3 (tiga) buah benda uji. Pengujian kuat tekan dapat dilakukan setelah benda uji berumur 10 hari.

Penentuan Kuat Tekan dapat ditulis dalam rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan hancur (kg/cm^2)

P = Tekanan hancur (kg)

A = Luas penampang bruto benda uji (cm^2)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Akprind Yogyakarta, dengan objek penelitian adalah *Paving block*. Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen, yang dilanjutkan dengan Uji Kuat Tekan pada produk *Paving block*, adapun alat dan bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan

- 1 Pasir merapi
- 2 Semen
- 3 Kerikil
- 4 Air

2. Alat yang digunakan

- 1 Cetakan sample *Paving block* (20 x 10 x 6) cm
- 2 Takaran
- 3 Alat pengaduk campuran
- 4 Alat penumbuk (press) untuk memadatkan *Paving block*
- 5 Cetok
- 6 Saringan pasir
- 7 Mistar
- 8 Alat uji kuat tekan

9 Alat lain yang mendukung penelitian ini

3.2. Perumusan Masalah

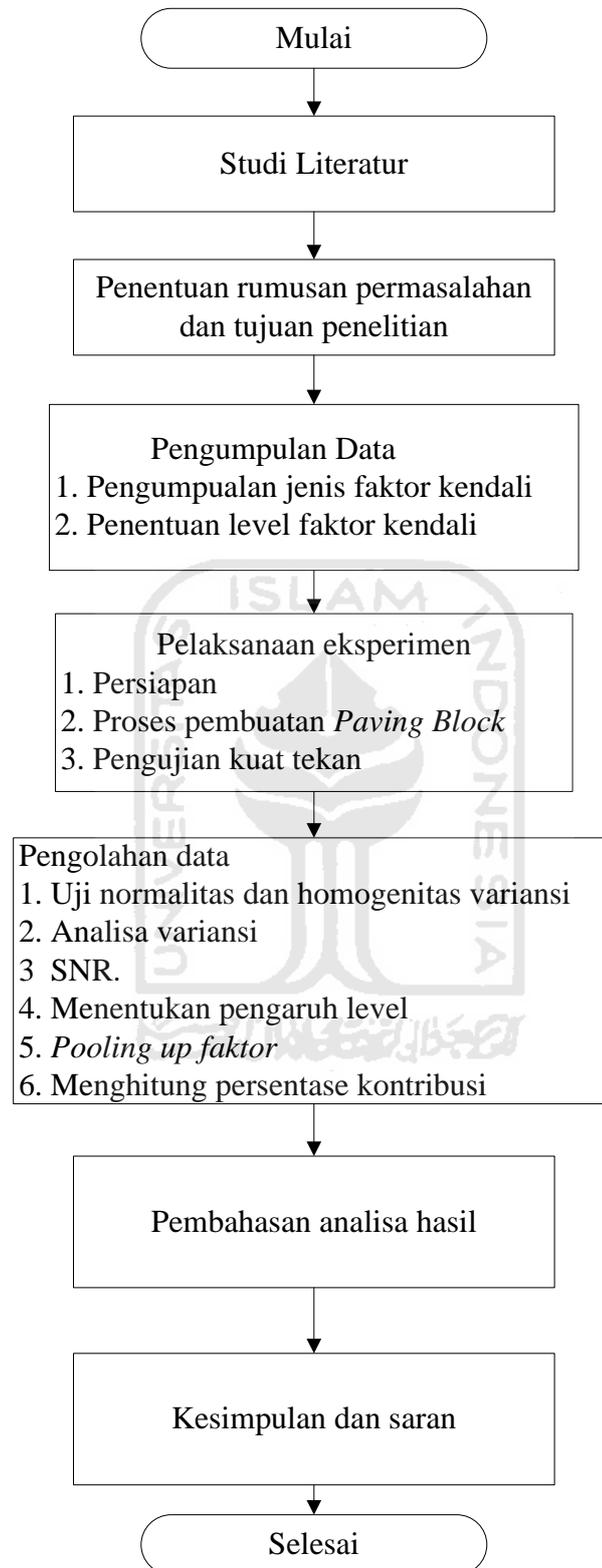
Dalam tahap ini dilakukan perumusan masalah terhadap penelitian yang dilakukan, yaitu bagaimanakah komposisi campuran bahan baku *Paving block* yaitu semen, pasir, krikil, air, pengeringan dan lama adukan yang optimal, diukur dengan dari uji kuat tekan.

3.3. Tujuan Penelitian

Dalam tahap ini ditentukan tujuan dari penelitian yaitu untuk mencari kombinasi optimal campuran bahan baku pembuatan *Paving block* yang dibuktikan dengan Uji kuat tekan dan sesuai dengan standar SNI No. 03-0691-1996 yaitu 3,25 Kg/cm².

3.4. Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian, baik yang didapat melalui studi pustaka ataupun dari penelitian di lapangan, Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir (Flow chart), seperti gambar 3.1. dan gambar 3.2 .



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Identifikasi Data

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah

1. Data jenis faktor kendali
2. Data level faktor kendali

3.4.2 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yaitu dengan mengadakan pengujian pada sampel *Paving block* untuk masing-masing kelompok, dengan menggunakan Uji kuat tekan.

3.5. Pengolahan Data

Dalam tahap ini akan dilakukan pengolahan data terhadap hasil Uji kuat tekan terhadap *Paving block* hasil dari kombinasi campuran yang dilakukan. Pengolahan data terbut meliputi:

3.5.1. Uji Kuat Tekan

Setelah dilakukan Uji Kuat Tekan akan didapatkan tegangan hancur, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan hancur (kg/ cm²)

P = Tekanan hancur (kg)

A = Luas penampang bruto benda uji (cm²)

3.5.2. Uji Normalitas data

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data – data yang digunakan normal dan agar langkah – langkah selanjutnya dapat dipertanggung jawabkan.

3.5.3. Uji Homogenitas Variansi

Pengujian k buah ($k \geq 2$) variansi populasi normal dilakukan dengan menggunakan uji Bartlett. Dengan barlet teset menggunakan SPSS.

3.5.4. Hipotesa Penelitian

Penelitian ini diambil hipotesis nol (H_0), Sehingga rumusan hipotesis sebagai berikut : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari faktor-faktor yang ada, dan tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari interaksi antara faktor-faktor yang ada.

Sedangkan Hipotesis Statistiknya dapat dimodelkan sebagai berikut :

- 1) Menentukan rentang (R), dengan rumus :

$$R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah}$$

- 2) Menentukan jumlah kelas interval dengan aturan Sturges, yaitu :

$$k = 1 + 3,32 \log n$$

Menentukan panjang kelas interval p, dengan rumus : $p = \frac{R}{k} =$

- 3) Menyusun tabel distribusi frekuensi

Setelah harga-harga diatas diperoleh, disusun suatu daftar analisa variansi / tabel ANOVA sebagai berikut :

Tabel 3.3. Daftar ANOVA

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F
Rata-rata	1	R_y	R	
Perlakuan:				
A	a-1	A_y	A	
B	b-1	B_y	B	
C	c-1	C_y	C	
AB	(a-1)(b-1)	AB_y	AB	
AC	(a-1)(c-1)	AC_y	AC	
BC	(b-1)(c-1)	BC_y	BC	
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	ABC_y	ABC	
Kekeliruan	Abc(n-1)	E_y	E	
Jumlah	abcn	$\sum Y^2$	-	

3.6. Analisa Hasil

Pada sub bab ini akan dilakukan pembahasan dari hasil Uji hipotesis dengan analisis Varians. Setelah dilakukan uji-uji diata dilakukan perhitungan SNR, perhitungan efek tiap faktor dan pemecahan interaksi. Dari hasil analisis ini baru dapat diambil kesimpulan, yang manakah kombinasi terbaik untuk paving blok dengan dengan uji kuat tekan sebagai tolak ukur.

3.7. Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan terhadap eksperimen yang diselesaikan dilakukan pada tahap akhir dalam penelitian ini setelah dilakukan analisa terhadap hipotesis yang diambil. Penarikan kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah ditetapkan.

Saran juga dikemukakan untuk memberikan masukan mengenai penyelesaian eksperimen yang dihadapi pada sistem yang diteliti. Selain itu juga diberikan saran perbaikan bagi penelitian berikutnya untuk melakukan pengembangan model dan mensimulasikan sistem dalam penyelesaian kasus yang lebih kompleks akan tetapi mempunyai karakteristik yang sama dengan kasus dalam penelitian ini.



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Perencanaan Percobaan

Perencanaan percobaan merupakan fase penyediaan informasi yang disebabkan untuk melakukan percobaan. Informasi yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel Respond dalam penelitian ini:

Kuat Tekan

2. Faktor Kendali dalam penelitian ini:

1. Semen

Dalam hal ini menggunakan semen Holcim, komposisi semen yang digunakan adalah, 0.75 kg, 0.5 kg dan 1 kg.

2. Komposisi Pasir

Komposisi pasir yang akan diujikan adalah 1,6 kg, 1.92 kg dan 2.24 kg.

3. Komposisi Krikil

Komposisi krikil yaitu penambahan 0.41 Kg, 0.82 kg dan 1.025 kg.

4. Lama Pengeringan

Lama pengeringan *Paving Block* adalah 5 jam, 10 jam dan 15 jam

5. Air

Komposisi air yang digunakan 0,4 L, 0,5 L, dan 0,6 L

6. Lama Pengadukan

Lama pengadukan yang dilakukan guna pencampuran bahan baku adalah 3 menit, 4 menit dan 5 menit.

3. Level untuk masing-masing faktor

Pada penelitian ini proses pembuatan *Paving Block* dilakukan persatu campuran. Berikut adalah keterangan masing-masing bahan baku pembentuk *Paving Block* yang selanjutnya disebut dengan Faktor kendali.

Tabel 4.1 Level Faktor Kendali

Faktor Kendali	Level 1	Level 2	Level 3
A.Komposisi Semen	0.75 kg	0.5 kg	1 kg
B.Komposisi Pasir	2.24 kg	1.92 kg	1,6 kg
C. Air	0.4 L	0.5 L	0.6 L
D.Komposisi Krikil	0.41 Kg	0.82 kg	1.025 kg
E. Lama pengeringan	5 jam	10 jam	15 jam
F. Lama pengadukan	4 Menit	3 menit	5 menit

Tolak ukur dari penentuan Level ini adalah setiap bahan memiliki

Volume yang sama yaitu:

$$1 \text{ centong} = 0.32 \text{ kg}$$

$$1 \text{ takar} = 0.41 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat material Level 1} &= 0.75 \text{ kg} + (7 \times 0.32 \text{ kg}) + (1 \times 0.41 \text{ kg}) \\ &= 3.40 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat material Level 2} &= 0.5 \text{ kg} + (6 \times 0.32 \text{ kg}) + (2.5 \times 0.41 \text{ kg}) \\ &= 3.445 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat material Level 3} &= 1 \text{ kg} + (5 \times 0.32 \text{ kg}) + (2 \times 0.41 \text{ kg}) \\ &= 3.42 \text{ kg} \end{aligned}$$

A. Komposisi Semen

Semen merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan *Paving Block*, fungsi dari semen sendiri adalah sebagai bahan perekat pada

bangunan. Pada proses pembuatan *Paving Block* ini semen yang digunakan adalah merk holcim karena semen ini banyak beredar dipasaran dan juga banyak digunakan oleh produsen *Paving Block* pada umumnya. Pada proses penelitian ini takaran semen yang akan digunakan adalah sebesar 0,5 kg – 1 kg, ukuran tersebut dipilih karena karena apabila semen yang digunakan dalam proses pembuatan *Paving Block* terlalu sedikit atau kurang dari 0.5 kg maka *Paving Block* akan mudah hancur dan apabila semen yang digunakan lebih dari 1 kg akan terlalu boros dan memakan banyak biaya, mengingat saat ini harga *Paving Block* dipasaran hanya berkisar Rp.26.000,- permater.

B. Komposisi pasir

Pasir merupakan campuran utama semen dan biasanya digunakan sebagai bahan utama pembuat bangunan. Pasir merupakan material utama dalam pembuatan *Paving Block* , pasir yang sering digunakan dalam pembuatan *Paving Block* adalah pasir hitam dan pasir ini berasal dari penggalian tambang pasir pegunungan. Pada penelitian ini komposisi pasir yang digunakan dalam pembuatan *Paving Block* adalah sebanyak 5 – 7 centong, jumlah ini akan menghasilkan *Paving Block* dengan ukuran rata-rata (20 x 10) cm dengan ketebalan 4 – 5 cm, hal tersebut menyesuaikan ukuran cetakan yang digunakan yaitu Cetakan sample *Paving Block* (20,17 x 10,12 x 4,94) cm. apabila pasir terlalu sedikit atau kurang dari 5 centong ukuran *Paving Block* akan lebih kecil dan apabila terlalu banyak

pasir ukuran *Paving Block* akan lebih besar dan serta *Paving Block* menjadi lebih rapuh.

C. Komposisi Krikil

Krikil merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan *Paving Block*, pada dasarnya bahan ini dapat digantikan dengan pecahan genteng, pecahan keramik atau pecahan bebatuan tapi penelitian ini akan menggunakan krikil karena bahan ini banyak digunakan oleh produsen pembuat *Paving Block* dan mudah dicari dipasaran. fungsi dari krikil ini dalam *Paving Block* adalah untuk memperkuat struktur *Paving Block* agar lebih kuat dan lebih tahan terhadap tekanan agar *Paving Block* mudah hancur. Penelitian ini akan menggunakan krikil dengan takaran centong, yaitu 1 takar sama dengan 1 centong. Yaitu 1 takar, 2.5 takar dan 2 takar. Penggunaa krikil yang terlalu sedikit tidak akan mempengaruhi atau memberikan kekuatan struktur yang berarti terhadap *Paving Block*, dan apa bila terlalu banyak krikil hal tersebut akan memberikan kesulitan bagi pencetak dalam melakukan finishing penghalusan pada permukaan *Paving Block*.

D. Lama pengeringan

Pengeringan merupakan salah proses dalam pembuatan *Paving Block*, pengeringan ini bertujuan untuk mengeraskan adonan *Paving Block* yang telah dicetak menggunakan cetakan konblik. Pengeringan dilakukan dengan bantuan sinar matahari yaitu dengan menjemur *Paving Block* yang sudah dicetak pada teric matahari. Penjemuran dilakukan minimal selama

5 jam, karena dengan cuaca normal dalam 5 jam *Paving Block* sudah kering dan siap diangkat. Apabila proses pengeringan dilakukan kurang dari 5 jam *Paving Block* belum kering dan belum siap untuk dipindahkan karena akan mudah hancur.

E. Komposisi Air

Air adalah elemen penting dalam pembuatan *Paving Block*, karena air yang akan menyatukan bahan baku yang telah tersebut diatas. Air yang digunakan dalam proses pembuatan *Paving Block* ini sebesar 0.4 L, 0.5 L dan 0.6 L, apabila penggunaan air kurang dari 0.4 liter *Paving Block* akan sulit untuk diaduk dan akan mudah mengering dan apabila air yang digunakan berlebihan akan membuat adonan bahan baku terlalu encer dan tidak dapat dimasukkan kedalam cetakan.

F. Lama Pengadukan

Lama adukan adalah waktu yang digunakan dalam proses pencampuran bahan baku pembuat *Paving Block* yang telah dijelaskan diatas. Level yang digunakan adalah 3, 4 dan 5 menit. Jika dipilih level dibawah 3 menit maka adonan tidak tercampur secara sempurna. Jika dipilih level diatas 5 menit maka adonan akan cepat kering.

Berikut adalah komposisi campuran *Paving Block* yang akan diteliti:

Tabel 4.2. Kombinasi Campuran *Paving Block*

Faktor Kendali	Level 1	Level 2	Level 3
A. Kombinasi Semen	0.7 kg	0.5 kg	1 kg
B. Komposisi Pasir	7 centong	6 centong	5 centong
C. Air	0.4 L	0.5 L	0.6 L
D. Komposisi Krikil	1 takar	2.5 takar	2 takar
E. Lama pengeringan	5 jam	10 jam	15 jam
F. Lama pengadukan	4 Menit	3 menit	5 menit

Tolak ukur dari penentuan Level ini adalah setiap bahan memiliki Volume yang sama yaitu:

$$1 \text{ centong} = 0.32 \text{ kg}$$

$$1 \text{ takar} = 0.41 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat material Level 1} &= 0.75 \text{ kg} + (7 \times 0.32 \text{ kg}) + (1 \times 0.41 \text{ kg}) \\ &= 3.40 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat material Level 2} &= 0.5 \text{ kg} + (6 \times 0.32 \text{ kg}) + (2.5 \times 0.41 \text{ kg}) \\ &= 3.445 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat material Level 3} &= 1 \text{ kg} + (5 \times 0.32 \text{ kg}) + (2 \times 0.41 \text{ kg}) \\ &= 3.42 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pemilihan matriks Array orthogonal adalah :

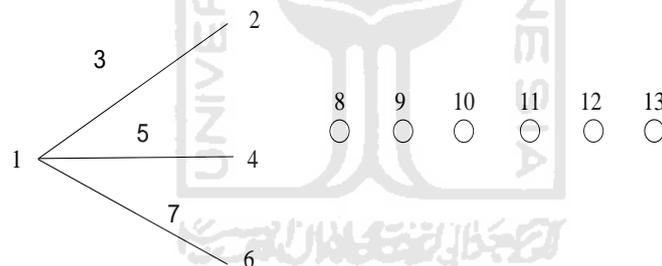
1. Jumlah Derajat bebas (db) minimum yang diperlukan oleh inner array :

Jumlah db_{if} (A, B, C, D, E, F) = $(n_A - 1) + (n_B - 1) + (n_C - 1) + (n_D - 1) + (n_E - 1) + (n_F - 1)$, dimana n = jumlah level = 3 untuk masing-masing faktor (6), sehingga jumlah $db_{if} = 6 \times (3 - 1) = 12$, maka array orthogonal yang terpilih adalah $L_{27} (3^{13})$ karena $db_{OA} \geq db_{if}$, dengan

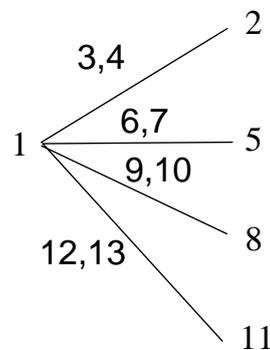
$db_{OA} = 13 \times (3 - 1) = 26$, sedang $db_{If} = 12$, maka berlaku hubungan $db_{OA} \geq db_{If} = 26 \geq 12$.

2. Jumlah Derajat bebas (db) minimum yang diperlukan oleh outer array :
 Jumlah db_{If} (H) = $(nH - 1)$, dimana n = jumlah level = 2 untuk masing-masing faktor (1), sehingga jumlah $db_{If} = 1 \times (2 - 1) = 1$, maka array orthogonal yang terpilih adalah L4 karena $db_{OA} \geq db_{If}$, dengan $db_{OA} = 4 - 1 = 3$, sedang $db_{If} = 1$, maka berlaku hubungan $db_{OA} \geq db_{If} = 3 \geq 1$.

Sebelum menentukan matriks dasar L12 yang akan digunakan untuk menugaskan faktor-faktor kendali yang telah dirancang, terlebih dahulu akan digambarkan grafik linier sebagai pola interaksi antar faktor. Berikut adalah pola interaksi yang akan di eksperimenkan:



Gambar 4.1 Grafik linier $L_{27}(3^{13})$ percobaan



Gambar 4.2 Grafik Linier Standart $L_{27}(3^{13})$

Tabel 4.3 *Orthogonal array* $L_{27}(3^{13})$ standar

Matriks <i>Orthogonal</i> $L_{27}(3^{13})$													
Eks.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	A	B	AxB	C	AxC	D	AxD	e	E	F	e	e	e
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	2	3
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	3	1	2
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2

4.2 Pelaksanaan Percobaan

Tahap pelaksanaan percobaan yang dilakukan adalah:

4.2.1 Langkah-langkah pelaksanaan percobaan

1. Persiapan

Untuk mendapatkan benda uji yaitu *Paving Block* harus melalui beberapa tahapan, mulai dari pembuatan *Paving Block* mentah yang mewakili campuran *Paving Block* yang sesuai dengan campuran percobaan yang telah diatur. Isi cetakan dengan adukan *Paving Block* dalam 3 lapis, dimana setiap lapis dipadatkan dengan 25x tusukan secara merata, setelah itu ratakan permukaan *Paving Block* dan kemudian diamkan selama 30 menit tutuplah dengan bahan kedap air, setelah itu bukalah cetakan dan keluarkan benda uji, lalu benda uji yang telah dikeluarkan dari cetakan dijemur pada terik matahari. Berikut adalah penjelasan alat bahan dan proses pembuatan *Paving Block* yang digunakan dalam penelitian ini.

Bahan dan alat :

- a. Bahan : Semen, Pasir, Krikil, Air
 - b. Alat-alat : Centong, cangkul, ember, gayung, stopwatch, papan jemur panjang, cetakan *Paving Block* , besi bulat guna tusukan pemadatan adonan.
- #### 2. Proses pembuatan *Paving Block*

Berikut adalah proses pembuatan *Paving Block* yang akan menjadi benda uji dalam penelitian ini:

1. Melakukan pengayakan pasir untuk mendapatkan pasir yang halus dengan menggunakan strimin pasir halus.
2. pasir dan semen diaduk sampai rata kemudian campurkan krikil sesuai dengan ukuran masing-masing percobaanal aduk hingga rata.
3. Setelah rata tambahkan air kemudian aduk adonan yang telah terdiri dari tiga bahan tadi dengan air hingga rata, lama adukan sesuai dengan ukuran percobaanal masing-masing benda uji hingga adonan siap dipakai.
4. Adukaan yang siap dipakai di tempatkan di cetakan *Paving Block* yang berukuran 20 x 10 x 5.
5. Masukkan adonan secara bertahap, sebanyak tiga lapis dimana tiap lapis dipadatkan dengan 25 - 30 x tusukan secara merata.
6. Ratakan permukaan *Paving Block* dan diamkan sejenak.
7. *Paving Block* mentah yang sudah jadi tersebut kemudin dikeluarkan dari cetakan dengan cara menempatkan potongan papan diatas permukaan cetakan.
8. Kemudian alat cetak dibalik dengan hati-hati sampai *Paving Block* mentah tersebut keluar dari alat cetakannya.
9. Proses selanjutnya adalah mengeringkan *Paving Block* mentah dengan cara diangin-anginkan dan dijemur dibawah terik matahari sehingga didapat *Paving Block* yang telah jadi, lama pengeringan sesuai dengan ukuran waktu percobaan yang telah diatur untuk masing-masing produk.

3. Proses pengujian kuat tekan

Kuat tekan *Paving Block* adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji *Paving Block* hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Usia *Paving Block* yang akan menjadi benda uji adalah *Paving Block* yang telah berumur 28 hari.

Peralatan yang digunakan: Blok tekan silinder diameter 152 mm dan tinggi 305 mm, testing machine, mesin tekan dll.

Untuk persiapan pengujian; ambil benda uji yang telah berumur 28 hari.

Letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris, dan jalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² perdetik.

Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji. Ialah gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji. Kemudian hitung kuat tekan *Paving Block* yaitu besarnya beban persatuan luas.

Kuat tekan *Paving Block* : P / A (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan: Perencanaan campuran *Paving Block* dan pengendalian mutu *Paving Block* pada pelaksanaan pembuatan *Paving Block*. Pengujian dilakukan di Lab.

Universitas AKPRIND.

4.3 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Percobaan ini adalah data kekuatan tekan yang dapat diperoleh dari hasil uji kuat tekan yang dilakukan terhadap dua puluh tujuh (27) kombinasi Paving Block , sehingga dari kekuatan tekan dapat diperoleh tegangan hancur. Data uji kuat tekan *Paving Block* dapat ditampilkan dalam Tabel 4.1 Sebagai berikut :



Tabel 4.4 Data Beban Tekan (Kg) masing-masing *Paving Block*

Matriks <i>Orthogonal</i> $L_{27}(3^{13})$														Data Hasil Percobaan Kuat Tekan				
Eks.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Replikasi (kg/cm ²)			Jumlah	mean
	A	B	AxB	C	AxC	D	AxD	E	E	F	E	e	e	1	2	3		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4.125	4.299	4.01	12.434	4.14467
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4.224	4.771	4.136	13.131	4.377
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.926	4.358	4.426	12.71	4.23667
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	4.041	4.325	4.45	12.816	4.272
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	4.017	4.358	3.958	12.333	4.111
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	4.769	4.232	3.63	12.631	4.21033
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4.061	5.05	3.75	12.861	4.287
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	4.769	4.636	4.05	13.455	4.485
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	2	3	4	4.35	3.88	12.23	4.07667
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	3.865	4.077	3.63	11.572	3.85733
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	3	1	2	4.2	4.102	3.43	11.732	3.91067
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3.525	4.469	4.379	12.373	4.12433
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	4.606	4.35	4.067	13.023	4.341
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	4.336	4.85	4.179	13.365	4.455
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	3.525	4.077	4.234	11.836	3.94533
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	4.454	4.462	4.379	13.295	4.43167
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	4.25	4.077	4.452	12.779	4.25967
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	4.608	4.291	4.52	13.419	4.473
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3.67	4.65	4.369	12.689	4.22967
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	4.625	3.775	4.251	12.651	4.217
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	4.608	4.55	4.229	13.387	4.46233
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	4.566	3.969	4.196	12.731	4.24367
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	4.528	4.083	4.234	12.845	4.28167
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	4.675	4.55	4.379	13.604	4.53467
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	4.175	4.093	4.452	12.72	4.24
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	4.342	4.45	3.63	12.422	4.14067
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	4.675	4.426	3.43	12.531	4.177

4.4 Pengolahan Data Kuat Tekan

Pengolahan data pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan model *Taguchi*. Namun sebelum itu data yang telah diambil akan diuji dengan menggunakan uji normalitas dan homogenitas.

4.4.1 Uji Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data – data yang digunakan normal dan agar langkah – langkah selanjutnya dapat dipertanggungjawabkan. Langkah-langkah uji normalitas data :

a. Menentukan hipotesis

Ho : Data hasil Percobaan kuat tekan berdistribusi normal.

Hi : Data hasil Percobaan kuat tekan tidak berdistribusi normal.

Membuat daftar distribusi frekuensi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1) Menentukan rentang (R), dengan rumus :

$$R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah} = 3.43 - 5.05 = 1.62$$

2) Menentukan jumlah kelas interval dengan aturan Sturges, yaitu :

$$k = 1 + 3,32 \log n = 1 + 3,32 \log (81) = 7.33617 \approx 8$$

Menentukan panjang kelas interval p, dengan rumus : $p = \frac{R}{k} =$

$$1.62/7.33617 = 0.221$$

3) Menyusun tabel distribusi frekuensi

Tabel 4.5 Daftar Distribusi Kuat Tekan

No.	class limit			class boundaries			frek kum	frequency
		-			-			
1	3.4	-	3.7	3.38	-	3.70	8	8
2	3.7	-	3.9	3.70	-	3.92	12	4
3	3.9	-	4.1	3.92	-	4.14	30	18
4	4.1	-	4.3	4.14	-	4.36	50	20
5	4.3	-	4.5	4.36	-	4.58	68	18
6	4.5	-	4.8	4.58	-	4.80	79	11
7	4.8	-	5.0	4.80	-	5.03	80	1
8	5.0		5.2	5.03		5.25	81	1
total data								81

b. Perhitungan nilai rata-rata (\bar{x}) dan simpangan baku (σ)

$$\bar{x} = \frac{\sum O_i X_i}{\sum O_i}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum O_i X_i^2 - (\sum O_i X_i)^2}{n(n-1)}}$$

Untuk kuat tekan :

$$\bar{x} = \frac{334.6849}{81} = 4.1319$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum O_i X_i^2 - (\sum O_i X_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(81 \times 125.0149) - (1408.7765)^2}{81(81-1)}} = 0.5688509$$

Tabel 4.6 Tabel Data Frekuensi Kuat Tekan

No.	class limit			observation freq (O _i)	center point(X _i)	X _i ²	O _i x X _i	O _i x X _i ²
1	3.43	-	3.65	8	3.540412	12.53452	28.32329	100.2761275
2	3.65	-	3.87	4	3.761235	14.14689	15.04494	56.58756984
3	3.87	-	4.09	18	3.982059	15.8568	71.67706	285.4223129
4	4.09	-	4.31	20	4.202883	17.66422	84.05766	353.2844809
5	4.31	-	4.53	18	4.423706	19.56918	79.62672	352.2452239
6	4.53	-	4.75	11	4.64453	21.57166	51.08983	237.2882639
7	4.75	-	4.98	1	4.865354	23.67167	4.865354	23.67166778
8	4.98		5.20	1	5.086177	25.8692	5.086177	25.86920139
total				81		125.0149	334.6849	1408.775647

Menentukan Frekuensi Harapan

$$Z_x = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Contoh perhitungan:

$$Z_{b1} = \frac{3.38 - 4.1319}{0.5685} = -1.32181$$

$$Z_{a1} = \frac{3.70 - 4.1319}{0.5685} = -0.757823$$

Setelah itu dicari nilai $P(Z < Z_b)$ dan $P(Z < Z_a)$ dengan menggunakan tabel distribusi normal.

Untuk kelas kedua frekuensi harapan didapat dari perhitungan :

$$e_i = (0.093116 - 0.224279) \times 81$$

$$= 10.62417, \text{ Data selengkapnya ada pada tabel berikut :}$$

Tabel 4.7 Daftar Penolong Uji Normalitas Kuat Tekan

no	class Boundaries			Z bawah (Zb)	Z atas (Za)	P(Z<Zb)	P(Z<Za)	P P(Z<Za)-P(Z<Zb)	frek obs (oi)	frek hrpn (ei)
1	3.38	-	3.70	-1.32181	-0.757823	0.093116	0.224279	0.131162537	8	10.62417
2	3.70	-	3.92	-0.93362	-0.36963	0.175251	0.355829	0.18057794	4	14.62681
3	3.92	-	4.14	-0.54542	0.018562	0.292731	0.507405	0.21467363	18	17.38856
4	4.14	-	4.36	-0.15723	0.406755	0.437531	0.657906	0.22037446	20	17.85033
5	4.36	-	4.58	0.230962	0.794947	0.591328	0.786678	0.195350178	18	15.82336
6	4.58	-	4.80	0.619154	1.18314	0.732093	0.881623	0.149530492	11	12.11197
7	4.80	-	5.03	1.007347	1.571332	0.843116	0.941947	0.09883133	1	8.005338
8	5.03		5.25	1.395539	1.959525	0.918573	0.974974	0.056400949	1	4.568477
									81	100.999

Dari data di atas, terdapat frekuensi observasi yang bernilai satu (1)

sehingga perlu adanya penggabungan kelas dengan frekuensi diatas atau dibawahnya:

Tabel 4.8 Tabel Data Penggabungan Kelas Untuk Kuat Tekan

no	Class Boundaries			frek obs	frek hrpn	Chi-hitung
				(oi)	(ei)	
1	3.38	-	3.70	8	10.62417	0.648168
2	3.70	-	3.92	4	14.62681	7.720695
3	3.92	-	4.14	18	17.38856	0.0215
4	4.14	-	4.36	20	17.85033	0.258879
5	4.36	-	4.58	18	15.82336	0.299414
6	4.58		4.80	11	12.11197	0.102087
7	4.80		5.25	2	12.573815	8.89194
Total				81	100.99915	17.9427

Perhitungan Chi – kuadrat:

$$\chi^2_{hitung} = \sum \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

$$\chi^2_{hitung} = \frac{(8 - 10.62417)^2}{10.62417} + \frac{(4 - 14.62681)^2}{14.62681} + \dots + \frac{(2 - 12.573815)^2}{12.573815}$$

$$= 0.648168 + 7.720695 + \dots + 8.89194 = 17.9427$$

Hipotesis :

H_0 : Data hasil Percobaan kuat tekan berdistribusi normal

H_1 : Data hasil Percobaan kuat tekan tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi : $\alpha = 5 \%$

Ketentuan pengujian χ^2 hitung , yaitu :

H_0 tidak ditolak apabila χ^2 hitung $\leq \chi^2$ tabel

H_0 ditolak apabila χ^2 hitung $> \chi^2$ tabel

Membandingkan nilai χ^2 hitung dengan χ^2 tabel.

$\alpha = 0,05$

$dk = k - 1 = 7 - 1 = 6$

χ^2 tabel = 18,30703805

Karena χ^2 hitung $\leq \chi^2$ tabel yaitu $17.9427 \leq 18,30703805$ maka H_0 tidak ditolak artinya data hasil Percobaan kuat tekan berdistribusi normal.

4.4.2 Uji Homogenitas Variansi

Pengujian k buah ($k \geq 2$) variansi populasi normal dilakukan dengan

menggunakan uji Bartlett. Menentukan hipotesis:

H_0 : Data proporsi kuat tekan hasil Percobaan homogen

H_1 : Data proporsi kuat tekan hasil Percobaan tidak homogen

Membuat tabel penolong Uji Bartlett :

Tabel 4.9 Daftar Penolong Uji Bartlett Untuk Kuat Tekan

Test Of Homogeneity Variance

Replikasi	N-1	1/N-1	Si ²	Log Si ²	(N-1)logSi ²
1	26	0.0384615	0.1351295	-0.869249917	-22.6004978
2	26	0.0384615	0.0818666	-1.086893013	-28.2592183
3	26	0.0384615	0.1082383	-0.965619212	-25.1060995
	78				-75.9658157

Barlett Test

S ²	0.1084115	Kesimpulan : Data homogen
B	-75.26414	
Chi-sq hit	1.6156781	
Chi-sq tab	3.841	

Karena $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ yaitu $1.6156781 \leq 3,841$ maka H_0 diterima, artinya data kuat tekan homogen.

4.5 Tahap Analisa

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi pengumpul data, pengaturan data, perhitungan dan penyajian data dalam *layout* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih.

Untuk mengetahui faktor apa saja yang signifikan yang berpengaruh terhadap kuat tekan *Paving Block* diperlukan analisa dan pengolahan data Percobaan dengan menggunakan perhitungan nilai mean dan ditransformasikan ke bentuk S/N dalam table Analisis Variansi

4.5.1 Analisa Variansi Rata-Rata Kuat Tekan *Paving Block*

Teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon

dengan mengidentifikasi pengujian kebenaran hipotesa terhadap pengaruh faktor terkendali beserta interaksinya.

Dengan melakukan model analisis variansi dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F-rasio seperti perhitungan berikut:

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{K_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N}$$

Dimana:

- K_A = Jumlah Level Faktor A
 A_i = Level ke I faktor A
 n_{A_i} = Jumlah percobaan level ke I faktor A
 T = Jumlah seluruh nilai data
 N = Banyak data keseluruhan

Contoh perhitungan jumlah kuadrat (*sum of square*) faktor A:

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{38.20^2}{9} + \frac{37.798^2}{9} + \frac{38.527^2}{9} - \frac{114.53^2}{27} \\ &= -0.013 \end{aligned}$$

Derajat Kebebasan:

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*mean square*):

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0.13}{2} = -0.0064065$$

Jumlah Kuadrat Total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= 17.18^2 + 19.16^2 + 17.95^2 + \dots + 17.45^2 \\ &= 486.57 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Karena Rata-rata (mean)

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 27 \times (18.02)^2 \\ &= 485.78 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Error:

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_{A \times B} + SS_C + SS_{A \times C} + SS_D + SS_{A \times D} + SS_E + SS_F \\ &= (-0.013) + 0.022 + 0.184 + 0.002 + (-0.040) + 0.018 + (-0.014) + (-0.013) + \\ &0.076 \\ &= 0.223 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 486.57 - 485.75 - 0.223 \\ &= 0.57 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block* dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.10 Analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block*

Sumber	V	SS	MS
A	2	-0.13	-0.0064
B	2	0.22	0.0112
AxB	4	0.184	0.046
C	2	0.002	0.00076
AxC	4	-0.04	-0.0099
D	2	0.018	0.009
AxD	4	-0.014	-0.0034
E	2	-0.013	-0.00627
F	2	0.076	0.0378

4.5.2 Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan *Paving Block*

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap kuat tekan *Paving Block*, dilakukan pengolahan data respon kuat tekan paving yang diperoleh langsung dari pengujian kuat tekan *Paving Block*. Perhitungan rata-rata kuat tekan paving melalui kombinasi level masing-masing faktor dapat dilihat di bawah ini:

Perhitungan untuk Faktor A :

$$A_1 = 1/9 (4.14 + 4.38 + 4.24 + 4.27 + 4.11 + 4.21 + 4.29 + 4.49 + 4.08) \\ = 4.244481$$

$$A_2 = 1/9 (3.86 + 3.91 + 4.12 + 4.34 + 4.46 + 3.95 + 4.43 + 4.43 + 4.47) \\ = 4.1999778$$

$$A_3 = 1/9 (4.23 + 4.22 + 4.46 + 4.24 + 4.28 + 4.53 + 4.24 + 4.14 + 4.18) \\ = 4.280741$$

Dengan menggunakan cara yang sama dilakukan pada masing-masing faktor dan intraksi.

Berikut adalah keenam faktor utama dan interaksi yang diamati yaitu semen, komposisi pasir, komposisi krikil, air, lama pengeringan, lama pengadukan. Serta interaksi AxB, AxC, AxD, yang secara bersama-sama pengaruh faktornya dapat dilihat pada table respon dibawah ini :

Tabel 4.11 Respon rata-rata kuat tekan *Paving Block* dari pengaruh faktor

Level	A	B	AxB	C	AxC	D	AxD	E	F
Level 1	4.24	4.17	4.33	4.23	4.23	4.21	4.28	4.28	4.28
Level 2	4.20	4.27	4.12	4.30	4.25	4.31	4.25	4.20	4.29
Level 3	4.28	4.29	4.28	4.20	4.25	4.21	4.20	4.25	4.15
Selisih	0.08	0.11	0.22	0.10	0.02	0.10	0.08	0.08	0.15
Ranking	6	5	1	3	9	2	7	8	4

Karena L_{27} mempunyai 13 derajat kebebasan, maka diambil kira-kira setengah dari derajat kebebasan tersebut sebagai pengaruh penting. Namun dalam penelitian ini yang digunakan hanya 9 kolom maka yang diambil adalah 4 sebagai pengaruh penting. Dari tabel respon diatas, kombinasi level faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata kuat tekan paving dengan nilai terbesar dari tiap faktor tersebut, yaitu Faktor C, D, F dan Faktor interaksi AxB.

Pengaruh faktor A dan B untuk kombinasi 9 faktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_1B_1 &= (4.14 + 4.38 + 4.24) / 3 \\ &= 4.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_1B_2 &= (4.27 + 4.11 + 4.21) / 3 \\ &= 4.20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_1B_3 &= (4.29 + 4.49 + 4.08) / 3 \\ &= 4.28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_2B_1 &= (3.86 + 3.91 + 4.12) / 3 \\ &= 3.96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_2B_2 &= (4.34 + 4.46 + 3.95) / 3 \\ &= 4.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_2B_3 &= (4.43 + 4.26 + 4.47) / 3 \\ &= 4.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_3B_1 &= (4.23 + 4.22 + 4.46) / 3 \\ &= 4.30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_3B_2 &= (4.24 + 4.28 + 4.53) / 3 \\ &= 4.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_3B_3 &= (4.24 + 4.14 + 4.18) / 3 \\ &= 4.19 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Pemecah Interaksi

Pemecah Interaksi			
Interaksi	B1	B2	B3
A1	4.25	4.20	4.28
A2	3.96	4.25	4.39
A3	4.30	4.35	4.19

Untuk mencapai nilai target paling besar, lebih baik (Largest-the-batter), maka penentuan level faktor yang optimum adalah yang mendapatkan hasil pengujian kuat tekan yang paling besar. Kombinasi level optimum, adalah sebagai berikut:

A2 x B3 = Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong

D2 = Krikil 2.5 takar

C2 = Air 0.5 Liter

F2 = Lama pengadukan 5 menit

4.5.3 Pooling Up Faktor

Penggabungan faktor sebagai *error* dimulai dari faktor dengan jumlah kuadrat/*sum of square* (SS) terkecil dari faktor yang tidak signifikan digabungkan dengan jumlah kuadrat *error* sampai derajat bebas kesalahan sama dengan atau lebih setengah dari derajat bebas total, jumlah kuadrat *sum of square* terkecil dari faktor yang tidak signifikan yaitu faktor A, B, D, E dan faktor interaksi AxC dan AxD.

Penggabungan tersebut dapat kita lihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4.13 Analisa Variansi Penggabungan I

Analisis Variansi Rata-Rata Kuat Tekan				
Sumber	V(Df)	SS	MS	F-rasio
A	2	-0.013	-0.006	-0.035
B	2	0.022	0.011	0.061
AxB	4	0.184	0.046	0.250
C	2	0.002	0.001	0.004
AxC	Pooling			
D	2	0.018	0.009	0.049
AxD	4	-0.014	-0.003	-0.019
E	2	-0.013	-0.006	-0.034
F	2	0.076	0.038	0.206
error	6	0.570	0.095	0.517
Total			0.18	

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis variansi setelah dilakukan pooling terhadap faktor AxC adalah sebagai berikut:

Faktor A

H_0 : tidak ada pengaruh komposisi semen terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi semen terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.035 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi semen terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.061 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxB

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.250 < F_{tabel} = 3.18$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.004 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi air terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.049 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxD

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.19 < F_{tabel} = 3.18$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor E

H_o : tidak ada pengaruh lama pengeringan terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama pengeringan terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.034 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pengeringan terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor F

H_o : tidak ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.206 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh

komposisi lama aduk terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Tabel 4.14 *Pooling Up Faktor*

Analisis Variansi Rata-Rata Kuat Tekan				
Sumber	V(Df)	SS	MS	F-rasio
A				Pooling
B	2	0.02	0.01	0.070
AxB	4	0.18	0.05	0.288
C	2	0.00	0.00	0.005
				Pooling
D	2	0.02	0.01	0.056
AxD	4	-0.01	0.00	-0.022
E	2	-0.01	-0.01	-0.039
F	2	0.08	0.04	0.237
eror	8	0.52	0.06	
Total			0.16	

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis variansi setelah dilakukan pooling terhadap faktor A adalah sebagai berikut:

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.070 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh

komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxB

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.250 < F_{tabel} = 2.89$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.004 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi air terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.049 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxD

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.19 < F_{tabel} = 2.89$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Faktor E

H_0 : tidak ada pengaruh lama pengeringan terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama pengeringan terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.034 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pengeringan terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Faktor F

H_0 : tidak ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.206 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi lama aduk terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Tabel 4.15 *Pooling Up Faktor*

Analisis Variansi Rata-Rata Kuat Tekan				
Sumber	V(Df)	SS	MS	F-rasio
A	Pooling			
B	2	0.022	0.011	1.000
AxB	4	0.184	0.046	4.106
C	2	0.002	0.001	0.068
AxC	Pooling			
D	2	0.018	0.009	0.804
AxD	4	-0.014	-0.003	-0.311
E	Pooling			
F	2	0.076	0.038	3.381
error	10	0.518	0.052	
Total			0.153	

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis variansi setelah dilakukan pooling terhadap faktor E adalah sebagai berikut:

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 1.000 < F_{tabel} = 2.92$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Faktor AxB

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 4.106 > F_{tabel} = 2.61$ maka H_o ditolak, artinya ada pengaruh komposisi interaksi AxB terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.068 < F_{tabel} = 2.92$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi air terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.804 < F_{tabel} = 2.92$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxD

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = -0.311 < F_{tabel} = 2.61$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor F

H_o : tidak ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 3.381 > F_{tabel} = 2.92$ maka H_o ditolak, artinya ada pengaruh komposisi lama aduk terhadap kuat tekan *Paving Block* .

4.5.4 Menghitung Persentase Kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi, terlebih dahulu dihitung SS' .

$$SS'A = SS'A - MSE'A (VA)$$

$$SS'A = 0.022 - 0.052 (2)$$

$$SS'A = -0.0811$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.16 SS'

SS'	SS'A - MS'e (VA)
SS'B	-0.0811
SS'AxB	-0.0230
SS'C	-0.1020
SS'D	-0.0855
SS'AxD	-0.2209
SS'F	-0.0277

Sedangkan persen kontribusi masing – masing faktor dan interaksi dihitung dengan rumus:

$$P = SS'_{\text{faktor}} / SS_T \times 100\%$$

$$P_B = -0.0811 / 0.793 \times 100\%$$

$$= -0.10$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.17 Persen kontribusi

Sumber	V	SS	MS	SS'	%
B	2	0.022	0.011	-0.0811	-0.10
AxB	4	0.184	0.046	-0.0230	-0.03
C	2	0.002	0.001	-0.1020	-0.13
D	2	0.018	0.009	-0.0855	-0.11
AxD	4	-0.014	-0.003	-0.2209	-0.28
F	2	0.076	0.038	-0.0277	-0.03
eror	10	0.518	0.052		
Total	26	0.793			

Dari tabel perhitungan kontribusi faktor diatas menunjukkan bahwa faktor interaksi semen dan pasir (AxB) dan lama pengadukan (F) memberikan

kontribusi terbesar terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block* yaitu masing-masing sebesar -0.03%.

4.5.5 Pengaruh faktor terhadap variabilitas kuat tekan *Paving Block*

1. Analisis variansi ratio S/N

Sebagaimana faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kuat tekan *Paving Block*, maka untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai rasio S/N juga dilakukan dengan perhitungan model Analisis Variansi dua arah. Perhitungan analisis variansi terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat dan rata-rata jumlah kuadrat dapat dilihat seperti dibawah ini:

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{K_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N}$$

Dimana:

K_A = Jumlah Level Faktor A

A_i = Level ke I faktor A

n_{A_i} = Jumlah percobaan level ke I faktor A

T = Jumlah seluruh nilai data

N = Banyak data keseluruhan

Contoh perhitungan jumlah kuadrat (*sum of square*) faktor A:

$$\begin{aligned} SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} + \frac{A_3^2}{n_{A3}} - \frac{T^2}{N} \\ &= \frac{112.4^2}{9} + \frac{111.6^2}{9} + \frac{112.9^2}{9} - \frac{337.016^2}{27} \\ &= 0.107 \end{aligned}$$

Derajat Kebebasan:

$$V_A = 3 - 1 = 2$$

Rata-rata kuadrat (*mean square*):

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{0.107}{2} = 0.0537$$

Jumlah Kuadrat Total :

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= 12.34^2 + 12.78^2 + 12.51^2 + \dots + 12.60^2 \\ &= 4,210.44 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Karena Rata-rata (mean)

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 27 \times (12.48)^2 \\ &= 4,206.65 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Error:

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_{A \times B} + SS_C + SS_{A \times C} + SS_D + SS_{A \times D} + SS_E + SS_F \\ &= 0.107 + 0.292 + 1.257 + 0.241 + 0.006 + 0.287 + 0.093 + 0.055 + 0.599 \\ &= 2.938 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 4,210.44 - 4,206.65 - 2.938 \\ &= 0.85 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block* dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Analisis variansi terhadap rat-rata kuat tekan *Paving Block*

Sumber	V	SS	MS
A	2	0.107	0.054
B	2	0.292	0.1461
AxB	4	1.257	0.3143
C	2	0.241	0.1205
AxC	4	0.006	0.0015
D	2	0.287	0.1434
AxD	4	0.093	0.0233
E	2	0.55	0.0275
F	2	0.599	0.299

2. Menghitung Rasio S/N

Data ditransformasikan kedalam bentuk rasio S/N (*Signal Yo Noise*) untuk mencari faktor yang berpengaruh pada karakteristik kualitas di mana S/N untuk karakteristik kualitas semakin besar, semakin baik (*large-the-better*).

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2} \right)$$

Dimana:

Y_1 = nilai kuat tekan *Paving Block* hasil pengamatan

n = jumlah replikasi (pengulangan)

karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan variabilitas kekuatan tekan *Paving Block*. Kualitas ukuran kuat tekan *Paving Block* dinyatakan baik apabila ukuran kuat tekan yang diharapkan adalah kekuatan yang tinggi. Kekuatan memiliki karakteristik kualitas semakin tinggi nilai kuat tekan *Paving Block* maka akan semakin baik.

Dalam penelitian ini nilai yang diharapkan adalah kekuatan tekan *Paving Block* yang tertinggi. Dengan replikasi sebanyak 3 kali, maka perhitungan rasio S/N adapt dilihat dibawah ini.

Pada eksperimen ke 1:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left[\frac{1}{4.125^2} + \frac{1}{4.299^2} + \frac{1}{4.01^2} \right] \right] = 12.34$$

Pada eksperimen ke 2:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left[\frac{1}{4.224^2} + \frac{1}{4.771^2} + \frac{1}{4.136^2} \right] \right] = 12.78$$

Pada eksperimen ke 3:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left[\frac{1}{3.93^2} + \frac{1}{4.36^2} + \frac{1}{4.43^2} \right] \right] = 12.51$$

Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan pada masing-masing eksperimen yaitu eksperimen 4 s.d 27.

Hasil selengkapnya mengenai perhitungan S/N dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 hasil perhitungan S/N ratio

Eks.	Matriks Orthogonal L27 (313)													Data Hasil Percobaan Kuat Tekan					S/N
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Replikasi (kg/cm ²)			Jumlah	mean	
	A	B	AxB	C	AxC	D	AxD	e	E	F	e	e	e	1	2	3			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4.125	4.299	4.01	12.434	4.144667	12.34352
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4.224	4.771	4.136	13.131	4.377	12.77701
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.926	4.358	4.426	12.71	4.236667	12.50751
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	4.041	4.325	4.45	12.816	4.272	12.59554
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	4.017	4.358	3.958	12.333	4.111	12.26018
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	4.769	4.232	3.63	12.631	4.210333	12.32798
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4.061	5.05	3.75	12.861	4.287	12.44663
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	4.769	4.636	4.05	13.455	4.485	12.97249
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	2	3	4	4.35	3.88	12.23	4.076667	12.18027
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	3.865	4.077	3.63	11.572	3.857333	11.70072
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	3	1	2	4.2	4.102	3.43	11.732	3.910667	11.74104
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3.525	4.469	4.379	12.373	4.124333	12.15821
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	4.606	4.35	4.067	13.023	4.341	12.72241
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	4.336	4.85	4.179	13.365	4.455	12.92972
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	3.525	4.077	4.234	11.836	3.945333	11.84364
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	4.454	4.462	4.379	13.295	4.431667	12.93475
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	4.25	4.077	4.452	12.779	4.259667	12.57505
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	4.608	4.291	4.52	13.419	4.473	13.00446
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3.67	4.65	4.369	12.689	4.229667	12.39807
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	4.625	3.775	4.251	12.651	4.217	12.41374
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	4.608	4.55	4.229	13.387	4.462333	12.9768
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	4.566	3.969	4.196	12.731	4.243667	12.51619
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	4.528	4.083	4.234	12.845	4.281667	12.61281
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	4.675	4.55	4.379	13.604	4.534667	13.12586
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	4.175	4.093	4.452	12.72	4.24	12.535
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	4.342	4.45	3.63	12.422	4.140667	12.23658
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	4.675	4.426	3.43	12.531	4.177	12.17959

3. Pengaruh level dari faktor terhadap variansi kuat tekan *Paving Block*

Perhitungan variabel nilai rasio S/N kuat tekan *Paving Block* melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat dibawah ini.

Perhitungan untuk Faktor A :

$$A_1 = 1/9 (12.34 + 12.77 + 12.50 + 12.59 + 12.26 + 12.33 + 12.45 + 12.97 + 12.18) = 12.49$$

$$A_2 = 1/9 (11.70 + 11.74 + 12.16 + 12.72 + 12.93 + 11.84 + 12.93 + 12.57 + 12) = 12.40$$

$$A_3 = 1/9 (12.40 + 12.41 + 12.98 + 12.52 + 12.61 + 13.12 + 12.53 + 12.24 + 12.18) = 12.55$$

Dengan menggunakan cara yang sama dilakukan pada masing-masing faktor dan intraksi.

Berikut adalah keenam faktor utama dan interaksi yang diamati yaitu semen, komposisi pasir, komposisi krikil, air, lama pengeringan, lama pengadukan.

Serta interaksi AxB, AxC, AxD, yang secara bersama-sama pengaruh faktornya dapat dilihat pada tabel respon dibawah ini :

Tabel 4.20 Tabel Rspn S/N ratio kuat tekan *Paving Block*

Respon rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton Dari Pengaruh Faktor									
Level	A	B	AxB	C	AxC	D	AxD	E	F
Level 1	12.49	12.34	12.71	12.45	12.47	12.41	12.55	12.53	12.58
Level 2	12.40	12.55	12.19	12.61	12.50	12.63	12.50	12.42	12.59
Level 3	12.55	12.56	12.54	12.38	12.48	12.41	12.40	12.49	12.27
Selisih	0.15	0.23	0.52	0.23	0.04	0.22	0.14	0.11	0.32
Ranking	6	5	1	3	9	2	7	8	4

Karena L_{27} mempunyai 13 derajat kebebasan, maka diambil kira-kira setengah dari derajat kebebasan tersebut sebagai pengaruh penting. Namun dalam

penelitian ini yang digunakan hanya 9 kolom maka yang diambil adalah 4 sebagai pengaruh penting. Dari tabel respon diatas, kombinasi level faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata kuat tekan paving dengan nilai terbesar dari tiap faktor tersebut, yaitu Faktor C, D,F dan Faktor interaksi AxB.

Pengaruh faktor A dan B untuk kombinasi 9 faktor sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_1B_1 &= (12.34 + 12.77 + 12.50) / 3 \\ &= 12.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_1B_2 &= (12.59 + 12.26 + 12.32) / 3 \\ &= 12.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata Pengaruh } A_1B_3 &= (12.45 + 12.97 + 12.18) / 3 \\ &= 12.53 \end{aligned}$$

perhitungan untuk faktor selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama, berikut adalah hasil pemecah interaksi dari perhitungan yang telah dilakukan

Tabel 4.21 Pemecah Interaksi S/N Ratio

Pemecah Interaksi			
Interaksi	B1	B2	B3
A1	12.54	12.39	12.53
A2	11.87	12.50	12.84
A3	12.60	12.75	12.32

Untuk mencapai nilai target paling besar, lebih baik (Largest-the-better), maka penentuan level faktor yang optimum adalah yang mendapatkan hasil pengujian kuat tekan yang paling besar. Kombinasi level optimum yang dicapai pada nilai rata-rata rasio S/N adalah sebagai berikut:

$$A2 \times B3 = \text{Semen } 0.5 \text{ kg} + \text{komposisi pasir } 5 \text{ centong}$$

$$D2 = \text{Krikil } 2.5 \text{ takar}$$

C2 = Air 0.5 Liter

F2 = Lama pengadukan 5 menit

4. Pooling up faktor S/N Ratio

Penggabungan faktor sebagai *error* dimulai dari faktor dengan jumlah kuadrat/*sum of square* (SS) terkecil dari faktor yang tidak signifikan digabungkan dengan jumlah kuadrat *error* sampai derajat bebas kesalahan sama dengan atau lebih setengah dari derajat bebas total, jumlah kuadrat *sum of square* terkecil dari faktor yang tidak signifikan yaitu faktor A, B, D, E dan faktor interaksi AxC dan AxD.

Penggabungan tersebut dapat kita lihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4.22 *Pooling up faktor* Penggabungan I

Analisis Variansi Rata-Rata Kuat Tekan				
Sumber	V(Df)	SS	MS	F-rasio
A	2	0.107	0.054	0.042
B	2	0.292	0.146	0.115
AxB	4	1.257	0.314	0.247
C	2	0.241	0.121	0.095
AxC	Pooling			
D	2	0.287	0.143	0.113
AxD	4	0.093	0.023	0.018
E	2	0.055	0.028	0.022
F	2	0.599	0.300	0.236
error	6	0.576	0.143	0.112
Total	26		1.27	

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis variansi setelah dilakukan pooling terhadap faktor AxC adalah sebagai berikut:

Faktor A

H_o : tidak ada pengaruh komposisi semen terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi semen terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.042 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi semen terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.115 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxB

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.247 < F_{tabel} = 3.18$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.121 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi air terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.113 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxD

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.018 < F_{tabel} = 3.18$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor E

H_o : tidak ada pengaruh lama pengeringan terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama pengeringan terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.022 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh

komposisi pengeringan terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor F

H_0 : tidak ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.0236 < F_{tabel} = 3.46$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh

komposisi lama aduk terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Tabel 4.23 *Pooling Up Faktor* penggabungan II

Analisis Variansi Rata-Rata Kuat Tekan				
Sumber	V(Df)	SS	MS	F-rasio
A	2	0.107	0.054	0.048
B	2	0.292	0.146	0.130
AxB	4	1.257	0.314	0.279
C	2	0.241	0.121	0.107
Pooling				
D	2	0.29	0.14	0.127
AxD	4	0.09	0.02	0.021
Pooling				
F	2	0.60	0.30	0.266
eror	8	0.63	0.08	
Total	26		1.13	

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis variansi setelah dilakukan pooling terhadap faktor E adalah sebagai berikut:

Faktor A

H_0 : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.048 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi semen terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.130 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxB

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.279 < F_{tabel} = 2.89$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.107 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi air terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.127 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxD

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi AxD terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.021 < F_{tabel} = 2.89$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor F

H_o : tidak ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.266 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi lama aduk terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Tabel 4.24 *Pooling Up Faktor* penggabungan III

Analisis Variansi Rata-Rata Kuat Tekan				
Sumber	V(Df)	SS	MS	F-rasio
A	2.000	0.107	0.054	0.367
B	2	0.292	0.146	1.000
AxB	4	1.257	0.314	2.151
C	2	0.241	0.121	0.825
Pooling				
D	2	0.287	0.143	0.981
Pooling				
Pooling				
F	2	0.599	0.300	2.051
eror	12	0.724	0.079	
Total	26		1.157	

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis variansi setelah dilakukan pooling terhadap faktor AxD adalah sebagai berikut:

Faktor A

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.367 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi semen terhadap kuat tekan *Paving Block*.

Faktor B

H_o : tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi pasir terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 1.0 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor AxB

H_o : tidak ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi AxB terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 2.151 < F_{tabel} = 2.89$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi pasir terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor C

H_o : tidak ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh komposisi air terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.825 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi air terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor D

H_o : tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

H_1 : ada pengaruh komposisi krikil terhadap rata-rata besarnya kuat tekan

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 0.981 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_o diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi krikil terhadap kuat tekan *Paving Block* .

Faktor F

H_0 : tidak ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

H_1 : ada pengaruh lama aduk terhadap rata-rata besarnya kuat tekan.

Kesimpulan:

$F_{hitung} = 2.051 < F_{tabel} = 3.19$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada pengaruh komposisi lama aduk terhadap kuat tekan *Paving Block* .

5. Menghitung persentase kontribusi

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor dan interaksi dalam S.N ratio ini, terlebih dahulu dihitung SS' .

$$SS'_A = SS'_A - MSE'_A (V_A)$$

$$SS'_A = 0.107 - 0.079 (2)$$

$$SS'_A = -0.0504$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.25 SS'

SS'	$SS'_A - MS'_e (V_A)$
SS'_A	-0.0504
SS'_B	0.1344
$SS'_{A \times B}$	0.9416
SS'_C	0.0833
SS'_D	0.1289
SS'_F	0.4415

Sedangkan persen kontribusi masing – masing faktor dan interaksi dihitung dengan rumus:

$$P = SS'_{faktor} / SS_T \times 100\%$$

$$P_B = -0.0504 / 3.501 \times 100\%$$

$$= -0.10$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.26 Persen kontribusi

Sumber	V	SS	MS	SS'	%
A	2	0.107	0.054	-0.0504	-0.01
B	2	0.292	0.146	0.1344	0.04
AxB	4	1.257	0.314	0.9416	0.27
C	2	0.241	0.121	0.0833	0.02
D	2	0.287	0.143	0.1289	0.04
F	2	0.599	0.300	0.4415	0.13
eror	12	0.724	0.079		
Total	26	3.508			

Dari tabel perhitungan kontribusi faktor diatas menunjukkan bahwa faktor interaksi semen dan pasir (AxB) dan lama pengadukan memberikan kontribusi terbesar terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block* yaitu masing-masing sebesar 0.27% dan 0.13%.

Dari hasil perhitungan dan analisis S/N ratio yang telah dilakukan maka diperoleh komposisi optimum pembuatan *Paving Block* pada penelitian ini. berikut adalah komposisi optimum dari hasil perhitungan S/N ratio:

A2 x B3 = Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong

D2 = Krikil 2.5 takar

C2 = Air 0.5 Liter

F2 = Lama pengadukan 5 menit

BAB V

PEMBAHASAN

Berikut adalah pembahasan dari penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Taguchi* dan menggunakan variabel respon kuat tekan pada pembuatan *Paving Block*.

Kuat tekan *Paving Block* dikatakan baik apabila telah memenuhi standart SNI No. 03-0691-1996, yaitu $3,25 \text{ Kg/cm}^2$, dan dalam penelitian ini rata-rata hasil uji kuat tekan adalah sebesar $4,242 \text{ Kg/cm}^2$ maka dapat diartikan bahwa produk ini dapat dikatakan baik karena telah memenuhi standar SNI yang telah ditetapkan.

Variabel respon tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor kendali, diantaranya adalah komposisi semen, pasir, kerikil, air, lama pengadukan dan lama pengeringan. Level yang digunakan oleh faktor kendali berjumlah 3 (tiga).

Tabel 5.1 Level Faktor Kendali

Faktor Kendali	Level 1	Level 2	Level 3
A.Komposisi Semen	0.75 kg	0.5 kg	1 kg
B.Komposisi Pasir	2.24 kg	1.92 kg	1,6 kg
C. Air	0.4 L	0.5 L	0.6 L
D.Komposisi Krikil	0.41 Kg	0.82 kg	1.025 kg
E. Lama pengeringan	5 jam	10 jam	15 jam
F. Lama pengadukan	4 Menit	3 menit	5 menit

Uji Normalitas

Dari hasil uji normalitas data yang telah dilakukan didapat kesimpulan bahwa data kuat tekan yang telah dikumpulkan sebagai *input* data dalam penelitian ini adalah berdistribusi normal karena karena nilai $\chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$ yaitu $17.9427 \leq 18,30703805$ maka H_0 tidak ditolak artinya data hasil Percobaan kuat tekan berdistribusi normal.

Uji Homogenitas

Pengujian k buah ($k \geq 2$) variansi populasi normal dilakukan dengan menggunakan uji Bartlett. Menentukan hipotesis:

H_0 : Data proporsi kuat tekan hasil Percobaan homogen

H_1 : Data proporsi kuat tekan hasil Percobaan tidak homogen

Dari data yang telah diambil dan dilakukan uji normalitas diketahui bahwa nilai $\chi^2_{\text{hitung}} < \chi^2_{\text{tabel}}$ yaitu $1.6156781 \leq 3,841$ maka H_0 diterima, artinya data kuat tekan dalam penelitian ini telah homogen.

Variabel Kuat Tekan

Penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor apa saja yang signifikan yang berpengaruh terhadap kuat tekan *Paving Block*, yaitu dengan menganalisa dan melakukan pengolahan data percobaan dengan menggunakan perhitungan nilai mean dan ditransformasikan ke bentuk S/N. berikut adalah hasil dari pengolahan data tersebut:

5.3.1. Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Rata-Rata Kuat Tekan *Paving Block*

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap kuat tekan *Paving Block*, dilakukan pengolahan data respon kuat tekan *Paving Block*

yang diperoleh langsung dari pengujian kuat tekan *Paving Block*. Hasil dari perhitungan rata-rata kuat tekan tersebut menunjukkan bahwa nilai optimum dicapai pada rata-rata kuat tekan *Paving Block* dengan nilai terbesar dari tiap faktor tersebut, yaitu faktor C sebesar $4,30 \text{ Kg/cm}^2$ yang terletak pada C2 , D sebesar $4,31 \text{ Kg/cm}^2$ yang terletak pada D2 , F sebesar $4,29 \text{ Kg/cm}^2$ dan Faktor interaksi AxB sebesar $4,33 \text{ Kg/cm}^2$. untuk interaksi antara AxB dilakukan pemecah interaksi yaitu menghasilkan kombinasi level terbesar yaitu A2 x B3. Berikut adalah kombinasi level optimum berdasarkan rata-rata kuat tekan yaitu:

A2 x B3	= Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong
D2	= Krikil 2.5 takar
C2	= Air 0.5 Liter
F2	= Lama pengadukan 5 menit

5.3.2. Analisa Variansi Rata-Rata Kuat Tekan *Paving Block*

Teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon dengan mengidentifikasi pengujian kebenaran hipotesa terhadap pengaruh faktor terkendali beserta interaksinya. Dengan melakukan model analisis variansi dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat maka didapat hasil seperti pada tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5.2 Analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block*

Sumber	V	SS	MS
A	2	-0.13	-0.0064
B	2	0.22	0.0112
AxB	4	0.184	0.046
C	2	0.002	0.00076
AxC	4	-0.04	-0.0099
D	2	0.018	0.009
AxD	4	-0.014	-0.0034
E	2	-0.013	-0.00627
F	2	0.076	0.0378

Dimana selanjutnya data tersebut digunakan sebagai nilai *input* data pada langkah *Pooling Up Faktor*, yaitu langkah menggabungkan faktor sebagai *error*, dimulai dari faktor dengan jumlah kuadrat/*sum of square* (SS) terkecil dari faktor yang tidak signifikan digabungkan dengan jumlah kuadrat *error* sampai derajat bebas kesalahan sama dengan atau lebih setengah dari derajat bebas total, jumlah kuadrat *sum of square* terkecil dari faktor yang tidak signifikan yaitu faktor A, B, D, E dan faktor interaksi AxC dan AxD. Hasil dari penggabungan tersebut didapat bahwa faktor A, AxC dan faktor E memiliki nilai SS terkecil, maka ketiga faktor tersebut digabungkan ke dalam faktor *error*. artinya faktor tersebut tidak menjadi pertimbangan dalam penghitungan persentase kontribusi kuat tekan *Paving Block*.

5.3.3. Persentase Kontribusi

Dari perhitungan kontribusi yang telah dilakukan diketahui bahwa faktor interaksi semen dan pasir (AxB) dan lama pengadukan (F) memberikan kontribusi terbesar terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block* yaitu masing-masing sebesar -0.03%. artinya interaksi antara semen dan pasir serta lama pengadukan memberikan pengaruh yang besar terhadap kuat tekan *Paving Block* yang telah dibuat dalam penelitian ini.

5.3.4. Pengaruh faktor terhadap variabilitas kuat tekan *Paving Block*

1. Menghitung Rasio S/N

Tujuan dari data yang ditransformasikan kedalam bentuk rasio S/N (*Signal Yo Noise*) adalah untuk mencari faktor yang berpengaruh pada karakteristik kualitas di mana S/N untuk karakteristik kualitas semakin besar, semakin baik (*large-the-better*). Berikut adalah hasil perhitungan S/N ratio yang telah dilakukan.

Tabel 5.3 S/N Ratio Kuat Tekan *Paving Block*

Matriks Orthogonal L27 (313)														S/N
Eks.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	A	B	AxB	C	AxC	D	AxD	e	E	F	e	e	e	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12.34
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12.78
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	12.51
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	12.60
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	12.26
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	12.33
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	12.45
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	12.97
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	2	3	12.18
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	11.70
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	3	1	2	11.74
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	12.16
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	12.72
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	12.93
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	11.84
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	12.93
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	12.58
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	13.00
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	12.40
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	12.41
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	12.98
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	12.52
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	12.61
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	13.13
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	12.54
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	12.24

27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	12.18
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

2. Pengaruh level dari faktor terhadap variansi kuat tekan *Paving Block*

Untuk mencari pengaruh level dari tiap faktor terhadap kuat tekan *Paving Block* dilakukan perhitungan variabel nilai rasio S/N kuat tekan *Paving Block* melalui kombinasi level dari masing-masing faktor. Dari hasil perhitungan tersebut didapat bahwa nilai optimum dicapai pada rata-rata kuat tekan *Paving Block* dengan nilai terbesar dari tiap faktor tersebut, yaitu faktor C sebesar 12,61 yang terletak pada C2 , D sebesar 12,63 yang terletak pada D2 , F sebesar 12,59 yang terletak pada F2 dan Faktor interaksi AxB sebesar 12,71. Untuk interaksi antara AxB dilakukan pemecah interaksi yaitu menghasilkan kombinasi level terbesar yaitu A2 x B3. Berikut adalah kombinasi level optimum berdasarkan rata-rata kuat tekan yaitu:

A2 x B3	= Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong
D2	= Krikil 2.5 takar
C2	= Air 0.5 Liter
F2	= Lama pengadukan 5 menit

3. Analisis Variansi S/N ratio

Sebagaimana faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kuat tekan *Paving Block*, maka untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai rasio S/N juga dilakukan dengan perhitungan model Analisis Variansi dua arah. Perhitungan analisis variansi terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat dan rata-rata. Berikut adalah hasil perhitungan tersebut

Tabel 5.4 Analisis variansi terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block S/N ratio*

Sumber	V	SS	MS
A	2	0.107	0.054
B	2	0.292	0.1461
AxB	4	1.257	0.3143
C	2	0.241	0.1205
AxC	4	0.006	0.0015
D	2	0.287	0.1434
AxD	4	0.093	0.0233
E	2	0.55	0.0275
F	2	0.599	0.299

Selanjutnya data tersebut digunakan sebagai nilai *input* data pada langkah *Pooling Up Faktor*, yaitu langkah menggabungkan faktor sebagai *error*, dimulai dari faktor dengan jumlah kuadrat/*sum of square* (SS) terkecil dari faktor yang tidak signifikan digabungkan dengan jumlah kuadrat *error* sampai derajat bebas kesalahan sama dengan atau lebih setengah dari derajat bebas total, jumlah kuadrat *sum of square* terkecil dari faktor yang tidak signifikan yaitu faktor A, B, D, E dan faktor interaksi AxC dan AxD. Hasil dari penggabungan tersebut didapat bahwa faktor AxC, AxD dan faktor E memiliki nilai SS terkecil, maka ketiga faktor tersebut digabungkan ke dalam faktor *error*. artinya faktor tersebut tidak menjadi pertimbangan dalam penghitungan persentase kontribusi kuat tekan *Paving Block*.

4. Menghitung Persentase Kontribusi

Dari perhitungan kontribusi yang telah dilakukan diketahui bahwa faktor interaksi semen dan pasir (AxB) memberikan kontribusi terbesar dan lama pengadukan (F) memberikan kontribusi terbesar selanjutnya terhadap rata-rata kuat tekan *Paving Block* yaitu masing-masing sebesar 0.27% dan 0.13%. artinya interaksi antara semen dan pasir memberikan pengaruh yang

besar terhadap kuat tekan *Paving Block* serta diikuti oleh faktor lama pengadukan.

Dari hasil perhitungan dan analisis S/N ratio yang telah dilakukan maka diperoleh komposisi optimum yang tidak berbeda terhadap perhitungan pengaruh level dari faktor berdasarkan rata-rata kuat tekan *paving block*. berikut adalah komposisi optimum dari hasil perhitungan S/N ratio:

A2 x B3 = Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong

D2 = Krikil 2.5 takar

C2 = Air 0.5 Liter

F2 = Lama pengadukan 5 menit



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian mengenai komposisi optimum pembuatan *Paving Block* ini dengan faktor kendali komposisi pasir, semen, air, krikil, lama adukan dan lama pengeringan dengan variabel respon kuat tekan adalah sebagai berikut: Bahwasannya diketahui bahwa rata-rata kuat tekan adalah 4,242 Kg/cm² dengan kombinasi level faktor *Paving Block* yang menghasilkan kekuatan tekan optimal yaitu interaksi A2 x B3 yaitu Semen 0.5 kg + komposisi pasir 5 centong, D2 yaitu Krikil 2.5 takar, C3 yaitu Air 0.5 Liter serta Lama pengadukan terletak pada level F2 yaitu 5 menit. Sedangkan untuk kontribusi terbesar terhadap kuat tekan *Paving Block* diberikan oleh interaksi antara semen dan pasir yaitu sebesar 0,27% yang kemudian faktor yang memiliki pengaruh terbesar kedua adalah lama pengadukan yaitu sebesar 0,13%. Nilai rata-rata kuat tekan *Paving Block* hasil penelitian lebih besar dari pada standar SNI yaitu 4,242 Kg/cm² > 3,25 Kg/cm².

6.2 Saran

Penelitian ini semoga dapat menjadi salah satu referensi dalam proses pembuatan *Paving Block* dengan pertimbangan proses ini akan menghasilkan produk yang berkualitas. Adapun hal yang dapat dioptimalkan lagi dalam pembuatan *Paving Block* adalah perpaduan komposisi dari setiap elemen pembentuk produk itu sendiri untuk dapat diatur sesuai dengan peran dan tingkat pengaruh elemen tersebut terhadap kualitas produk *Paving Block*.

Pada kesempatan berikutnya penelitian ini dapat dikembangkan dengan lebih memperhatikan hal – hal yang sekiranya dapat ditingkatkan lagi, antara lain :

1. Menambah jumlah level faktor kendali, seperti penggunaan beberapa jenis model atau bentuk *paving block* untuk mencari tahu apakah ada pengaruh model atau bentuk *paving block* terhadap kuat tekan.
2. Menambah jumlah variabel respon sebagai penambahan tolak ukur kualitas produk *Paving Block*, seperti variabel respon berat *paving block*.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996, SNI 03-0691-1996, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI 03-2834-2000).
- Dudewicz, E.J., and Mishra, S.N., 1995, *Stastitika Matematika Modern*, Penerbit ITB, Bandung.
- Jobson, J.D., 1991, *Applied Multivariate Data Analysis, Volume I: Regression and Experimental Design*, Springer-Verlag, New York, USA.
- Kemphorne, O., 1984, *The Design and Analysis of Experiments*, Wiley Eastern Private Ltd. New Delhi.
- Sapta, Asmal, 2006, *Studi Pengaruh Komposisi dan Perlakuan Material Terhadap Kualitas Paving Block Dengan Analisa Desain Experimental Faktorial*, ITS, Surabaya.
- Soejanto, Irwan, 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sudjana, 2002, *Desain dan Analisis Eksperimen*, Edisi Keempat, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Susanto, B., 1990, *Metode pengujain kuat tekan*, PUSLITBANG Jalan dan Jembatan, <http://www.pu.go.id/balitbang/sni/>, diakses 8 Agustus 2008.
-, 2004, *Batu Cetak Halaman*, Pusat Informasi Teknik Bangunan Banten, <http://www.pib-banten.go.id/>, diakses 2 September 2008.
-, 2009, *Cubic Metre*, http://en.wikipedia.org/wiki/Cubic_metre, diakses 22 Januari 2009.
-, 2000, *Liter (L)*, The International System of Units is called "SI" and is the Metric Measurement used in America, <http://www.metricamerica.com/litre.htm>, diakses 22 januari 2009.