

**PEMANFAATAN MATERIAL TAMBAHAN UNTUK MENINGKATKAN
KUALITAS *PAVING BLOCK* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI
(Studi Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Oleh

**NAMA : SUCI MURNITA. HR
NIM : 1805903030019**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
ACEH BARAT
2022**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
KAMPUS UTU MEULABOH-ACEH BARAT 23615 PO BOX 59
Laman: www.industri.utu.ac.id, Email : teknikindustri@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Telah dipertahankan di dalam Seminar Tugas Akhir Dihadapan Dewan Penguji dan Telah Diterima Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Industri

Pada Tanggal, 05 Desember 2022

Di

Meulaboh – Aceh Barat

DENGAN JUDUL TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN MATERIAL TAMBAHAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PAVING BLOCK MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI (Studi Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)

DI SUSUN OLEH:

NAMA : SUCI MURNITA HR.

NIM : 1805903030019

Mengetahui Dewan Penguji Tugas Akhir:

Penguji I

SOFIYANURRIYANTI, S.T., M.T.
NIP. 199009202019032018

Penguji II

Ir. HERI TRI IRAWAN, S.T., M.T.
NIDN. 0028119107

Pembimbing Tugas Akhir

Ir. GAUSTAMA PUTRA, S.T., M.Sc.
NIP. 197908102021211006

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri
Universitas Teuku Umar

NISSA PRASANTI, S.Si., M.T.
NIP. 198906092018032001

KEMENTERIAN, PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
ACEH BARAT

2022

i



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
KAMPUS UTU MEULABOH-ACEH BARAT 23615 PO BOX 59
Laman: www.industri.utu.ac.id, Email : teknikindustri@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

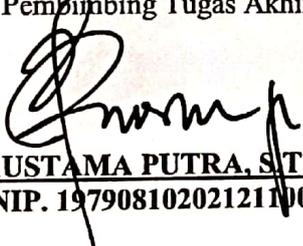
DENGAN JUDUL TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN MATERIAL TAMBAHAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS *PAVING BLOCK* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI (Studi Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)

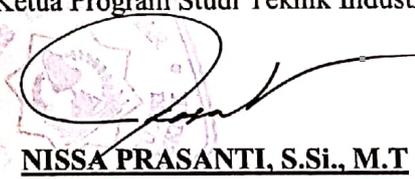
DI SUSUN OLEH:

NAMA : SUCI MURNITA HR.
NIM : 1805903030019

Di Setujui Oleh:
Pembimbing Tugas Akhir


Ir. GAUSTAMA PUTRA, S.T., M.Sc.
NIP. 197908102021211006

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Industri


NISSA PRASANTI, S.Si., M.T
NIP. 198906092018032001

KEMENTERIAN, PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
ACEH BARAT

2022



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
KAMPUS UTU MEULABOH-ACEH BARAT 23615 PO BOX 59
Laman: www.industri.utu.ac.id, Email : teknikindustri@utu.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS TEKNIK

DENGAN JUDUL TUGAS AKHIR

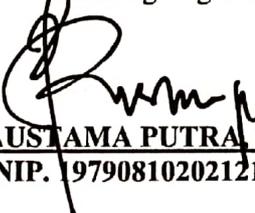
PEMANFAATAN MATERIAL TAMBAHAN UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS *PAVING BLOCK* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI (Studi Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)

DI SUSUN OLEH:

NAMA : SUCI MURNITA HR.
NIM : 1805903030019

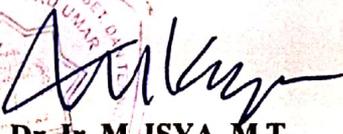
Di Setujui Oleh:

Pembimbing Tugas Akhir


Ir. GAUSTAMA PUTRA, S.T., M.Sc.
NIP. 197908102021211006

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. M. ISYA, M.T
NIP. 196204111989031002

Ketua Program Studi Teknik Industri


NISSA PRASANTI, S.Si., M.T
NIP. 198906092018032001

**KEMENTERIAN, PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TEUKU UMAR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
ACEH BARAT**

2022

iii



LEMBAR PERSEMBAHAN

Yang Utama Dari Segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya Penelitian yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain”. (Q.S Al-Insyirah 6-7). “Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya...” (Q.S Al-Baqarah : 286)

Alhamdulillahirrabil’alamin

Satu Keinginan telah ku gapai, semoga ini menjadi amal sholeh bagiku dan menjadi kebanggaan bagi keluargaku. Kupersembahkan karya kecil ini untuk cahaya hidup, belahan jiwa dan malaikat tanpa sayapku yang senantiasa ada saat suka maupun duka, yang selalu setia mendampingi saat kulemah tak berdaya dengan penuh kesabaran dan pengertian yang luar biasa ibundaku tersayang (**Erlita**). Dan Ayahhandaku tercinta (**Hamdani**). Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kepada Ibu dan Ayah yang telah memberikan doa, kasih sayang, segala dukungan dan cinta kasih serta motivasi yang tiada terhingga yang mungkin tidak dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal kebahagiaan untuk Ibu dan Ayah, karna kusadar selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Ibu dan Ayah yang selalu mendo’akan anakmu di setiap sujudmu, selalumenasehatiku menjadi lebih baik,

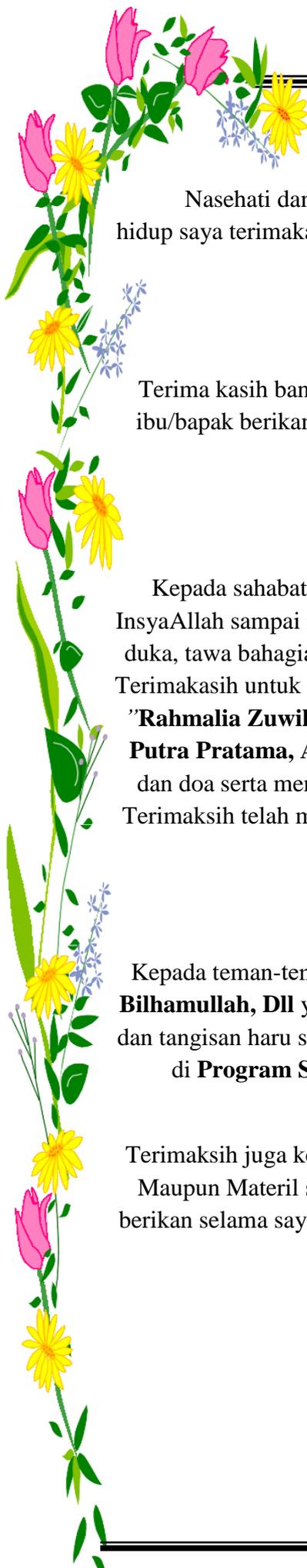
Terima Kasih **Ibu**....

Terima Kasih **Ayah**...

Kepada Adik-adikku tersayang **Al-Hidayatul Ukhra HR** dan **Rafa Ash-Shidqi HR**. Penelitian ini aku persembahkan untuk Kalian semua. Tiada kata yang bisa menggantikan segala sayang, usaha, semangat, dan juga material yang telah dicurahkan untuk penyelesaian tugas akhir ini. Terimakasih atas kasih sayang, perhatian dan kesabaran yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini,

Dosen Pembimbing Tugas Akhirku...

Bapak **Ir. Gaustama Putra, S.T., M.Sc.** selaku dosen pembimbing dalam Penelitian saya, terima kasih banyak, Bapak yang selalu sabar dalam membimbing penulisan tugas akhir ini. Doa yang tak pernah hentiagar selalu diberi kesehatan, kebaikan, dan kebahagiaan.



Nasehati dan bimbingan yang tak akan pernah saya lupakan yang begitu bera-
hidup saya terimakasih atas bantuan dan kesabaran dari Bapak selama membimbing saya saat
diwaktu siang dan malam.

Seluruh Dosen Pengajar SI Teknik Industri:

Terima kasih banyak untuk semua ilmu dan pengalaman yang sangat berharga yang telah
ibu/bapak berikan kepada kami selama ini hingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir
ini...

My Best friend's

Kepada sahabat Surgaku “**Nur Asri**” teman dari pertama masuk kuliah hingga saatini,
InsyaAllah sampai nanti. Teman bermain dan teman berjuang dalam mendapatkan gelar, suka
duka, tawa bahagia hingga air mata kecewa, pergi kesana kemari sudah kita dilewati semua.
Terimakasih untuk semua kisah yang telah diukir bersama. Dan kepada semua sahabat baikku
”**Rahmalia Zuwilda, Wira Marlinda, Meda Liana, Siti Husniati, Darmi Junidar, Ryan
Putra Pratama, Ari Syahwal, Nora Vita**” Terimakasih atas rasa kekeluargaan, dukungan
dan doa serta mengusahakan segala macam bantuan terkait penyelesaian Tugas Akhir ini.
Terimakasih telah meluangkan waktu untuk mendengar keluh kesahku selama selama menulis
skripsi, terimakasih telah senantiasa

Sobat Unity'18

Kepada teman-teman seperjuanganku “**Sri Muliana, Fajrawi, Andrian Alfatah, Rahmat
Bilhamullah, Dii** yang tidak bisa ku sebut satu per satu. Terimakasih atas segala canda, tawa
dan tangisan haru serta bahagia yang telah dibagi dan turut dirasa sepanjang masa pendidikan
di **Program Studi Teknik Industri** sejak awal hingga terselesainya pendidikan di
Universitas Teuku Umar.

Terimakasih juga kepada Keluarga Besar **HMTI UTU** terima kasih atas bantuan. Baik Moril
Maupun Materil serta doa, nasehat, hiburan, traktiran, ejekkan, dan semangat yang kalian
berikan selama saya kuliah, saya tak akan melupakan semua yang telah kalian berikan selama
ini.

SUCI MURNITA HR, S.T

PERNYATAAN ORIGINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Suci Murnita. HR

NIM : 1805903030019

Fakultas/ Jurusan : Teknik/ Teknik Industri

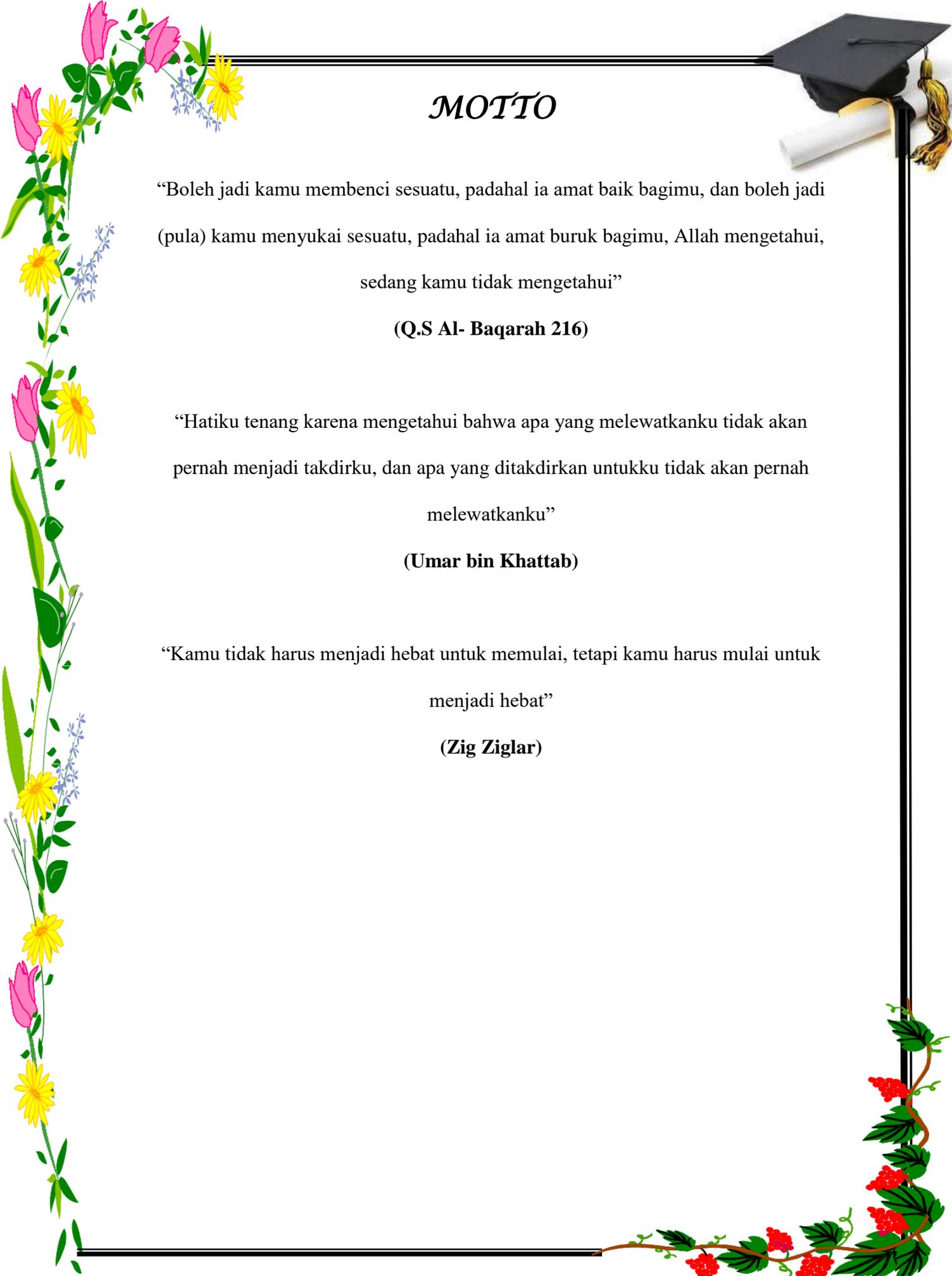
Judul Penelitian : Pemanfaatan Material Tambahan Untuk Meningkatkan
Kualitas *Paving Block* Menggunakan Metode Taguchi (Studi
Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini merupakan hasil karya asli saya yang diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh Gelar Strata 1 Program Studi Teknik Insutri di Universitas Teuku Umar.
2. Semua sumber yang saya gunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini telah saya cantumkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Prodi Teknik Industri di Universitas Teuku Umar.
3. Apabila ternyata dalam skripsi saya terdapat bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya akan mendapatkan sanksi sebagaimana semestinya.

Alue Peunyareng, 01 Desember 2022
Penulis

Suci Murnita HR
NIM. 1805903030019



MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

(Q.S Al- Baqarah 216)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirmu, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Kamu tidak harus menjadi hebat untuk memulai, tetapi kamu harus mulai untuk menjadi hebat”

(Zig Ziglar)

RIWAYAT HIDUP



SUCI MURNITA HR, S.T dilahirkan di Desa Meurandeh Kecamatan Manggeng Kabupaten Aceh Barat Daya pada Tanggal 15 Mei 2001 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ayahanda saya Hamdani dan Ibunda saya Erlita. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada Tahun 2012 di MIN Manggeng. Menyelesaikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2015 di MTsN Manggeng, menyelesaikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2018 di SMA Negeri 2 Aceh Barat Daya dan menyelesaikan pendidikan S1 pada Bidang Rekayasa Sistem Manufaktur di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Industri Universitas Teuku Umar Meulaboh Kabupaten Aceh Barat Provinsi Aceh pada Tahun 2022.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di bidang kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Penulis pernah tercatat sebagai Sekretaris Departemen Minat dan Bakat HMTI UTU periode 2020-2021. Juara 1 Lomba Tari Kreasi tingkat Universitas Teuku Umar pada tahun 2019. Penulis dapat dihubung melalui e-mail sucimurnitahr15@gmail.com dan media sosial [@sucimurnita_hr](https://www.instagram.com/sucimurnita_hr).

ABSTRAK

UD. Batu Jaya Bangunan adalah salah satu tempat yang memproduksi *paving block*, batako, dan lubang angin/ batu krawang. Usaha Dagang ini berada di Jln. Cendrawasih, No.01, Rundeng, Kec. Johan Pahlawan, Kab. Aceh Barat yang bergerak dibidang manufaktur. *Paving block* adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, pasir dan air. Pada penelitian ini memanfaatkan limbah cangkang kerang dan sekam padi sebagai bahan campuran *paving block* selain itu penggunaan limbah cangkang kerang dan sekam padi juga berguna untuk meminimalisir tercemarnya lingkungan yang disebabkan oleh limbah tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan level yang optimal dari faktor yang sudah ditentukan, dan menentukan kualitas *paving block* terhadap kuat tekan dengan menggunakan metode Taguchi. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen Taguchi dengan menggunakan *orthogonal array* $L_8 (2)^5$ yang terdiri dari 5 faktor kontrol dan 2 level faktor. Selanjutnya data hasil eksperimen dilakukan perhitungan ANOVA nilai rata-rata dan *signal to noise ratio*, menghitung interval kepercayaan dan pemilihan setting level yang optimal. Berdasarkan pengolahan data, didapatkan setting level optimal yaitu faktor A level 2 (Semen 1500 gr), faktor B level 1 (Pasir 4000 gr), faktor C level 1 (Air 100 ml), faktor D level 2 (Cangkang Kerang 250 gr), dan faktor E level 2 (Sekam Padi 250 gr). Eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan nilai rata-rata dan variabilitas (S/N) pada eksperimen Taguchi mengalami peningkatan pada eksperimen konfirmasi, hal ini sesuai dengan karakteristik kualitas yang yaitu *larger the better*. Nilai rata-rata pada eksperimen Taguchi menunjukkan nilai $15,342 \leq \mu_{predicted} \leq 23,838$, sedangkan pada eksperimen konfirmasi menunjukkan nilai rata-rata $11,604 \leq \mu_{confirmation} \leq 24,581$. Nilai SNR pada eksperimen Taguchi menunjukkan nilai $21,166 \leq \mu_{predicted} \leq 30,428$ sedangkan pada eksperimen konfirmasi menunjukkan nilai $12,136 \leq \mu_{confirmation} \leq 24,049$.

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Proposal Tugas Akhir dengan judul “**Pemanfaatan Material Tambahan Untuk Meningkatkan Kualitas Paving Block Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)**”.

Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW karena dengan berkat perjuangan beliau kita dapat hidup sejahtera dibumi Allah SWT.

Proposal Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan serta dorongan kepada penulis. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta serta segenap keluarga besar yang telah tulus dan penuh kasih sayang telah memberikan doa, semangat serta materi kepada penulis.
2. Prof. Dr. Drs. Ishak Hasan, M.Si, selaku Rektor Universitas Teuku Umar.
3. Dr. Ir. M. Isya, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.
4. Ibu Nissa Prasanti, S.Si., M.T Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar.
5. Bapak Ir. Gaustama Putra, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing Proposal Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktunya dan terimakasih atas segala kesabaran dan dorongan semangatnya selama membimbing penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini
6. Ibu Sofiyanurriyanti, S.T., M.T., selaku dosen penguji I. Terimakasih atas pertanyaan yang diberikan, masukan ilmu, saran dan motivasi yang membangun untuk memacu penulis menjadi lebih baik.
7. Bapak Ir. Heri Tri Irawan, S.T., M.T., selaku dosen penguji II. Terimakasih atas masukan, arahan dan motivasi yang sangat membangun untuk memacu penulis menjadi lebih baik.
8. Seluruh staf dosen prodi Teknik Industri yang telah membantu kelancaran penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Teuku Umar.
9. Seluruh staf akademik Fakultas Teknik terimakasih atas waktu dan bantuannya.
10. Keluarga dari UD. Batu Jaya Bangunan yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian dan menerima penulis dengan sangat baik.
11. Sahabat-sahabat penulis yang selalu setia mendengar keluk kesah, membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dalam

- menyelesaikan Proposal Tugas Akhir.
12. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2018 sebagai tempat bertukar pikiran dalam mengerjakan laporan Proposal Tugas Akhir.
 13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apapun kepada penulis dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dari materi, maupun dari teknik pengkajiannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang positif yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penyusunan Proposal Tugas Akhir .

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wwabarakaatuh.

Alue Peunyareng, 01 Desember 2022
Penulis

Suci Murnita HR
NIM. 1805903030019

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN ORIGINALITAS	vi
MOTTO	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Asumsi.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	8
2.1 Kualitas.....	8
2.1.1 Pengertian Kualitas	8
2.1.2 Pentingnya Kualitas	10
2.1.3 Pengaruh Kualitas	12
2.2 <i>Paving Blok</i>	13
2.2.1 Jenis dan Ukuran <i>Paving Block</i>	13
2.3 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	15
2.3.1 Semen.....	15
2.3.2 Pasir.....	15
2.3.3 Air	15
2.4 Material Tambahan yang Digunakan pada <i>Paving Block</i>	16
2.4.1 Kerang Loka.....	16
2.4.2 Sekam Padi.....	17
2.5 Desain Eksperimen.....	17
2.6 Metode Taguchi.....	18
2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi.....	19
2.6.2 Desain Eksperimen Taguchi	19
2.7 Matriks Ortogonal (<i>Orthogonal Array</i>).....	24
2.7.1 Pemilihan dan Penggunaan Matriks Ortogonal.....	25

2.8	Ratio Signal To Noise (S/N)	27
2.9	Pengertian <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		38
3.1	Jenis Penelitian	38
3.2	<i>Flowchart</i> Penelitian	38
3.2.1	Studi Pendahuluan.....	38
3.2.2	Studi lapangan	38
3.2.3	Studi literatur.....	38
3.2.4	Identifikasi Masalah	39
3.2.5	Perumusan Masalah	39
3.2.6	Penetapan Tujuan	39
3.2.7	Alat Yang Digunakan.....	39
3.2.8	Pengumpulan Data	39
3.2.9	Pengolahan Data.....	41
3.2.10	Analisis.....	42
3.2.11	Kesimpulan dan Saran.....	42
3.3	Posisi Penelitian	46
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		52
4.1	Pengumpulan Data	52
4.1.1	Penetapan Level dan Faktor	52
4.1.2	Penentuan <i>Degree of Freedom</i>	54
4.1.3	Penetapan Orthogonal Array.....	55
4.1.4	Proses Pembuatan <i>Paving Block</i>	55
4.1.5	Pengumpulan data eksperimen Taguchi.....	56
4.2	Pengolahan Data.....	57
4.2.1	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-rata	57
4.2.2	Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR)	63
4.2.3	Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan.....	69
4.2.4	Eksperimen Konfirmasi	72
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		75
5.1	Analisis Terhadap Eksperimen Taguchi.....	75
5.2	Analisis Rata-rata	75
5.3	Analisis nilai SNR (<i>Signal Noise to Ratio</i>)	76
5.4	Analisis <i>setting</i> level optimal	76
5.5	Analisis terhadap eksperimen konfirmasi	77
BAB 6 PENUTUP.....		78
6.1	Kesimpulan.....	78
6.2	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisis <i>paving block</i> berdasarkan SNI 03-0691-1996	14
Tabel 2.2 Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$	26
Tabel 2.3 Desain Faktorial Dengan Dua Faktor Dari Replikasinya.....	31
Tabel 2.4 ANOVA Dua Arah Objek	33
Tabel 3.1 Time Line Penelitian	46
Tabel 3.2 Posisi Penelitian	46
Tabel 4.1 Setting level faktor	52
Tabel 4.2a Komposisi Percobaan Material	52
Tabel 4.2b Komposisi Percobaan Material	52
Tabel 4.2c Komposisi Percobaan Material.....	52
Tabel 4.3 Perhitungan derajat kebebasan	54
Tabel 4.4a Matriks <i>Orthogonal Array</i> $L_8(2^5)$	55
Tabel 4.5 Hasil uji lab campuran komposisi	56
Tabel 4.6 Respon dari Pengaruh Faktor	58
Tabel 4.7 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata.....	62
Tabel 4.8 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata <i>Polling</i>	63
Tabel 4.9 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata setelah <i>Polling</i>	63
Tabel 4.10 Rekapitulasi perhitungan SNR	64
Tabel 4.11 Respon <i>Signal Noise to Ratio</i> (SNR)	65
Tabel 4.12 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) nilai SNR.....	68
Tabel 4.13 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) nilai SNR setelah <i>polling up</i>	69
Tabel 4.14 Faktor Terkendali <i>Setting Level</i> Optimal.....	72
Tabel 4.15 Hasil pengujian ketahanan terhadap kuat tekan	73
Tabel 5.1 Tabel 5.1 Setting Level Optimal	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Konseptual.....	40
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	43
Gambar 4.1 Hasil uji lab campuran komposisi.....	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan oleh perusahaan, dimana baik buruknya kinerja perusahaan diukur dari kualitas barang atau jasa yang dihasilkan perusahaan tersebut. Dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI), kualitas didefinisikan sebagai tingkat baik buruknya sesuatu, derajat, atau mutu. Tjiptono, A dan Chandra (2005) menyatakan bahwa kualitas merupakan suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan.

Kualitas menjadi suatu hal yang penting dalam sebuah perusahaan, dimana kualitas yang baik yaitu sesuatu yang menghasilkan produk sesuai dengan standarnya. Dengan demikian semakin baik kualitas yang dihasilkan, maka semakin baik pula reputasi yang didapat oleh perusahaan, karena dengan menghasilkan produk yang berkualitas akan menarik konsumen untuk mau membeli produk atau barang yang dihasilkan dengan harga tinggi. Namun jika perusahaan tersebut menghasilkan produk yang kurang berkualitas maka akan berdampak buruk terhadap reputasi perusahaan dan perusahaan juga akan mengalami kerugian karena produk atau barang yang dipasarkan tidak sesuai target penjualan dengan begitu perusahaan akan gulung tikar atau tidak bertahan lama.

UD. Batu Jaya Bangunan merupakan salah satu tempat yang memproduksi *paving block*, batako, dan lubang angin/ batu krawang dengan jumlah pekerja

tetap 4 orang. Usaha Dagang ini berada di Jln. Cendrawasih, No.01, Rundeng, Kec. Johan Pahlawan, Kab. Aceh Barat yang bergerak dibidang manufaktur. UD. Batu Jaya Bangunan ini mampu memproduksi ± 800 *paving block* dalam sehari, prinsip pembuatan produksi berdasarkan *make to order* dan *make to stock*. Proses produksi yang dilakukan untuk pembuatan *paving block* dengan cara mencampurkan bahan baku yaitu semen, pasir dan air yang sudah sesuai standar. Namun masih terdapat kekurangan pada produksi *paving block* ini yaitu produk yang dihasilkan masih kurang pada tingkat kekuatannya, sehingga untuk meningkatkan kualitas *paving block* ini penulis menambahkan dua bahan yaitu cangkang kerang dan sekam padi sebagai material tambahan.

Metode Taguchi merupakan salah satu metode yang bisa memperbaiki kualitas sebuah produk, dimana metode Taguchi itu adalah sebuah metode yang bersifat *design of experiment* dan uji statistik. Menurut Soejanto, I. (2008) Taguchi merupakan metode perbaikan kualitas dengan menggunakan percobaan baru serta penekanan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Kelebihan dari metode Taguchi menjadikan produk tidak sensitif terhadap *noise (robust design)* dan dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan.

Sidi, P dan Wahyudi, M (2013) menggunakan metode Taguchi dalam penelitiannya untuk mengetahui optimasi kebulatan pada proses bubut Cnc. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling signifikan untuk nilai kebulatan pada proses membubut St.60 adalah kedalaman pemakanan, dan kondisi optimum pemesinan untuk mendapatkan nilai kebulatan yang terbaik adalah pada

kecepatan potong 60 m/min, gerak pemakanan 0,2 mm/rev, kedalaman pemakanan 0.125 mm.

Putra. G dan Tontowo. A (2019) menggunakan metode Taguchi untuk menganalisa diameter pori yang terbentuk dan optimasi campuran biokomposit *sericin*-bioplastik dengan menggunakan metode Taguchi. Hasil penelitian didapatkan respon rata-rata dan SNR, maksimum pada 16g tepung tapioca, 0,03% sericin dan pembekuan -25°C. SEM menunjukkan pembekuan -25°C biokomposit C: 41,94 µm, F: 33,416 µm, dan I: 2,743 µm, memenuhi syarat regenerasi jaringan kulit. Nilai prediksi dan interval kepercayaan rata-rata besar 11,656 µm dan kecil 54,602 µm, SNR BESAR 31,840 µM dan kecil 33,642 µm. Nilai konfirmasi secara eksperimental kondisi optimal diameter pori besar untuk rata-rata lebih besar dari 32.342 µm dan lebih kecil dari 34.206 µm, SNR lebih besar dari 32.342 µm dan kecil 34.206 µm. Pembekuan I biokomposit -80 C muncul gugus fungsi C=O yang tidak dalam sampel lain.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka penulis tertarik melakukan sebuah penelitian tentang material tambahan untuk pembuatan *paving block*. Adapun penelitian yang ingin dilakukan dengan judul “**Pemanfaatan Material Tambahan Untuk Meningkatkan Kualitas *Paving Block* Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus: UD. Batu Jaya Bangunan)**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu sebagai berikut:

1. Berapa level yang optimal dari faktor yang sudah ditentukan?

2. Bagaimana menentukan kualitas *paving block* terhadap kuat tekan dengan menggunakan metode Taguchi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pada penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan level yang optimal dari faktor yang sudah ditentukan.
2. Untuk menentukan kualitas *paving block* terhadap kuat tekan dengan menggunakan metode Taguchi.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang, dan mudah dipahami, maka perlu dilakukan pembatasan lingkup penelitian. Adapun batasan lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental dimana peneliti menggunakan data yang diambil dari penelitian.
2. Waktu penelitian dilakukan hari Rabu, 29 Juni 2022 pada jam 14:00 s/d 17:00 WIB.
3. Menggunakan 2 level (Level 1: semen 1500 gr, pasir 4000 gr, air 100 ml, cangkang kerang 150 gr, sekam padi 150 gr. Level 2: semen semen 1500 gr, pasir 4000 gr, air 100 ml, cangkang kerang 250 gr, sekam padi 250 gr) dan 5 faktor (Semen. Pasir, air, cangkang kerang dan sekam padi) yang optimal

4. Produk yang menjadi objek pembahasan hanya *paving block* di UD. Batu Jaya Bangunan.
5. Tidak menghitung jumlah permintaan pada saat melakukan penelitian.
6. Tidak menghitung biaya baik biaya perawatan maupun biaya produksi.
7. Produk yang dihasilkan hanya untuk skala lab.
8. Penambahan material tambahan serbuk cangkang kerang dari hasil gilingan.
9. Sekam padi yang digunakan adalah sekam padi yang sudah mengalami pembakaran.

1.5 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Kualitas yang dimiliki oleh usaha UD. Batu Jaya Bangunan tidak mengalami perubahan selama proses penelitian.
2. Tidak terjadi pengurangan dan penambahan tenaga kerja.
3. Alur pengerjaan Penelitian menggunakan metode Taguchi sudah tepat.
4. Proses pembuatan *paving block* sudah sesuai dengan proses di UD. Batu Jaya Bangunan.
5. Selama penelitian tidak mengalami kerusakan alat.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang penulis harapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Untuk menambah pengetahuan peneliti tentang penggunaan dan manfaat material tambahan yang bisa digunakan sebagai bahan dalam pembuatan *paving blok* serta mampu menerapkan teori dan metode ilmiah yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan dengan mengaplikasikannya di lapangan.

2. Bagi Perusahaan

Memberikan solusi alternatif kepada perusahaan untuk memanfaatkan limbah sebagai bahan baku pembuatan *paving block* secara sederhana agar lebih bernilai ekonomis.

3. Bagi Program Studi Teknik Industri

Laporan yang dibuat oleh mahasiswa berguna sebagai referensi untuk mahasiswa teknik industri yang akan datang.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan Penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan hal yang berkaitan dengan Penelitian seperti latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan dan asumsi serta sistematika penulisan Tugas akhir.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menguraikan tentang dasar-dasar teori dan sumber acuan yang mendukung untuk digunakan dalam analisis pemecah masalah yang dirumuskan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode penelitian atau cara dalam melakukan penelitian ini yang digunakan sebagai kerangka dalam pengumpulan data, pengolahan data maupun pemecah masalah.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan tentang data yang dikumpulkan dan pengolahannya untuk memecahkan masalah sesuai dengan langkah-langkah yang telah ditentukan.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang pembahasan-pembahasan yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi kemudian dievaluasi secara ilmiah.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pemecahan masalah, serta saran-saran yang bermanfaat bagi perusahaan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini akan memuat bagian sumber berbagai literatur yang digunakan dalam penelitian. Literatur-literatur tersebut digunakan untuk memperkuat asumsi, hipotesis dan pernyataan yang terdapat pada penelitian.

LAMPIRAN

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Kualitas

2.1.1 Pengertian Kualitas

Kualitas merupakan salah satu aspek terpenting yang harus dimiliki setiap perusahaan. Menurut Garvin dan David, A. (1998), kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berhubungan dengan produk, manusia/tenaga kerja, proses dan tugas, serta lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan pelanggan atau konsumen. Sedangkan menurut Kotler, P. (1977) kualitas adalah sebuah ciri serta sifat suatu produk atau pelayanan yang berpengaruh pada kemampuan untuk memuaskan kebutuhan yang dinyatakan atau yang tersirat. Jelas terlihat bahwa kualitas berpusat pada penilaian konsumen, seorang produsen dapat memberikan kualitas bila produk atau pelayanan yang diberikan dapat memenuhi atau melebihi harapan konsumen.

Garvin dan David, A. (1998) mengidentifikasi delapan dimensi kualitas yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas suatu barang, yaitu sebagai berikut :

1. Performa (*Performance*)

Performa berkaitan dengan aspek fungsional dari produk dan merupakan karakteristik utama yang dipertimbangkan oleh pelanggan saat hendak membeli suatu produk.

2. Keistimewaan (*Future*)

Merupakan aspek penting yang kedua yang dapat menentukan kualitas suatu produk. Dimensi ini juga bisa menambah fungsi dasar, yakni yang berkaitan dengan pilihan-pilihan dan pengembangannya.

3. Keandalan (*Reliability*)

Hal ini berkaitan dengan kemungkinan suatu produk berfungsi secara normal dalam periode waktu tertentu dibawah kondisi tertentu. Dengan demikian, keandalan merupakan karakteristik yang mencerminkan kemungkinan tingkat keberhasilan dalam penggunaan suatu produk.

4. Konformansi (*Conformance*)

Konformansi berkaitan dengan tingkat kesesuaian suatu produk terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan atau produsen dari produk tersebut sesuai dengan keinginan pelanggan. Karakteristik ini mengukur banyaknya atau persentase produk yang gagal memenuhi serangkaian standar produk yang telah ditetapkan dan arena itu perlu dikerjakan ulang atau diperbaiki.

5. Daya tahan (*Durability*)

Merupakan ukuran masa pakai suatu produk. Karakteristik ini berkaitan dengan seberapa lama usia dari produk tersebut.

6. Kemampuan Pelayanan (*Service-ability*)

Merupakan karakteristik yang berkaitan dengan kesopanan, kompetensi, kemudahan, serta akurasi dalam perbaikan.

7. Estetika(*Aesthetics*)

Estetika adalah karakteristik mengenai keindahan yang bersifat subjektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari referensi atau pilihan individual. Dengan demikian, estetika dari suatu produk lebih banyak berkaitan perasaan pribadi dan mencakup karakteristik tertentu.

8. Kualitas yang Dipersepsikan (*Perceived Quality*)

Karakteristik ini bersifat subjektif, berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk, seperti meningkatkan harga diri. Hal ini juga berupa karakteristik yang berkaitan dengan reputasi (*brand name-image*)

2.1.2 Pentingnya Kualitas

Kualitas menjadi suatu hal yang penting dalam sebuah perusahaan. Ariani, D (2002) menyatakan ada 7 alasan perlunya kualitas bagi sebuah, yaitu:

1. Reputasi Perusahaan

Perusahaan atau organisasi yang telah menghasilkan suatu produk atau jasa yang berkualitas akan mendapat predikat sebagai perusahaan yang mengutamakan kualitas. Oleh karena itu, perusahaan atau organisasi tersebut dikenal oleh masyarakat luas dan mendapat nilai “lebih” di mata masyarakat.

2. Penurunan Biaya

Dalam paradigam lama, untuk menghasilkan produk berkualitas selalu membawa dampak pada peningkatan biaya. Suatu produk yang berkualitas selalu identic dengan harga mahal. Sementara paradigma baru mengatakan bahwa untuk menghasilkan produk atau jasa yang berkualitas perusahaan atau organisasi tidak perlu mengeluarkan biaya tinggi karena sudah berorientasi pada kepuasan pelanggan.

3. Peningkatan Pangsa Pasar

Pangsa pasar akan meningkat bila minimalisasi biaya tercapai, karena organisasi atau perusahaan dapat menekan harga, walaupun kualitas tetap menjadi yang paling utama.

4. Pertanggungjawaban Produk dan Jasa

Semakin meningkatnya persaingan kualitas produk atau jasa yang dihasilkan menurut perusahaan atau organisasi untuk selalu bertanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan sehingga diperlukan standar yang bukan hanya standar sistem manajemen kualitas melainkan standar kualitas produk dan jasa.

5. Dampak Internasional

Bila mampu menawarkan produk atau jasa yang berkualitas selain di pasar local maka produk dan jasa yang ditawarkan juga akan dikenal dan diterima pasar internasional. Hal ini akan menimbulkan kesan yang baik terhadap perusahaan atau organisasi yang menghasilkan produk atau menawarkan jasa yang berkualitas.

6. Penampilan Produk dan Jasa

Kualitas akan membuat produk atau jasa dikenal sehingga membuat perusahaan atau organisasi yang menghasilkan produk atau menawarkan jasa juga dikenal dan dipercaya masyarakat luas.

7. Kualitas yang disarankan

Persaingan sekarang bukan lagi masalah harga melainkan kualitas produk dan jasa yang dihasilkan. Hal inilah yang mendorong konsumen untuk mau membeli produk atau barang dengan harga tinggi namun juga berkualitas tinggi.

Oleh karena itu, yang dimaksud kualitas bukan hanya kualitas produk atau jasa itu sendiri melainkan kualitas secara menyeluruh (*total quality*).

2.1.3 Pengaruh Kualitas

Suatu kualitas dari produk yang diciptakan oleh perusahaan tentunya memiliki alasan tertentu sehingga kualitas itu dapat tercipta dan membantu perusahaan dalam mencapai tujuannya, Heizer, J dan Render, B (2008) mengemukakan 3 alasan pentingnya kualitas bagi perusahaan agar terus bertahan:

1. Citra Perusahaan

Kualitas dari sebuah produk dapat mempengaruhi citra perusahaan. Kualitas yang baik dapat membuat citra perusahaan menjadi baik di hadapan konsumen karena kualitas juga mencerminkan citra perusahaan. Begitu pula sebaliknya, semakin buruk kualitas produk yang dimiliki perusahaan maka akan berdampak buruk bagi perusahaan dalam jangka waktu panjang, apabila tidak segera diatasi.

2. Keandalan Produk

Kualitas produk yang baik dan handal dapat meningkatkan loyalitas konsumen. Konsumen yang menyukai produk yang diciptakan oleh perusahaan biasanya akan merasa terpuaskan dan akan membeli kembali produk tersebut. Hal tersebut dapat membuat perusahaan lebih percaya diri dalam mengembangkan kualitasnya.

3. Keterlibatan Global

Perusahaan yang ingin terus berkembang, perkembangan kualitas diperlukan dalam bersaing secara efektif didalam ekonomi global, terlebih dengan

masa dimana teknologi menjadi semakin canggih, perusahaan pada akhirnya akan dituntut untuk selalu memenuhi harapan kualitas, desain dan harga global.

Jadi dengan terbentuknya kualitas produk yang sesuai dengan harapan perusahaan dan konsumen akan memberikan pengaruh baik positif dan negative terhadap kinerja perusahaan. Dengan demikian, perusahaan harus melakukan pengawasan terhadap kualitas produk atau jasa yang diciptakannya agar dapat terus diterima oleh konsumen.

2.2 *Paving Blok*

Paving block adalah komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen, agregat halus seperti pasir, dan air. Agregat yang digunakan biasanya dengan atau tanpa campuran bahan lain yang tidak mengurangi kualitas *paving block* biasa digunakan sebagai alternative penutup atau perkerasan permukaan tanah. *Paving block* memiliki beragam variasi bentuk dan ukuran sesuai kebutuhan pengguna. *Paving block* digunakan sesuai dengan kebutuhannya yaitu untuk menutupi permukaan tanah seperti pada lahan parkir, tanam , area pedestrian, halaman rumah, halaman sekolah dan sebagainya. *Paving block* adalah suatu bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen atau bahan perekat hidrolis lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu dari beton tersebut (SNI 03-0691-1996).

2.2.1 Jenis dan Ukuran *Paving Block*

Klasifikasi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 *paving block*, diklarifikasikan kedalam 4 macam berdasarkan mutu dan penggunaannya, yaitu:

1. *Paving block* mutu A : digunakan untuk jalan

2. *Paving block* mutu B : digunakan untuk pelantaran parkir
3. *Paving block* mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
4. *Paving block* mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lainnya.

Jenis-jenis *paving block* yaitu bata, hexagon, cacing, trihex, grassblock, kansteen, antic dan uskup.

Tabel 2. 1 Sifat-sifat fisis *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Penyerapan Air rata-rata maksimal
	Rata-rata	Min	
A	40	35	3
B	20	17	6
C	15	12,5	8
D	10	8,5	10

Sumber. SNI 03-0691-1996

Keterangan:

- a. *Paving block* mutu A digunakan untuk perkerasan jalan. *Paving block* mutu A diatas disyaratkan kuat tekan minimal 35 MPa dan rerata 40 MPa.
- b. *Paving block* mutu B digunakan untuk area parkir. *Paving block* mutu B diatas disyaratkan kuat tekan minimal 17 MPa dan rerata 20 MPa.
- c. *Paving block* mutu C digunakan untuk trotoar. *Paving block* mutu C diatas disyaratkan kuat tekan minimal 12,5 MPa dan rerata 15 MPa.
- d. *Paving block* mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain. *Paving block* mutu D diatas disyaratkan kuat tekan minimal 8,5 MPa dan rerata 10 MPa.

2.3 Bahan Penyusun *Paving Block*

Semen, pasir dan air merupakan bahan-bahan penyusun *paving block* dalam proporsi tertentu, tetapi dalam tujuan tertentu untuk tahapan pembuatannya menggunakan bahan tambahan seperti cangkang kerang, sekam padi dan lain-lain.

2.3.1 Semen

Semen didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen sebagai bahan pengikat adukan beton pada penelitian ini dipilih semen padang. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 40 kg. Fungsi semen adalah untuk mengikat agregat butiran menjadi padatan. Saat dicampur dengan air, semen membentuk campuran pasta yang dicampur dengan pasir dan air untuk membentuk adukan semen.

2.3.2 Pasir

Pasir (Agregat halus) adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07-5 mm. Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan.

2.3.3 Air

Sari (2015) menyatakan bahwa air merupakan suatu bagian yang menentukan dalam campuran atau pengolahan bahan bangunan. Air diperlukan

untuk memicu proses kimiawi *paving block* yaitu bersenyawa dengan semen. Air berfungsi untuk reaksi semen memulai pengikatan serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan didapatkan. Air juga berfungsi untuk membasahi agregat sampai keadaan jenuh. Dengan peningkatan faktor air semen, maka jumlah air yang tersisa lebih banyak. Air akan mengisi ruang antar partikel sehingga adukan lebih encer. Hal ini dapat meningkatkan kemudahan pengerjaan dan pemadatan.

2.4 Material Tambahan yang Digunakan pada *Paving Block*

Material tambahan adalah campuran bahan yang dicampurkan dengan bahan baku pada produk yang ingin diproduksi. Fungsi bahan tambahan salah satunya yaitu untuk menghemat biaya produksi.

2.4.1 Kerang Lokan

Menurut Gimin (2004), kerang lokan (*Geloina expansa*) merupakan kerang bivalvia yang hidup di ekosistem mangrove, khususnya pada paparan lumpur dengan ukuran dapat mencapai 11 cm. Secara umum, fungsi ekosistem mangrove bagi kerang lokan diantaranya sebagai tempat berlindung, bernaung dan mencari makan. Degradasi atau kerusakan ekosistem mangrove dapat berpengaruh pada pertumbuhan kerang lokan.

2.4.1.1 Serbuk cangkang kerang

Menurut Mulyati (2014), proses pembuatan serbuk cangkang kerang lokan (SCK) untuk mempermudah dalam pembuatan *paving block* sebagai material tambahan. Cangkang kerang memiliki tekstur yang keras, dapat dihancurkan menjadi serbuk sama dengan ukuran butiran pasir yang memiliki bentuk pipih dan

menyudut serta permukaan yang kasar. Rakhmawati, A (2010), melakukan penelitian menggunakan cangkang kerang sebagai bahan substitusi agregat untuk pembuatan *paving block*.

2.4.2 Sekam Padi

Hartono (2003) menyatakan bahwa sekam padi adalah bagian terluar dari butiran padi (kulit padi). Sekam padi dapat dianggap sebagai produk sampingan agroindustry yang berasal dari penggilingan padi. Sisa-sisa tanaman ini mewakili sekitar 20% berat padi yang dipanen. Abu sekam padi mengandung silica dalam bentuk amorphous dan mempunyai sifat pozzolan aktif. Adanya sifat pozzolan aktif ini menandakan bahwa abu sekam padi dapat bereaksi dengan media air membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Pemanfaatan abu sekam padi sebagai bahan agregat atau pengisi alternative dalam pembuatan paving block dapat meningkatkan nilai ekonomi sekam padi.

2.5 Desain Eksperimen

Desain eksperimen (percobaan) adalah evaluasi serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Soejanto, 2009). Pada umumnya desain eksperimen bertujuan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu rancangan percobaan.

Ada 4 prinsip dasar yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan validitas eksperimen, yaitu:

1. Replikasi
2. Randomisasi

3. Kontrol Internal
4. Perlakuan Pemanding

2.6 Metode Taguchi

Metode Taguchi pertama kali ditemukan oleh Dr. Genchi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Beliau mengembangkan metode Taguchi untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Metode Taguchi merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut *Robust Design*. Metode Taguchi merupakan *off-line quality control*, artinya pengendalian kualitas yang preventif untuk desain produk atau proses sebelum sampai pada tingkat *shop floor* dan juga dilakukan pada saat awal dalam *life cycle product* yaitu perbaikan pada awal untuk menghasilkan produk. Adapun filosofi Taguchi terdiri dari 4 konsep, yaitu:

1. Kualitas seharusnya didesain pada produk mulai dari awal proses tidak hanya dengan inspeksi yang biasa disebut *off-line strategy*.
2. Kualitas yang maksimal dapat dicapai dengan meminimasi deviasi dari target, bukan dari kesalahan untuk menguatkan spesifikasinya.
3. Kualitas tidak hanya didasarkan pada karakteristik produk, kenampakan produk hanya bervariasi harga dan kesan dipasaran.

4. Biaya kualitas seharusnya diukur sebagai fungsi dari variasi *performance* produk.

2.6.1 Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi

Kelebihan dari penggunaan metode Taguchi adalah:

1. Dapat mengurangi jumlah pelaksanaan percobaan jika dibandingkan dengan menggunakan percobaan *full factorial*, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya.
2. Dapat melakukan penghematan terhadap rata-rata dan variasi karakteristik kualitas sekaligus, sehingga ruang lingkup pemecahan masalah lebih luas.
3. Dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas melalui perhitungan *Avarage* dan Rasio S/N, sehingga faktor-faktor yang berpengaruh tersebut dapat diberikan perhatian khusus.

Sedangkan kekurangan dari metode Taguchi ini adalah:

1. Apabila percobaan ini dilakukan dengan banyak faktor dan interaksi, akan terjadi pembauran beberapa interaksi oleh faktor utama. Akibatnya, keakuratan hasil percobaan akan berkurang, jika interaksi yang diabaikan tersebut memang benar-benar berpengaruh terhadap karakteristik yang diamati.

2.6.2 Desain Eksperimen Taguchi

2.6.2.1 Tahap perencanaan eksperimen

Tahap eksperimen merupakan tahap perumusan masalah, penetapan tujuan eksperimen, penentuan variable tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variable bebas), pemisahan faktor control dan faktor gangguan, penentuan jumlah level

dan nilai level faktor, letak dalam kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan dan pemilihan matriks orthogonal.

1. Perumusan masalah

Langkah pertama adalah merumuskan masalah/ mendefinisikan masalah atau focus yang akan diselidiki dalam eksperimen.

2. Tujuan eksperimen

Tujuan yang melandasi eksperimen harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat masalah yang kita amati.

3. Penentuan variable tak bebas

Dalam merencanakan suatu eksperimen harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas mana yang akan diselidiki. Dalam eksperimen Taguchi variabel tak bebas adalah karakteristik kualitas yang terdiri dari tiga kategori, yaitu karakteristik yang dapat diukur contohnya temperatur, berat, tekanan dan lain-lain. Karakteristik atribut contohnya retak, jelek, baik dan lain-lain. Karakteristik dinamik merupakan fungsi representasi dari proses yang diamati. Proses yang diamati digambarkan sebagai signal dan output digambarkan sebagai hasil dari signal. Sebagai contoh adalah sistem transmisi otomatis dengan input putaran mesin dan output adalah perubahan getar.

4. Identifikasi faktor-faktor (variabel bebas)

Identifikasi variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diteliti adalah:

- a. *Brainstorming*
- b. *Flowchart*
- c. Diagram sebab-akibat
5. Pemisahan faktor kontrol dan faktor genggam

Faktor-faktor yang diamati terbagi atas faktor control dan faktor gangguan.

Dalam metode Taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua tersebut berbeda. Faktor control adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan. Sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang tidak bisa diatur atau bila diatur akan membutuhkan biaya yang tinggi.

6. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor

Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan ongkos pelaksanaan eksperimen. Makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Tetapi banyaknya level akan meningkatkan jumlah pengamatan sehingga menaikkan ongkos eksperimen.

7. Perhitungan derajat kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.

8. Pemilihan matriks orthogonal

Pemilihan matriks orthogonal yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap-tiap faktor. Penentuan ini akan

mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan jenis matriks orthogonal yang dipilih.

9. Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks orthogonal

Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks orthogonal

Taguchi menyatakan grafik linier dan table triangular untuk memudahkan peletakan faktor dan interaksi untuk setiap matriks orthogonal.

2.6.2.2 Tahap pelaksanaan eksperimen

Pelaksanaan eksperimen meliputi penentuan jumlah replikasi eksperimen dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

1. Jumlah replikasi

Replikasi adalah perulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Rekapitulasi dilakukan untuk tujuan:

- a. Menambah ketelitian data eksperimen
- b. Mengurangi tingkat kesalahan pada eksperimen
- c. Memperoleh harga taksiran kesalahan eksperimen sehingga memungkinkan diadakannya uji signifikan hasil eksperimen.

2. Randomisasi

Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk:

- a. Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen.
- b. Menberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh dari perlakuan yang sama.

- c. Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas satu sama lain. Jika replikasi dengan tujuan untuk meningkatkan dilakukan uji signifikann, maka randomisasi bertujuan menjadikan uji tersebut valid dengan menghilangkan sifat bias.

2.6.2.3 Tahap Analisa

Pada analisa dilakukan perhitungan dan pengujian data dengan statistic seperti analisa variansi, tes hipotesa dan penerapan data hasil eksperimen.

1. Analisa varians Taguchi

Analisa varians adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistika. Analisi ini merupakan teknik menganalisis dengan menguraikan seluruh (total) variansi atas bagian-bagian yang diteliti. Analisis varians untuk suatu matriks ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing kolom. Untuk analisi varians dua arah adalah data eksperimen yang terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih.

2. Uji F

Hasil analisis varians tidak membuktikan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh faktor dalam percobaan, pembuktian ini dilakukan uji hipotesa F. Uji hipotesa F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi *error*. Variansi *error* adalah variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan. Apabila nilai *F test* lebih kecil dari nilai *F* tabel ($F_{hitung} < F_{tabel}$), maka hipotesa (H_0) diterima atau berarti tidak ada perlakuan.

3. Rasio S/N

Rasio S/N (*Signal-To-Noise*) digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data kedalam suatu nilai yang merupakan ukuran variasi yang timbul.

2.7 Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*)

Matriks Ortogonal (*Orthogonal Array*) adalah matriks fraksional factorial yang memiliki perbandingan saraf dari faktor yang seimbang. Elemen-elemen matriks orthogonal disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor dalam percobaan. Baris merupakan kombinasi dari taraf faktor dalam percobaan. Matriks disebut orthogonal karena semua kolom dapat dievaluasi secara independen satu sama lain. Dalam metode Taguchi matriks orthogonal yang digunakan adalah matriks orthogonal yang bisa disimbolkan sebagai (Soejanto, 2009)

$$L_p(q^r) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

p = Jumlah percobaan yang dilakukan.

q = Jumlah taraf tiap faktor

r = Jumlah faktor

Misalkan $L_9(3^4)$ merupakan matriks yang menggambarkan suatu percobaan yang dijalankan sebanyak Sembilan kali dengan taraf masing-masing faktor sebanyak tiga dan jumlah kolom matriks orthogonal sebanyak empat.

Sehingga derajat bebas dari matriks orthogonal dapat diperoleh dengan cara (Soejanto, 2009):

$$\text{Derajat bebas matriks orthogonal} = r \times (q-1) \dots\dots\dots(2.2)$$

2.7.1 Pemilihan dan Penggunaan Matriks Ortogonal

Keuntungan matriks ortogonal adalah kemampuan untuk mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah run sedikit. Matriks ortogonal telah menyediakan berbagai matriks untuk pengujian faktor-faktor dengan dua dan tiga taraf dengan kemungkinan pengembangan untuk pengujian multiple taraf (Wuryandri, dkk 2009). Rancangan tersebut mengambil fraksional percobaan yang dibentuk didalam kolom-kolom matriks orthogonal. Kolom-kolom matriks ortogonal digunakan untuk mengestimasi semua faktor utama dan beberapa (tidak semuanya) efek interaksi. Kondisi perlakuan dipilih sedemikian hingga tetap menjaga ortogonalitas diantara beragam faktor utama dan iteraksi. Matriks ortogonal memerlukan pengujian yang lebih sedikit dalam mengevaluasi beberapa faktor sehingga memberikan percobaan yang lebih efisien dengan tetap tidak kehilangan informasi dari percobaan yang diamati.

Matriks Ortogonal dirumuskan dalam bermacam-macam tabel matriks ortogonal yang diberi simbol L_k . Huruf k menyatakan banyaknya baris yang sama dengan banyaknya percobaan yang dilakukan. Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai yaitu jika derajat bebas dalam matriks ortogonal lebih besar atau sama dengan dari jumlah derajat bebas total (Soejanto, 2009). Derajat bebas total yang dibutuhkan dalam percobaan merupakan jumlah dari seluruh derajat bebas faktor utama dan atau beberapa interaksi yang diamati. Sedangkan taraf faktor pengamatan digunakan sebagai rancangan percobaan. Andaikan faktor A, B, C,

dan D mempunyai masing-masing a, b, c, dan d taraf, maka derajat bebas faktor A = $V_a = a-1$, derajat bebas faktor B = $V_b = b-1$, derajat bebas faktor C = $V_c = c-1$, derajat bebas faktor D = $V_d = d-1$. Dengan demikian jumlah total derajat bebasnya adalah:

$$V_{total} = (a-1) + (b-1) + (c-1) + (d-1) \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk memilih matriks ortogonal yang cocok atau sesuai dengan eksperimen dilakukan perhitungan derajat kebebasan untuk eksperimen yang akan dilakukan dan terhadap matrik ortogonal pada level tertentu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Derajat kebebasan} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level-1}) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dasar untuk mendesain eksperimen dengan menggunakan metodologi Taguchi adalah matriks ortogonal. Berikut dari matriks orthogonal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$

Percobaan	Faktor			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	1
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Sumber: Soejanto (2009)

2.8 Ratio Signal To Noise (S/N)

Ratio Signal To Noise (S/N) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu respon. Taguchi menciptakan transformasi dari pengulangan data kenilai lain yang merupakan ukuran variasi yang ada. Transformasinya adalah *signal to noise ratio* atau rasio S/N. karakteristik kualitas adalah sesuatu yang menjadi objek dan perhatian dari suatu produk dan proses. Taguchi mendefenisikan:

$$\text{S/N rasio} = \frac{\text{power of signal}}{\text{power of noise}} = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka signal masuk kedalam sistem dan output sesuai hasil, namun terdapat gangguan (*noise*) yang mengganggu system sehingga tujuan tidak selalu tercapai dan menghasilkan karakteristik kualitas. Karakteristik kualitas dapat diklasifikasikan menurut nilai target yaitu:

1. *Nominal Is The Best*

$$\text{S/N rasio} = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Agar dipakai dalam konsep statistika, maka *signal* dan *noise* diganti dengan estimasi $\hat{\mu}^2$ dan $\hat{\sigma}^2$, dapat diketahui:

$$\hat{\sigma}^2 = V = S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{(n-1)}$$

$$\hat{\mu}^2 = \frac{1}{n} (S_m - V), \quad S_m = \frac{(\sum y_i)^2}{n} = n\bar{y}^2$$

Sehingga S/N = $\frac{\frac{1}{n}(S_m - v)}{v} \dots \dots \dots (2.7)$

Jika *noise* (V) semakin kecil dan signal ($\frac{1}{n} (S_m - v)$) semakin besar, maka nilai S/N akan naik. Jika nilai, $S_m = \frac{(\sum y_i)^2}{n} = n\bar{y}^2$ maka persamaan 2.7 akan menjadi:

$$S/N = \frac{\bar{y}^2 - \frac{V}{n}}{V} \dots\dots\dots(2.8)$$

Jika n cukup besar nilai $\frac{V}{n}$ dapat diabaikan, sehingga persamaan 2.8 menjadi:

$$S/N = \frac{\bar{y}^2}{V} \dots\dots\dots(2.9)$$

Taguchi merekomendasikan untuk menggunakan logaritma S/N dikaitkan 10 sebagai bentuk ratio dalam desibel (dB).

Defenisi:

Desibel mengekspresikan suatu perbandingan, perbandingan tersebut dapat berupa daya (level diukur dalam watts atau miliwatts), tekanan suara, tegangan atau hal-hal lainnya. Nilai desibel adalah $10 \times$ logaritma perbandingan (Alexander Graham Bell, 2012). Sehingga bentuk persamaan *signal to noise* menjadi:

$$S/N \text{ rasio} = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{V} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

Signal noise dalam ratio desibel (dB) dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan jika nilai persamaan 2.1 relatif besar dan penggunaan *signal noise* dalam ratio desibel (dB) tidak mempengaruhi pada analisis hasil yang dihasilkan.

2. *Smaller Is Better*

Untuk *Smaller is better* nilai target yang diharapkan mendekati nol, sehingga diasumsikan $y_0 = 0$ maka dalam kasus ini dapat menggunakan S/N rasio

$$= 10 \log \frac{\frac{1}{n}(S_m - v)}{v} \text{ dengan alasan jika nilai } y_i \text{ tidak selalu bernilai positif (bisa}$$

positif maupun negatif), maka akan memungkinkan nilai $S_m < V$ yang mengakibatkan nilai pada persamaan 2.1 bisa bernilai negatif sehingga tidak bisa dilogaritmakan, alasan yang kedua jika nilai rata-rata lebih besar dari pada nilai target maka akan mengakibatkan S/N tidak dapat menggambarkan keadaan yang baik. Sehingga kasus ini Taguchi merekomendasikan untuk menggunakan pendekatan fungsi kerugian untuk karakteristik kualitas *the smaller is better* dengan alasan dalam fungsi kerugian tidak terdapat perhitungan nilai rata-rata, hanya nilai dari karakteristik kualitas (y) dan nilai dari target (y_0), sehingga bentuk persamaannya:

$$L(y) = k(y - y_0)^2 \dots \dots \dots (2.11)$$

$E(y) = y_0$ maka

$$\begin{aligned} E(L(y)) &= k E((y - y_0)^2) = k [E(y^2 - 2yy_0 + y_0^2)] \\ &= k [E(y^2 - 2y_0 E(y) + E(y_0^2))] = k [E(y^2) - 2y_0^2 + y_0^2] \\ &= k [E(y^2 - y_0^2)] \dots \dots \dots (2.12) \end{aligned}$$

Karena karakteristik kualitasnya adalah *smaller the better* nilai target yang diharapkan mendekati nol, sehingga diasumsikan $y_0 = 0$. Sehingga persamaan 2.5 menjadi:

$$L(y) = k E(y^2) \dots \dots \dots (2.13)$$

$L = k E(y^2)$, jika $y_{111}, y_{112}, \dots, y_{qpn}$, maka $E(y^2) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N (y_{ijk})^2$

Nilai S/N yang diharapkan adalah yang lebih besar lebih baik, sehingga nilai S/N untuk karakteristik *the smaller is better* dalam ratio desibel yaitu:

$$S/N = -10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N (y_{ijk})^2 \dots \dots \dots (2.14)$$

3. *Larger Is Better*

Sejalan dengan karakteristik *smaller is better*, dalam kasus ini nilai target y_0 juga diasumsikan nol, karena untuk karakteristik *larger is better* nilai target yang diharapkan adalah semakin besar (bisa menuju ∞), karena dalam *larger is better* berasal dari invers karakteristik *smaller is better*. Invers = $\frac{1}{y}$, sehingga $y_0 =$

$\frac{1}{\infty} = 0$, maka $L = k E \left(\frac{1}{y^2} \right)$, jika $\frac{1}{y_{111}}, \frac{1}{y_{112}}, \frac{1}{y_{113}}, \dots, \frac{1}{y_{ijk}}$ maka:

$$E \left(\frac{1}{y^2} \right) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N \frac{1}{y^2_{ijk}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sehingga nilai S/N untuk karakteristik *the larger is better* dalam satuan desibel yaitu:

$$S/N \text{ rasio} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^N \frac{1}{y^2_{ijk}} \dots\dots\dots(2.16)$$

2.9 Pengertian *Analysis of Variance* (ANOVA)

Anova merupakan singkatan dari *Analysis of variance*. Anova ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ahli statistik bernama Ronald Fisher. Merupakan prosedur uji statistik yang mirip dengan *t test*. Namun kelebihan dari Anova adalah dapat menguji perbedaan lebih dari dua kelompok. Berbeda dengan *independent sample t test* yang hanya bisa menguji perbedaan rata-rata dari dua kelompok saja. Soejanto (2009) mengatakan bahwa analisis variansi atau analisis ragam adalah suatu metode untuk menganalisis keragaman (variasi) dari suatu respon dan membagi menjadi komponen-komponen yang mengukur sumber variansi yang diketahui dan sisanya dikaitkan dengan error random. Sumber variasi tersebut dikaitkan dengan variabel-variabel bebasnya, yaitu faktor-faktor yang dicobakan.

Menurut Belavendram, N. (1995), analisis variansi (ANOVA) merupakan suatu metode pengambilan keputusan berdasarkan informasi statistik untuk mengetahui perbedaan hasil dari suatu perlakuan. Jenis data atribut presentasi cacat dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Attribute Data*. Penggunaan ANOVA pada metode Taguchi adalah digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil eksperimen. Sedangkan untuk jenis data hasil pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Variable Data*.

Analisis variansi dua arah pada metode Taguchi adalah data dan percobaan terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua taraf atau lebih. Segugus pengamatan dapat diklarifikasikan menurut dua kriteria yg di susun menurut r baris dan c kolom.

Tabel 2.3 Desain Faktorial Dengan Dua Faktor Dari Replikasinya

		Taraf Dari Faktor B				Sum	Mean	
		B_0	B_1	...	B_m			
Taraf dari faktor A	A_0	y_{000}	y_{010}		y_{0m0}	$T_{0..}$	$\bar{Y}_{0..}$	
				
		.	.		.			
			y_{00r}	y_{01r}		y_{0mr}		
	A_1	y_{100}	y_{110}		y_{1m0}	$T_{0..}$	$\bar{Y}_{1..}$	
				
		.	.		.			
			y_{10r}	y_{11r}		y_{1mr}		
			
			
			
	A_l	y_{l00}	y_{l10}		y_{lm0}	$T_{0..}$	$\bar{Y}_{l..}$	
.					
.		.		.				
		y_{l0r}	y_{l1r}		y_{lmr}			
Sum		$T_{.0.}$	$T_{.1.}$		$T_{.m.}$	T		
Mean		$\bar{Y}_{.0.}$	$\bar{Y}_{.1.}$		$\bar{Y}_{.m.}$		\bar{Y}	

Model pengamatan yang mewakili keadaan pengamatan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan:

- i = 0,1,...,l
- j = 0,1,...,m
- k = 0,1,...,r
- μ = rata-rata keseluruhan
- α_i = efek faktor A taraf ke i
- β_j = efek faktor B taraf ke j
- $\varepsilon_{ijk} \text{ IID } N(0, \sigma^2)$

Sedangkan model pengamatan pada rancangan percobaan dengan empat faktor tanpa interaksi antar faktor adalah:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \varepsilon_{ijklm} + \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan:

- i = 0,1,...,l
- j = 0,2,...,o
- k = 0,2,...,p
- l = 0,1,...,q
- m = 0,1,...,r
- μ = rata-rata keseluruhan
- α_i = efek faktor A taraf ke i
- β_j = efek faktor B taraf ke j
- γ_k = efek faktor C taraf ke k
- δ_l = efek faktor D taraf ke l

$$\varepsilon_{ijklm} \text{ IID } N(0, \sigma^2)$$

Didalam ANOVA, besaran seperti derajat bebas, jumlah kuadrat, rata-rata kuadrat, dan sebagainya dihitung dan diorganisasi dalam format tabel standar.

Tabel 2.4 ANOVA Dua Arah Objek

Sumber Variasi	Db	SS	MS	F- hitung
Faktor A	v_A	SS_A	MS_A	MS_A / MS_{error}
Faktor B	v_B	SS_B	MS_B	MS_B / MS_{error}
Faktor C	v_C	SS_C	MS_C	MS_C / MS_{error}
Faktor D	v_D	SS_D	MS_D	MS_D / MS_{error}
Error	v_{error}	SS_{error}	MS_{error}	
Total	v_r	SS_r		

Dengan:

Jumlah taraf faktor A = a

Jumlah taraf faktor B = b

Jumlah taraf faktor C = c

Jumlah taraf faktor D = d

Banyaknya keseluruhan pengamatan = N

Derajat bebas faktor A = $v_A = a-1$

Derajat bebas faktor B = $v_B = b-1$

Derajat bebas faktor C = $v_C = c-1$

Derajat bebas faktor D = $v_D = d-1$

Derajat bebas total = $v_r = N-1$

Derajat bebas error = $v_{error} = v_r - v_A - v_B - v_C - v_D$

Faktor koreksi = $CF = \frac{T^2}{N}$

Jumlah seluruh pengamatan = $T = \sum_{i=1}^N y_i$

$$\text{Jumlah kuadrat total} = SS_T = \sum_{i=1}^N y_i^2 - CF$$

$$\text{Jumlah kuadrat faktor A} = SS_A = \sum_{i=1}^a \left(\frac{A_i^2}{n_{Ai}} \right) - CF$$

$$\text{Jumlah kuadrat faktor B} = SS_B = \sum_{j=1}^b \left(\frac{B_j^2}{n_{Bj}} \right) - CF$$

$$\text{Jumlah kuadrat faktor C} = SS_C = \sum_{k=1}^c \left(\frac{C_k^2}{n_{Ck}} \right) - CF$$

$$\text{Jumlah kuadrat faktor D} = SS_D = \sum_{l=1}^d \left(\frac{D_l^2}{n_{Dl}} \right) - CF$$

$$\text{Jumlah kuadrat error} = SS_{error} = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D$$

$$\text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor A} = MS_A = \frac{SS_A}{V_A}$$

$$\text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor B} = MS_B = \frac{SS_B}{V_B}$$

$$\text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor C} = MS_C = \frac{SS_C}{V_C}$$

$$\text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor D} = MS_D = \frac{SS_D}{V_D}$$

$$\text{Rata-rata jumlah kuadrat faktor error} = MS_{error} = \frac{SS_{error}}{V_{error}}$$

Dengan tabel ANOVA diatas maka dapat dilakukan pengujian terhadap perbedaan taraf dengan hipotesa sebagai berikut:

- Untuk taraf faktor A

$$H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_a = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor A)}$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \alpha_1 \neq 0$$

- Untuk taraf faktor B

$$H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_b = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor B)}$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0$$

- Untuk taraf faktor C

$$H_0 : Y_1 = \dots = Y_b = 0 \text{ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor C)}$$

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

- Untuk taraf faktor D

H_0 : $\delta_1 = \dots = \delta_d = 0$ (tidak ada pengaruh perlakuan faktor D)

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

Statistika Uji:

- Untuk taraf faktor A : $F_{hitung} = \frac{MS_A}{MS_{error}}$
- Untuk taraf faktor B : $F_{hitung} = \frac{MS_B}{MS_{error}}$
- Untuk taraf faktor C : $F_{hitung} = \frac{MS_C}{MS_{error}}$
- Untuk taraf faktor D : $F_{hitung} = \frac{MS_D}{MS_{error}}$

Kriteria penolakan:

- Taraf faktor A = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F\alpha (v_A, v_{error})$
- Taraf faktor B = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F\alpha (v_B, v_{error})$
- Taraf faktor C = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F\alpha (v_C, v_{error})$
- Taraf faktor D = Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F\alpha (v_D, v_{error})$

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian desain eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas *paving block* terhadap penambahan cangkang kerang dan sekam padi. Bahan yang digunakan pada penelitian pembuatan *paving block* ini adalah semen, pasir, air, serta bahan tambahan seperti cangkang kerang dan sekam padi. Dimana faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas *paving block* yaitu terhadap komposisi jumlah pada bahan yang digunakan pada pembuatan *paving block*.

3.2 Flowchart Penelitian

3.2.1 Studi Pendahuluan

Pendahuluan lapangan untuk melihat secara langsung proses penelitian dan data yang ada serta untuk mengetahui masalah-masalah yang terjadi dilapangan.

3.2.2 Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan mengamati secara langsung objek yang akan diteliti. Hal ini untuk mendapatkan data kualitas *paving block* pada saat melakukan penelitian.

3.2.3 Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi dan teori-teori pendukung dari beberapa jurnal penelitian, skripsi dan buku-buku yang berkaitan dengan metode Taguchi.

3.2.4 Identifikasi Masalah

Identifikasi dilakukan sebagai langkah awal penelitian, sehingga dapat dikatakan identifikasi merupakan cara mendefinisikan masalah dalam penelitian.

3.2.5 Perumusan Masalah

Rumusan masalah adalah tulisan singkat yang berisi pertanyaan tentang topik yang diangkat oleh penulis. Sehingga dengan rumusan masalah, penulis berusaha mencari jawaban atas pertanyaan yang dikemukakan, sehingga penelitian memiliki suatu kesimpulan.

3.2.6 Penetapan Tujuan

Penetapan tujuan adalah proses memutuskan apa yang ingin Anda capai. Biasanya melibatkan pengembangan rencana tindakan, dengan tujuan yang lebih kecil dipecah menjadi langkah-langkah yang dapat ditindaklanjuti, untuk memandu Anda mencapai tujuan itu.

3.2.7 Alat Yang Digunakan

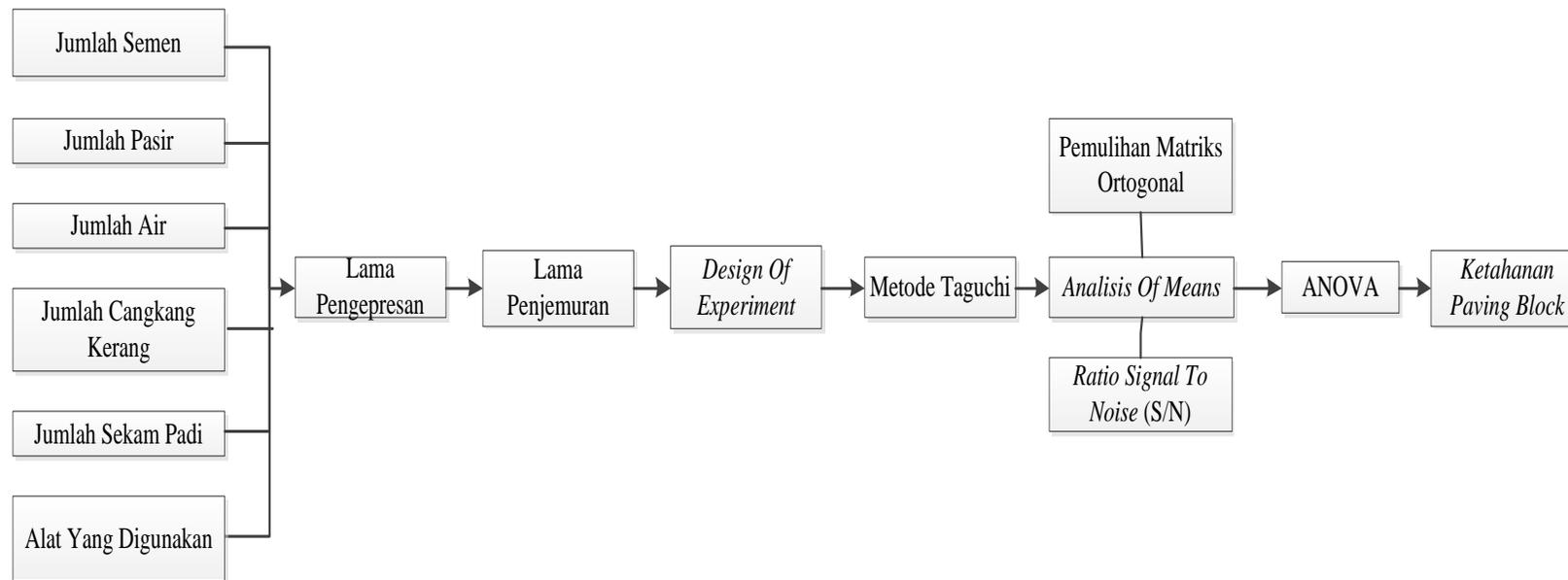
Alat yang digunakan pada pembuatan *paving block* yaitu:

- a. Ember digunakan untuk mengisi air,
- b. Sendok semen digunakan untuk mengisi bahan campuran yang sudah diaduk kedalam mesin pencetak *paving block* ,
- c. Cangkul digunakan untuk mengaduk semua bahan campuran,
- d. Cetakan digunakan untuk mencetak *paving block*,
- e. Mesin press *paving block* digunakan untuk pembuatan *paving block*.

3.2.8 Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah mencari, mencatat dan mengumpulkan semua secara objektif dan apa adanya sesuai dengan hasil observasi dan wawancara

dilapangan. Kerangka konseptual penelitian adalah suatu hubungan atau kaitan antara konsep satu terhadap konsep yang lainya dari masalah yang ingin diteliti. Dimana kerangka ini dirumuskan untuk menjelaskan konstruksi aliran logika untuk mengkaji secara sistematis kenyataan empirik. Berikut kerangka konseptual dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Konseptual

Pada langkah ini dijelaskan pengumpulan data untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

a. Indikasi Faktor-Faktor Berpengaruh

Pada tahap ini menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas tahu, penelitian ini hanya dibatasi pada faktor-faktor berpengaruh terkendali, sehingga faktor-faktor lain dianggap tidak signifikan.

b. Penentuan *Setting Level* Faktor

Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan dua *setting level* agar diperoleh hasil yang sesuai dari penelitian ini, maka ditentukan beberapa prosedur kerja dari proses produksi yang menjadi faktor berpengaruh terhadap proses produksi. Tahap ini merupakan penentuan jumlah faktor dan level yang tepat agar tujuan dari penelitian bisa tercapai untuk menentukan komposisi yang tepat pada produk tahu.

c. Penentuan *Orthogonal Array* dan Jumlah Eksperimen

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui derajat kebebasan dalam memilih tabel matriks ortogonal. Tabel matriks ortogonal didapat dari faktor dan level yang telah ditentukan sebelumnya.

3.2.9 Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan perhitungan data yang telah diperoleh pada saat tahap pengumpulan data. Berikut adalah tahap pengolahan data yang dilakukan oleh peneliti.

a. Melaksanakan Eksperimen

Dalam tahapan melakukan eksperimen ini yaitu melakukan desain eksperimen dengan proses produksi yang sesuai matriks ortogonal yang sudah dipilih.

b. Menghitung *Signal To Noise Rasio*

Menghitung *signal to noise rasio* yaitu untuk meminimalkan sensitifitas fungsi produk terhadap *noise* faktor yang mana perhitungannya sesuai dengan karakteristik kualitas yang dipilih. Dalam penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *small is better*.

c. Menghitung *Means*

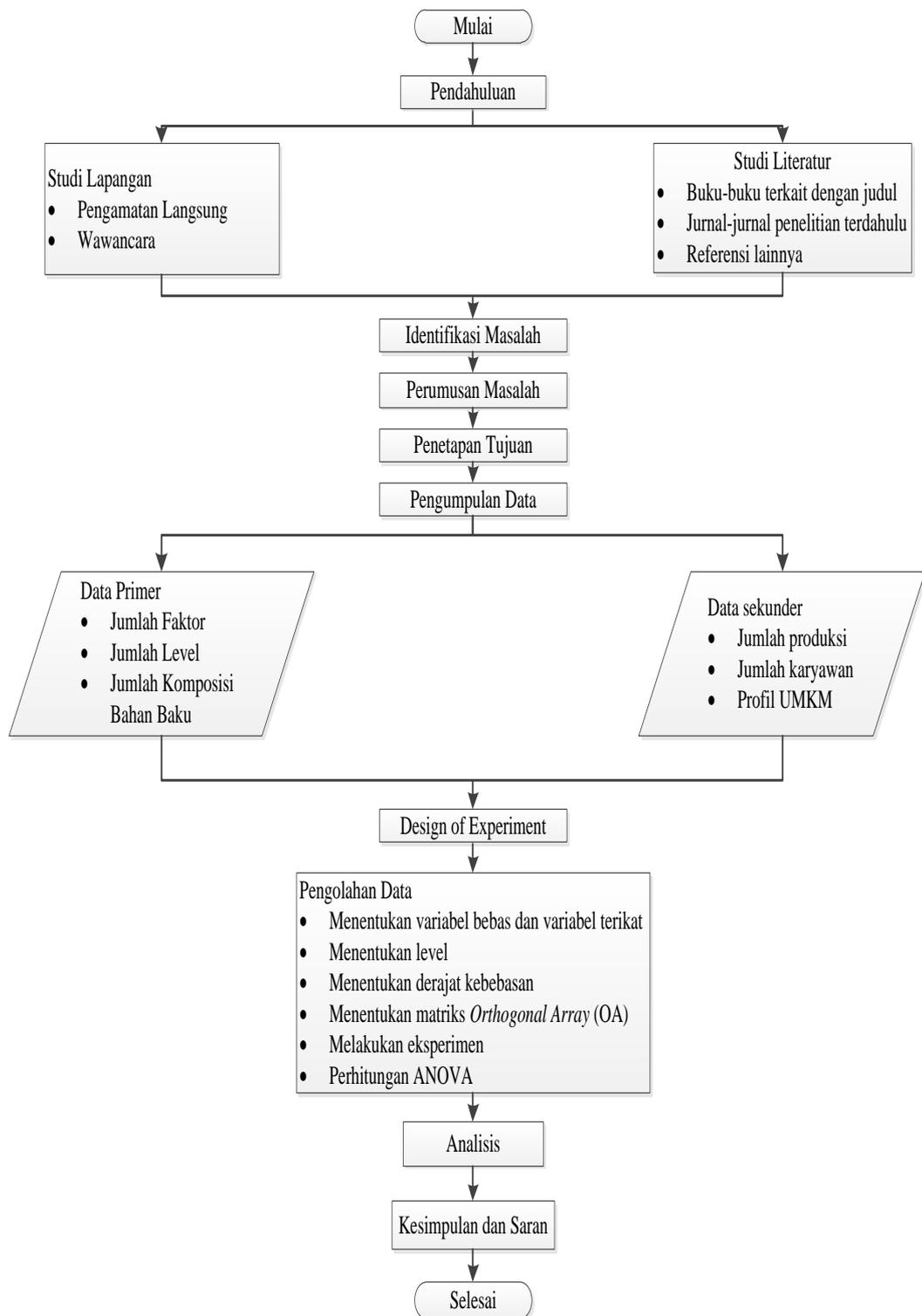
Perhitungan rata-rata untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata, hasil perhitungan dengan bantuan *software Microsoft excel*

3.2.10 Analisis

Hasil pengolahan data selanjutnya akan digunakan sebagai masukan untuk melakukan pemecahan masalah. Analisis pemecahan masalah dilakukan terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya sehingga dapat diketahui bahwa tahu perlu dilakukan pengoptimalan. Dimana hasil analisis dan evaluasi tersebut dapat dibuat usulan untuk mengoptimalkan kualitas pembuatan Tahu.

3.2.11 Kesimpulan dan Saran

Pengambilan keputusan hasil penelitian dilakukan pada tahap ini dengan mempertimbangkan hasil analisa dan pembahasan masalah yang telah dilakukan, serta faktor - faktor lain baik internal maupun eksternal, seperti saran - saran dari penulis, yang mungkin bermanfaat bagi pihak perusahaan.



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

Penelitian ini direncanakan selama 4 bulan, pada penelitian awal dilakukan selama 2 bulan yang dimulai dari penelitian langsung kelapangan, mencari referensi-referensi dari berbagai sumber mengenai topik yang akan diangkat sebagai proposal penelitian, dan sisa 2 bulan lagi direncanakan untuk penelitian akhir, dimana peneliti akan mengumpulkan serta mengolah data sampai mendapatkan hasil laporan akhir untuk disidangkan. *Timeline* ini bersifat sementara sehingga dapat berubah sewaktu-waktu selama pengerjaan laporan tugas akhir. *Time line* penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1 *Timeline* Penelitian

Aktivitas	Bulan																							
	Juni				Juli				Agustus				September				Oktober				November			
	Minggu																							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Lapangan																								
1.Pengamatan langsung																								
2.Wawancara																								
3.Observasi																								
Studi Literatur																								
1.Buku																								
2.Jurnal dan skripsi																								
3.Referensi lainya																								
Penyusunan skripsi																								
1. Pendahuluan																								
2.Landasan teori																								
3 Metodologi penelitian																								
Pengumpulan data																								
1.Data primer																								
2.Data sekunder																								
Pengolahan data																								
1.Menentukan variabel bebas dan variabel terikat																								
2.Menentukan level																								
3.Menentukan derajat kebebasan																								
4.Menentukan matriks <i>Orthogonal Array</i> (OA)																								
5.Melakukan eksperimen																								
6.Menentukan ANOVA																								
7.Analisis dan pembahasan																								
8.Kesimpulan dan saran																								
Skripsi																								

3.3 Posisi Penelitian

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Posisi Penelitian

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Metode				Hasil Penelitian
			Taguchi	FMEA	Seven Tools	SQC	
1.	Selvia Apriliyanti, Tolu Tamalika, dan Faizah Suryani (2019).	Optimasi parameter produksi batu bata ringan dari sekam padi menggunakan desain eksperimen Taguchi	✓	-	-	-	Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas kuat tekan pada bata ringan dari sekam padi yaitu rasio faktor antara semen, pasir, sekam padi dan waktu penjemuran.
2.	Adi i, A.Jabbar M.R, dan Elisabeth G(2013)	Aplikasi metode taguchi analisis dan failure mode and effect analisis (fmea) untuk perbaikan kualitas produk di pt. Xyz	✓	✓	-	-	Hasil penelitian menunjukkan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk lolly adalah suhu pendingin produk pada level 1 dengan suhu 140 C, kecepatan injeksi angin pada level 2 dengan kecepatan 25 m/s dan suhu injeksi bahan baku ke dalam cetakan pada level 1 dengan kecepatan 220 m/s. Hasil penerapan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

							diperoleh faktor yang paling berpengaruh dan paling besar penyebab kegagalan proses produksi yaitu suhu pendingin produk yang terlalu tinggi dengan nilai RPN terbesar 192.
3.	Gaustama , P., dan Alva, ET (2019)	Analisis Ukuran Pori Biokomposit (<i>Sericin</i> Bioplastik) pada Berbagai Suhu Pembekuan Awal Dengan Metode Taguchi	✓	-	-	-	Hasil penelitian untuk respon rata-rata dan SNR, maksimum pada 16g tepung tapioka, 0,03% sericin dan pembekuan -25°C. SEM menunjukkan pembekuan -25°C biokomposit C: 41,94 µm, F: 33,416 µm, dan I: 2,743 µm memenuhi syarat regenerasi jaringan kulit. Nilai prediksi dan interval kepercayaan rata-rata besar 11,656 µm dan kecil 54,602 µm, SNR besar 31,940 µm dan kecil 33,642 µm. Nilai konfirmasi secara eksperimental kondisi optimal diameter pori besar untuk rata-rata lebih besar dari 32.342 µm dan lebih kecil dari 34.206 µm, SNR lebih besar dari 32.342 µm dan kecil 34.206 µm. pembekuan I biokomposit -80 C muncul gugus fungsi C=O yang tidak ada dalam

							sampel lain
4.	Bakhtiar S, Suharto T dan Ria AH (2013)	Analisa pengendalian kualitas dengan menggunakan metode <i>statistical quality control</i> (SQC)	-	-	-	✓	Hasil penelitian dari ke 7 alat pengendalian kualitas yang telah dianalisa dapat diketahui bahwa penyebab penyimpangan kualitas pada UD. Mestika yaitu dari sekian kerusakan yang terjadi, yang paling berpengaruh adalah kerusakan pada botol jenis pecah dan retak disebabkan oleh 4 faktor yaitu manusia, material, metode dan proses serta tindakan pencegahan yang dapat dilakukan dari faktor manusia ialah memberikan arahan dan melakukan pengawasan yang ketat serta melakukan pelatihan pada karyawan. Faktor material ialah botol yang akan digunakan harus diperhatikan dengan baik, faktor metode ialah area gudang harus tertutup agar botol tidak terkena cahaya matahari langsung, dan faktor proses adalah Jangan terlalu lama merendam botol dalam air panas, agar tidak mengurangi ketahanan botol.
5.	Nina H, Raden RA,	Analisis <i>statistical quality</i>	-	-	-	✓	Hasil penelitian menunjukkan ada

	dan Eva L (2019)	<i>control</i> (SQC) pada produksi roti di aremania bakery					empat jenis kerusakan yaitu cacat gosong (A), cacat ukuran (B), cacat isi keluar (C), dan cacat kulit terkelupas (D). Hasil analisis dengan diagram sebab-akibat menunjukkan penyebab mutu roti kurang baik yaitu faktor tenaga kerja, metode, dan mesin. Terlihat dari diagram pareto, jenis kerusakan produk lebih dominan pada cacat ukuran sebesar 38,55%, hasil analisis peta kendali untuk jumlah total keluar sebesar 60% menunjukkan pengendalian mutu di Aremania Bakery masih diluar batas kendali. Tindakan yang dilakukan untuk mengurangi kerusakan yaitu membuat Standard Operating Procedure (SOP), modifikasi oven dengan menambahkan pengatur waktu dan suhu, menyediakan cetakan sesuai standar, memperhatikan banyak bahan sebagai isian, dan melapisi cetakan dengan mentega agar cetakan tidak lengket.
6.	Irwandi I, Ruri AS,	Pengendalian kualitas tempe	-	-	✓	-	Hasil penelitian disimpulkan bahwa

	Wulandari dan Uthumporn U (2016)	dengan metode <i>seven tools</i>					selama 20 kali pengamatan, nilai garis tengah (central line) adalah 3, nilai batas kontrol atas (UCL) adalah 5.6, dan nilai batas kontrol bawah (LCL) adalah 0.32. Dari hasil perhitungan tersebut maka dapat diketahui tidak adanya variasi proses yang berada diluar batas pengendalian (Out of Control) atau proses masih berada dalam batas pengendalian (In Control). Keadaan lingkungan juga menentukan jumlah produk cacat pada produksi tempe.
7.	Suci Murnita HR (2022)	Pemanfaatan material tambahan untuk meningkatkan kualitas <i>paving block</i> menggunakan metode taguchi (studi kasus: ud. Batu jaya bangunan).	✓	-	-	-	Hasil penelitian untuk respon rata-rata dan SNR, maksimum pada faktor B level 1 dengan nilai 17,220, faktor A level 2 dengan nilai 16,974, faktor E level 2 dengan nilai 16,370, faktor D level 2 dengan nilai 16,335 dan faktor C level 1 dengan nilai 16,004. Nilai prediksi dan interval kepercayaan rata-rata $17,540 \leq \mu_{predicted} \leq 20,534$, SNR $-1,163 \leq \mu_{predicted} \leq 51,987$. Nilai konfirmasi secara eksperimental kondisi optimal untuk rata-rata

								$16,523 \leq \mu_{confirmation} \leq 21,350$, SNR - $16,718 \leq \mu_{confirmation} \leq 54,590$.
--	--	--	--	--	--	--	--	--

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Penetapan Level dan Faktor

Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan 2 *setting level* faktor. Level faktor yang dipakai dalam eksperimen diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4.1 *Setting level faktor*

Faktor	Level	
	1	2
Semen (A)	1500 gr	1500 gr
Pasir (B)	4000 gr	4000 gr
Air (C)	100 ml	100 ml
Cangkang Kerang (D)	150 gr	250 gr
Sekam Padi (E)	150 gr	250 gr

Tabel 4.2a Komposisi Campuran Material

Kode Percobaan	Komposisi Material
P ₁	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₂	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₃	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₄	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr
P ₅	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₆	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₇	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr

Tabel 4.2b Komposisi Campuran Material (*Lanjutan*)

Kode Percobaan	Komposisi Material
P ₈	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr
P ₉	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₁₀	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₁₁	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₁₂	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr
P ₁₃	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₁₄	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₁₅	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₁₆	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr
P ₁₇	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₁₈	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr +sekam padi 250 gr
P ₁₉	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml +cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₂₀	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr
P ₂₁	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₂₂	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₂₃	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₂₄	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr
P ₂₅	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₂₆	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₂₇	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₂₈	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr

Tabel 4.2c Komposisi Campuran Material (*Lanjutan*)

Kode Percobaan	Komposisi Material
P ₂₉	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 150 gr
P ₃₀	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 150 gr + sekam padi 250 gr
P ₃₁	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 150 gr
P ₃₂	Semen 1500 gr + Pasir 4000 gr + Air 100 ml + cangkang kerang 250 gr + sekam padi 250 gr

4.1.2 Penentuan *Degree of Freedom*

Untuk mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen. *Degree of Freedom* (DOF) dapat dihitung dengan menggunakan Pers 2.3. dimana untuk mendapatkan DOF dilakukan dengan cara jumlah level dikurangi 1 dan ini berlaku disemua faktor. Berikut ini merupakan perhitungan jumlah *Degree of Freedom* (DOF) untuk masing-masing faktor.

$$\text{DofA} = 2 - 1 = 1$$

$$\text{DofB} = 2 - 1 = 1$$

$$\text{DofC} = 2 - 1 = 1$$

$$\text{DofD} = 2 - 1 = 1$$

$$\text{DofE} = 2 - 1 = 1$$

Tabel 4.3 Perhitungan derajat kebebasan

Faktor		DOF
Kode	Nama	
A	Semen	1
B	Pasir	1
C	Air	1
D	Cangkang Kerang	1
E	Sekam Padi	1
Total		5

Pada tabel 4.3 diketahui bahwa *degree of freedom* dari faktor pada penelitian ini adalah lima (5).

4.1.3 Penetapan Orthogonal Array

Menurut Soejanto (2008), matriks *orthogonal* yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris (kombinasi level dari faktor dalam eksperimen) dan kolom (faktor yang didapat diubah dalam eksperimen). Jumlah eksperimen yang harus dijalankan sesuai *orthogonal array* $L_8(2^5)$ adalah 32 kali percobaan.

Tabel 4.4a Matriks *Orthogonal Array* $L_8(2^5)$

Percobaan	Faktor				
	A	B	C	D	E
1.	1	1	1	1	1
2.	1	1	1	2	2
3.	1	2	2	1	1
4.	1	2	2	2	2
5.	2	1	2	1	2
6.	2	1	2	2	1
7.	2	2	1	1	2
8.	2	2	1	2	1

4.1.4 Proses Pembuatan *Paving Block*

1. Campurkan bahan baku yaitu semen, pasir dan air,
2. Kemudian campurkan bahan tambahan yaitu cangkang kerang dan sekam padi,
3. Sebelum *paving block* dicetak siapkan semen terlebih dahulu sebagai alas untuk permukaan *paving block* saat ingin dicetak,
4. Setelah taburkan semen pada permukaan cetakan lalu masukkan semua bahan yang sudah dicampurkan kedalam mesin cetakan *paving block*,
5. Kemudian ditekan hingga padat dan merata,

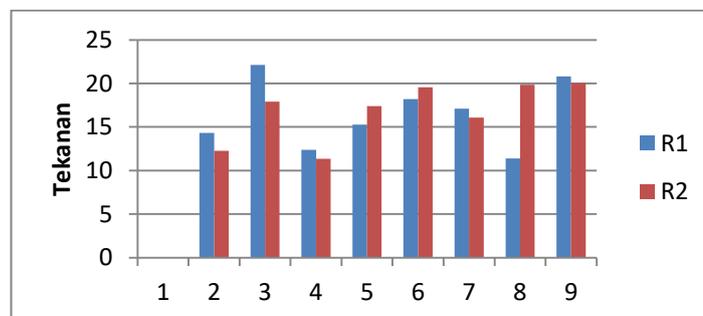
6. Setelah padat, lalu keluarkan *paving block* dari mesin cetakan,
7. Selesai.

4.1.5 Pengumpulan data eksperimen Taguchi

Pada penelitian ini, proses pembuatan *paving block* dilakukan berdasarkan pada kombinasi faktor dan level faktor yang telah ditetapkan. Jumlah total eksperimen yang dilakukan sesuai dengan eksperimen dan replikasi yang terdapat pada matriks *orthogonal array* yaitu 16 kali. Pada penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *larger the better*. Dimana data didapatkan dari hasil uji di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar. Data tersebut didapatkan dengan dua replikasi. Tabel 4.5 merupakan hasil dari uji kuat tekan *paving block* terhadap ketahanan menggunakan eksperimen Taguchi.

Tabel 4.5 Hasil uji lab campuran komposisi

Percobaan	Faktor					R1	R2	Rata-Rata
	A	B	C	D	E			
1.	1	1	1	1	1	14,32	12,28	13,30
2.	1	1	1	2	2	22,11	17,89	20,00
3.	1	2	2	1	1	12,39	11,36	11,88
4.	1	2	2	2	2	15,28	17,38	16,33
5.	2	1	2	1	2	18,21	19,57	18,89
6.	2	1	2	2	1	17,09	16,07	16,58
7.	2	2	1	1	2	11,39	19,86	15,63
8.	2	2	1	2	1	20,82	20,05	20,44



Gambar 4.1 Hasil uji lab campuran komposisi

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada eksperimen Taguchi ini menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR).

4.2.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi dengan perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) yang digunakan untuk mengetahui kontribusi faktor-faktor control terhadap nilai respon yang diukur. *Analysis of Variance* (ANOVA) pada metode taguchi merupakan suatu metode untuk menginterpretasikan data-data hasil eksperimen untuk mencari *setting* faktor dan level faktor yang optimal untuk dapat meminimalisir penyimpangan variansi.

1. Tabel Respon dari Pengaruh Faktor

Tujuan dibuat tabel respon adalah untuk mempermudah mengidentifikasi serta menghitung rata-rata respon di setiap level serta pengurutan level dari terbesar sampai terkecil. Kondisi optimal dapat dipilih sesuai dengan karakteristik kualitas *large the better*, yaitu dipilih berdasarkan nilai tertinggi.

a. Menghitung nilai rata-rata seluruh percobaan

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}}$$

Dengan:

\bar{y} : nilai rata-rata faktor j level k

\bar{y}_{ijk} : nilai rata-rata eksperimen ke-1 untuk faktor j level k

n_{ijk} : jumlah eksperimen faktor j level k

Perhitungan nilai rata-rata faktor A level 1, sebagai berikut:

$$= \frac{13,30+16,30+14,08+\dots+11,58+14,30+16,33}{16} = 14,935$$

Perhitungan faktor dan level selanjutnya dilakukan sama seperti perhitungan diatas sesuai dengan jumlah level dan faktor.

Tabel 4.6 Respon dari Pengaruh Faktor

Level	Faktor				
	A	B	C	D	E
1	15,376	17,193	17,340	14,923	15,548
2	17,883	16,066	15,919	18,336	17,711
Total	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259
Selisih	2,506	1,127	1,421	3,414	2,164
Rank	2	5	4	1	3

2. Pengolahan data *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai rata-rata

a. Perhitungan nilai *mean* semua data percobaan

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{14,32+12,28+22,11.....+20,05}{16} = 16,629$$

b. Perhitungan nilai jumlah kuadrat total (SS total)

$$SS_{total} = \sum y^2$$

$$= 14,32^2 + 12,28^2 + 22,11^2 + + 20,05^2$$

$$= 4607,398$$

c. Perhitungan nilai jumlah kuadrat karena rata-rata (SS_{mean})

$$SS_{mean} = n \cdot \bar{y}^2$$

$$SS_{mean} = 16 \times (16,629)^2$$

$$= 4424,578$$

d. Perhitungan rata-rata nilai jumlah kuadrat karena faktor-faktor (SS_x)

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2)$$

$$SS_A = ((15,376)^2 \times 8) + ((17,883)^2 \times 8) - 4424,578$$

$$= 22,125$$

$$SS_B = ((17,193)^2 \times 8) + ((16,066)^2 \times 8) - 4424,578$$

$$= 5,074$$

$$SS_C = ((17,340)^2 \times 8) + ((15,919)^2 \times 8) - 4424,578$$

$$= 8,080$$

$$SS_D = ((14,923)^2 \times 8) + ((18,336)^2 \times 8) - 4424,578$$

$$= 46,615$$

$$SS_E = ((15,548)^2 \times 8) + ((17,711)^2 \times 8) - 4424,578$$

$$= 18,727$$

- e. Perhitungan nilai jumlah kuadrat *error* (SS_{Error})

$$SS_{Error} = SS_{total} - SS_{mean}$$

$$SS_{Error} = 4607,398 - 4424,578 - (22,125) - (5,074) - (8,080) - (46,615) -$$

$$(18,727)$$

$$= 182,820$$

- f. Perhitungan rata-rata jumlah kuadrat (MS)

$$MS_A = \frac{SSA}{VA}$$

$$MS_A = \frac{22,125}{1} = 22,125$$

$$MS_B = \frac{5,074}{1} = 5,074$$

$$MS_C = \frac{8,080}{1} = 8,080$$

$$MS_D = \frac{46,615}{1} = 46,615$$

$$MS_E = \frac{18,727}{1} = 18,727$$

- g. Perhitungan rata-rata jumlah kuadrat *error* (MS_{Error})

$$DOF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DOF_T = (16-1) = 15$$

$$DOF_{Error} = DF_T - (DF_A + DF_B + DF_C + DF_E + DF_E)$$

$$DOF_{Error} = 15 - (1+1+1+1+1) = 10$$

$$MS_{Error} = \frac{SS_{error}}{DF_{error}}$$

$$MS_{Error} = \frac{182,820}{10} = 23,619$$

h. Perhitungan nilai F-Ratio

$$F\text{-Ratio } A = \frac{MSA}{MSe}$$

$$F\text{-Ratio } A = \frac{22,125}{23,619} = 1,064$$

$$F\text{-Ratio } B = \frac{5,074}{23,619} = 0,215$$

$$F\text{-Ratio } C = \frac{8,080}{23,619} = 0,342$$

$$F\text{-Ratio } D = \frac{46,615}{23,619} = 1,974$$

$$F\text{-Ratio } E = \frac{18,727}{23,619} = 0,793$$

i. Perhitungan *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS')

$$SS_{faktor} = SS_{faktor} - (MS_{error} \times DF_{faktor})$$

$$SS'_A = 25,125 - 23,619 (1) = 1,506$$

$$SS'_B = 5,074 - 23,619 (1) = -18,545$$

$$SS'_C = 8,080 - 23,619 (1) = -15,539$$

$$SS'_D = 46,615 - 23,619 (1) = 22,996$$

$$SS'_E = 18,727 - 23,619 (1) = -4,892$$

j. Perhitungan *Pure Sum of Square Error* (SS'_{Error})

$$SST = SS_{total} - SS_{mean}$$

$$= 4607,398 - 16,629 = 182,820$$

$$SS'_{Error} = SST - (SS'_A + SS'_B + SS'_C + SS'_D + SS'_E)$$

$$= 182,820 - (1,506) + (-18,545) + (-15,539) + (22,996) + (-4,892)$$

$$= 197,295$$

k. Perhitungan *Percent Contribusi (Rho%)* untuk masing-masing faktor

$$Rho\%A = \frac{SS'A}{SST} \times 100\%$$

$$Rho\%A = \frac{1,506}{182,820} \times 100\%$$

$$= 0,824\%$$

$$Rho\%B = \frac{-18,545}{182,820} \times 100\%$$

$$= -10,144\%$$

$$Rho\%C = \frac{-15,539}{182,820} \times 100\%$$

$$= -8,500\%$$

$$Rho\%D = \frac{22,996}{182,820} \times 100\%$$

$$= 12,578\%$$

$$Rho\%E = \frac{-4,892}{182,820} \times 100\%$$

$$= -2,676\%$$

l. Perhitungan persen kontribusi *error*

$$Rho\%error = \frac{SSerror}{SST} \times 100\%$$

$$= 107,917$$

m. Tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA

yaitu:

H₀: Tidak ada pengaruh faktor pada ketahanan *paving block* terhadap kuat tekan.

H₁: Ada pengaruh faktor pada ketahanan *paving block* terhadap kuat tekan.

Tabel 4.7 *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-Rata

Sumber	SS	DOF	MS	F-Ratio	SS'	Rho%	F-Tabel
A	25,125	1	25,125	1,064	1,506	0,824	4,965
B	5,074	1	5,074	0,215	-18,545	-10,144	4,965
C	8,080	1	8,080	0,342	-15,539	-8,500	4,965
D	46,615	1	46,615	1,974	22,996	12,578	4,965
E	18,727	1	18,727	0,793	-4,892	-2,676	4,965
Error	236,191	10	23,619		197,295	107,917	
T	182,820	15					
Mean	16,629	1					
Total	4607,398	16					

Berdasarkan Tabel 4.7 diketahui bahwa faktor D (cangkang kerang) merupakan faktor yang memberi pengaruh pada ketahanan *paving* block terhadap kuat tekan, hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai $F\text{-Ratio } 1,974 > F\text{-Tabel } (F_{0,05;1;58}) = 4,965$. Untuk nilai persen $Rho\%$ diketahui bahwa faktor yang memiliki nilai kontribusi terbesar adalah faktor D (cangkang kerang) sebesar 12,578%. Tabel diatas juga menunjukkan bahwa nilai $Rho\%Error$ adalah sebesar 107,917% dari jumlah kuadrat total.

3. Pengolahan data *Analysis of Variance* (ANOVA) rata-rata *Pooling Up*

Pooling Up dilakukan untuk menghindari kesalahan (*error*) berlebihan dalam penelitian, maka direkomendasikan untuk menggunakan hanya separuh dari jumlah derajat kebebasan dari *Orthogonal Array*. *Pooling Up* dilakukan terhadap faktor-faktor yang memiliki pengaruh terkecil dari kelima faktor kontrol eksperimen terdapat faktor yang memiliki pengaruh terkecil yaitu faktor B (Pasir), faktor C (Air), faktor E (Sekam Padi), sehingga faktor ini harus dilakukan *Pooling Up*. Berikut ini adalah perhitungan untuk *Pooling Up* faktor B, C dan D :

$$\begin{aligned}
 a. \quad SS (Polled e) &= SS_e + SSB + SSC + SSE \\
 &= 236,191 + 5,074 + 8,080 + 18,727 = 268,072
 \end{aligned}$$

$$b. \quad DF (Polled e) = DF_e + DFB + DFC + DFD$$

$$= 10 + 1 = 13$$

$$c. \quad MS (Polled e) = \frac{SS (Polled e)}{DF (Polled e)} = \frac{268,072}{13} = 20,621$$

Tabel 4.8 Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata Polling

Sumber	SS	DOF	MS	F-Ratio	SS'	Rho%	F-Tabel
A	22,125	1	22,125	1,073	1,504	0,823	4,667
B	POLLING UP						
C							
D	46,615	1	46,615	2,261	25,994	14,218	4,667
E	POLLING UP						
Poolled e							
T	182,820	15	12,188		182,82		
Mean	16,629	1					
Total	4607,398	16					

Pada hasil pengujian diatas, dapat diketahui bahwa faktor A dan D memiliki nilai $F\text{-Ratio} > F\text{-Tabel}$ yaitu 4,667. Sehingga menunjukkan bahwa faktor A, dan D memiliki pengaruh terhadap ketahanan.

Tabel 4.9 Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-Rata setelah Polling

Sumber	SS	DOF	MS	F-Ratio	SS'	Rho%	F-Tabel
A	22,125	1	22,125	1,073	1,504	0,823	4,667
D	46,615	1	46,615	2,261	25,994	14,218	4,667
Poolled e	268,072	13	20,621		155,322	84,95898	
T	182,820	15	12,188		182,82		
Mean	16,629	1					
Total	4607,398	16					

4.2.2 Perhitungan Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Signal Noise to Ratio (SNR)

Taguchi menggunakan *analysis of signal to noise ratio* untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas (variabel respon). erhitungan nilai *Signal Noise to Ratio*

(SNR) dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen. SNR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNR- *larger the better* yang memiliki karakteristik semakin besar nilainya maka semakin baik.

1. Perhitungan Nilai MSD (*Mean Square Deviation*)

Berikut adalah contoh perhitungan rata-rata pada eksperimen pertama.

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$MSD = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{14,32^2} + \frac{1}{12,28^2} \right) = 0,006$$

Langkah yang sama dilakukan untuk perhitungan eksperimen selanjutnya.

2. Menghitung nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Untuk menghitung nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR) pada eksperimen pertama maka contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta_1 = -10 \log_{10} [0,006] = 22,4$$

Untuk perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) eksperimen selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi perhitungan SNR

Percobaan	Faktor					R1	R2	1/n	MSD	SNR
	A	B	C	D	E					
1.	1	1	1	1	1	14,32	12,28	0,5	0,006	22,4
2.	1	1	1	2	2	22,11	17,89	0,5	0,003	25,875
3.	1	2	2	1	1	12,39	11,36	0,5	0,007	21,468
4.	1	2	2	2	2	15,28	17,38	0,5	0,004	24,206
5.	2	1	2	1	2	18,21	19,57	0,5	0,003	25,508
6.	2	1	2	2	1	17,09	16,07	0,5	0,004	24,379
7.	2	2	1	1	2	11,39	19,86	0,5	0,005	22,906
8.	2	2	1	2	1	20,82	20,05	0,5	0,002	26,203

3. Tabel respon faktor yang berpengaruh dari *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Tabel 4.11 Respon *Signal Noise to Ratio* (SNR)

Level	Faktor				
	A	B	C	D	E
1	23,487	24,541	24,346	23,071	23,613
2	24,749	23,696	23,890	25,166	24,624
Total	48,236	48,236	48,236	48,236	48,236
Selisih	1,262	0,845	0,456	2,095	1,011
Rank	2	4	5	1	3

Tabel respon *Signal Noise to Ratio* (SNR) dalam metode Taguchi digunakan untuk mencari level faktor yang mempengaruhi variansinya. Dimana dari tabel respon SNR diatas untuk peringkat faktor dan levelnya sama dengan tabel respon perhitungan rata-rata.

4. Perhitungan ANOVA untuk nilai *Signal Noise to Ratio* (SNR)
- a. Menghitung nilai *total sum of squares*

Perhitungan nilai *total sum of squares* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{total}} &= \sum \eta^2 \\
 &= 22,4^2 + 25,875^2 + 21,468^2 + \dots + 26,203^2 \\
 &= 4674,374
 \end{aligned}$$

- b. Menghitung *sum of squares due to the mean*

Perhitungan nilai *sum of squares due to the mean* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SS_{\text{mean}} &= \eta \cdot \bar{\eta}^2 \\
 &= 8 \times \left(\frac{22,4 + 25,875 + 21,468 + \dots + 26,203}{8} \right)^2 \\
 &= 4653,490
 \end{aligned}$$

- c. Menghitung *sum of square due to factors*

Perhitungan nilai *sum of squares due to factors* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SS_A &= ((A1)^2 xn1) + ((A2)^2 xn2) - SS_{mean} \\ &= ((23,487)^2 \times 8) + ((24,749)^2 \times 8) - 4653,490 \\ &= 13973,203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_B &= ((B1)^2 xn1) + ((B2)^2 xn2) - SS_{mean} \\ &= ((24,541)^2 \times 8) + ((23,696)^2 \times 8) - 4653,490 \\ &= 4993,860 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_C &= ((C1)^2 xn1) + ((C2)^2 xn2) - SS_{mean} \\ &= ((24,346)^2 \times 8) + ((23,890)^2 \times 8) - 4653,490 \\ &= 13962,133 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_D &= ((D1)^2 xn1) + ((D2)^2 xn2) - SS_{mean} \\ &= ((23,071)^2 \times 8) + ((25,166)^2 \times 8) - 4653,490 \\ &= 13995,594 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_E &= ((E1)^2 xn1) + ((E2)^2 xn2) - SS_{mean} \\ &= ((23,613)^2 \times 8) + ((24,624)^2 \times 8) - 4653,490 \\ &= 13968,648 \end{aligned}$$

- d. Menghitung nilai Jumlah Kuadrat karena *Error* yang telah di *pooling* atau *Sum of Square due to Error (SS error)*

$$\begin{aligned} SST &= SS_{total} - SS_{mean} \\ &= 4674,490 - 4653,490 = 20,884 \end{aligned}$$

- e. Menentukan derajat bebas sumber-sumber variansi.

$$\begin{aligned} Dof_A &= \text{jumlah level} - 1 \\ &= 2 - 1 = 1 \end{aligned}$$

- f. Menghitung Derajat Kebebasan Total

$$\begin{aligned} \text{DFT} &= (\text{number of experiment} - 1) \\ &= (8-1) = 7 \end{aligned}$$

- g. Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat Atau *Mean Sum Of Square* (MS)

$$\begin{aligned} \text{MSA} &= \frac{\text{SSA}}{\text{DOF A}} \\ &= \frac{13973,203}{1} = 13973,203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSB} &= \frac{\text{SSB}}{\text{DOF B}} \\ &= \frac{4993,860}{1} = 4993,860 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSC} &= \frac{\text{SSC}}{\text{DOF C}} \\ &= \frac{13962,133}{1} = 13962,133 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSD} &= \frac{\text{SSD}}{\text{DOF D}} \\ &= \frac{13995,594}{1} = 13995,594 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSE} &= \frac{\text{SSE}}{\text{DOF E}} \\ &= \frac{13968,648}{1} = 13968,648 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MS}(\text{polled}) &= \frac{\text{SS}(\text{polled } e)}{\text{DF}(\text{polled } e)} \\ &= \frac{43,275}{7} = 6,182 \end{aligned}$$

- h. Menghitung Nilai Rasio F (F-Ratio)

$$\begin{aligned} \text{F ratio A} &= \frac{\text{MSA}}{\text{MS}(\text{Polled } e)} \\ &= \frac{13973,203}{6,182} = 2260,252 \end{aligned}$$

$$\text{F ratio D} = \frac{\text{MSD}}{\text{MS}(\text{Polled } e)}$$

$$= \frac{13995,594}{6,182} = 2263,874$$

- i. Menghitung *Pure Sum of Square* Pada Masing-Masing Faktor (SS')

$$SS'A = SSA - (DFAx (pooled e))$$

$$= 13973,203 - (1 \times 6,182) = 13967,021$$

$$SS'D = SSD - (DFDx (pooled e))$$

$$= 13995,594 - (1 \times 6,182) = 13989,412$$

- j. Menghitung Percent Contribution (Rho%) Masing-Masing Faktor

$$\text{Rho\% A} = \frac{SS'A}{SST} \times 100\%$$

$$= \frac{13967,021}{20,884} \times 100\% = 66879,050\%$$

$$\text{Rho\% D} = \frac{SS'D}{SST} \times 100\%$$

$$= \frac{13989,412}{20,884} \times 100\% = 66986,266\%$$

Tabel 4.12 *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai SNR

Sumber	SS	DOF	MS	F-Ratio	SS'	Rho%	F-Tabel
A	13973,203	1	13973,203	-	13973,203	66909,422	18,513
B	4993,860	1	4993,860	-	4993,860	23912,650	18,513
C	13962,133	1	13962,133	-	13962,133	66856,416	18,513
D	13995,594	1	13995,594	-	13995,594	67016,642	18,513
E	13968,648	1	13968,648	-	13968,648	66887,611	18,513
Error	32967,916	2	16483,958	-	-60872,555	157863,897	-
T	20,884	7	2,983				
Mean	4653,490	1					
Total	4674,374	8					

Eksperimen ini menggunakan *Orthogonal Array* $L_8(2^5)$, maka hanya diambil satu faktor yang berpengaruh. Faktor dengan nilai MS terkecil di *polling* ke dalam *error* adalah faktor C.

5. Pengolahan data *Analysis of Variance* (ANOVA) rata-rata *Pooling Up*

- a. $SS(\text{polled } e) = SST - SSA - SSD$

$$= 20,884 - (13973,203 - 13995,594)$$

$$= 43,275$$

b. $DF(\text{polled } e) = DFT - DFA - DFD$

$$= 7 - 1 - 1 = 5$$

c. $SS'(\text{polled } e) = SST - SS'A - SS'D$

$$= 20,884 - (13964 - 13986,939)$$

$$= 43,275$$

d. $Rho\% \text{ Polled } e = \frac{SS'(\text{Polled } e)}{SST} \times 100\%$

$$= \frac{43,275}{20,884} \times 100\%$$

$$= 207,216\%$$

Tabel 4.13 Analysis of Variance (ANOVA) nilai SNR setelah *polling up*

Sumber	SS	DF	MS	F-Ratio	SS'	Rho%	F-Tabel
A	13973,203	1	13973,203	1614,466	13964,548	66867,209	6,603
D	13995,594	1	13995,594	1617,053	13986,939	66974,425	6,603
Polled e	43,275	5	8,655	-	43,275	207,216	-
T	20,884	7			20,884		
Mean	4653,490	1					
Sstotal	4674,374	8					

4.2.3 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan

Perhitungan interval kepercayaan dilakukan untuk mencari nilai prediksi nilai rata-rata eksperimen dan signal noise to ratio (SNR) eksperimen. Jika nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat eksperimen Taguchi. Sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level faktor optimal yang didapat. Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai

rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata seluruh data.

- a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai rata-rata seluruh data

Nilai rata-rata seluruh data (\bar{y}) = 16,629

- b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned}\mu_{predicted} &= \bar{y} + (A2 - \bar{y}) + (D2 - \bar{y}) \\ &= 16,629 + (17,883 - 16,629) + (18,336 - 16,629) \\ &= 19,590\end{aligned}$$

- c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ polled } e \times \frac{1}{neff}\right)}$$

Perhitungan untuk $neff$

$$\begin{aligned}Neff &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{8 \times 2}{1 + (1 + 1)} = 5,333\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Cl_{mean} &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ polled } e \times \left[\frac{1}{neff}\right]} \\ &= \pm \sqrt{F_{0,05, 1, 13} \times 20,621 \times \left[\frac{1}{5,333}\right]} \\ &= \pm \sqrt{4,667 \times 20,621 \times 0,188} \\ &= \pm 4,248\end{aligned}$$

Sehingga interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal yaitu:

$$\mu_{predicted} - Cl_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl_{mean}$$

$$19,590 - 4,248 \leq \mu_{predicted} \leq 19,590 + 4,248$$

$$15,342 \leq \mu_{predicted} \leq 23,838$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum diperoleh nilai $\leq \mu_{predicted}$ sebesar 23,838 maka didapatkan bahwa rentang selang kepercayaan yaitu $15,342 \leq \mu_{predicted} \leq 23,838$. Apabila nilai eksperimen konfirmasi berada pada batas rentang penilaian tersebut, maka eksperimen Taguchi dapat diterima.

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *signal noise to ratio* (SNR) seluruh data eksperimen *Taguchi*.

a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai *signal noise to ratio* (SNR) seluruh data

$$\text{Nilai SNR seluruh data } (\bar{\eta}) = 24,118$$

b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$$\begin{aligned} \mu_{predicted} &= \bar{\eta} + (A2 - \bar{\eta}) + (D2 - \bar{\eta}) \\ &= 24,118 + (24,749 - 24,118) + (25,166 - 24,118) \\ &= \pm 25,797 \end{aligned}$$

c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{polled} \times \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

Perhitungan untuk *neff*

$$\begin{aligned} Neff &= \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \\ &= \frac{8}{1+(1+1)} = 2,7 \end{aligned}$$

Maka selang kepercayaan prediksinya dapat dihitung sebagai berikut:

$$Cl_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{polled} \times \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

$$\begin{aligned}
&= \pm \sqrt{F_{0,05,1,5 \times 6,182 \times \left[\frac{1}{2,7}\right]}} \\
&= \pm \sqrt{6,608 \times 6,182 \times 0,375} \\
&= \pm 3,914
\end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaan SNR untuk proses yang optimal adalah:

$$\mu_{predicted} - Cl_{SNR} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl_{SNR}$$

$$25,797 - 3,914 \leq \mu_{predicted} \leq 25,797 + 3,914$$

$$21,883 \leq \mu_{predicted} \leq 29,711$$

4.2.4 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan tahap validasi hasil dari *setting* faktor dan level faktor yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya. Dalam eksperimen konfirmasi menentukan *setting* level terbaik dari faktor-faktor yang signifikan merupakan tujuan utama dari eksperimen ini. Faktor-faktor yang memiliki kontribusi yang kecil tetap dimasukkan dalam eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik. Eksperimen konfirmasi didalamnya terdapat perhitungan rata-rata serta perkiraan selang kepercayaan dan analisis hasil eksperimen konfirmasi.

Tabel 4.14 Faktor Terkendali *Setting* Level Optimal

Faktor Terkendali	Level Faktor	Nilai
Semen	2	1500 gr
Pasir	1	4000 kg
air	1	100 ml
Cangkang Kerang	2	250 gr
Sekam Padi	2	250 gr

Hasil eksperimen konfirmasi dengan *setting* level optimal pada eksperimen *Taguchi* untuk kualitas ketahanan terhadap kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4.15 Hasil pengujian ketahanan terhadap kuat tekan

No sampel	Hasil uji kuat tekan
1	18,38
2	16,24
3	16,93
4	20,82
Rata-rata	18,093
variansi	12,250
SNR	19,014

Perhitungan nilai rata-rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \\ &= \frac{1}{4} (18,38 + 16,24 + 16,93 + 20,82) \\ &= 18,093\end{aligned}$$

Perhitungan nilai variansi, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{4-1} (18,38 - 18,093)^2 + (16,24 - 18,093)^2 + (16,93 - 18,093)^2 + (19,22 \\ &\quad - 18,093)^2 \\ &= 12,250\end{aligned}$$

Perhitungan SNR untuk hasil eksperimen konfirmasi, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\eta &= -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \\ &= -\log_{10} \left[\frac{1}{8} \left(\frac{1}{18,38^2} + \frac{1}{16,24^2} + \frac{1}{16,93^2} + \frac{1}{20,82^2} \right) \right] = 19,014\end{aligned}$$

Penilaian diterima atau tidaknya hasil eksperimen konfirmasi dilakukan dengan perbandingan selang kepercayaan antara hasil prediksi respon pada kondisi optimal dan hasil eksperimen konfirmasi. Perhitungan nilai selang kepercayaan untuk hasil eksperimen konfirmasi dengan replikasi empat kali, yaitu:

1. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi

$$\begin{aligned}
 Cl &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{polled} e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{F_{0,05, 1, 13} \times 20,621 \times \left[\frac{1}{0,188} + \frac{1}{0,25} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{4,667 \times 20,621 \times 0,438} = \pm 6,489
 \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaannya, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \mu_{confirmation} - Cl &\leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl \\
 18,093 - 6,489 &\leq \mu_{confirmation} \leq 18,093 + 6,489 \\
 11,604 &\leq \mu_{confirmation} \leq 24,581
 \end{aligned}$$

2. Selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi

$$\begin{aligned}
 Cl &= \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{polled} e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{F_{0,05, 1, 5} \times 6,182 \times \left[\frac{1}{0,370} + \frac{1}{0,25} \right]} \\
 &= \pm \sqrt{6,608 \times 6,182 \times 0,620} = \pm 5,034
 \end{aligned}$$

Sehingga selang kepercayaannya, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \mu_{confirmation} - Cl &\leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl \\
 18,093 - 5,034 &\leq \mu_{confirmation} \leq 18,093 + 5,034 \\
 13,058 &\leq \mu_{confirmation} \leq 27,127
 \end{aligned}$$

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Terhadap Eksperimen Taguchi

Eksperimen Taguchi dilakukan dengan desain *orthogonal array* yang telah didesain oleh Taguchi. Eksperimen Taguchi dilakukan untuk mengurangi jumlah percobaan yang dilakukan, keterbatasan sumber daya terutama dalam hal biaya dan waktu untuk eksperimen menjadi alasan utama dipilihnya desain *orthogonal array*.

Pada perhitungan sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode Taguchi didapatkan *setting level optimal* yang digunakan untuk memperbaiki kualitas *paving block*. Dari hasil penentuan faktor, derajat kebebasan dan level faktor maka penelitian ini menggunakan *Orthogonal Array* $L_8(2)^5$ dan menggunakan karakteristik kualitas *Larger the better*, yaitu semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik. Penilaian kualitas ketahanan *paving block* terhadap kuat tekan dilakukan dengan melakukan uji kuat tekan dengan menggunakan mesin *Compression Testing Machine*.

5.2 Analisis Rata-rata

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA rata-rata diketahui bahwa dua dari lima faktor memberikan pengaruh terhadap ketahanan *paving block*. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai *F-ratio* A, dan D memiliki nilai yang positif. Pada Tabel 4.7 faktor D (cangkang kerang) merupakan faktor yang memberi pengaruh terbesar pada ketahanan *paving block* terhadap kuat tekan dengan nilai *F-Ratio*

1,974 > F-Tabel ($F_{0,05;1;10}$) = 4,965, nilai persen *Rho%* sebesar 12,578% dan nilai *Rho%Error* 107,917%. Faktor yang memiliki pengaruh terkecil dari kelima faktor kontrol eksperimen yaitu faktor B (Pasir), C (Air), dan D (Cangkang Kerang), maka dilakukan *polling up* terhadap faktor tersebut. Hasil *polling* menunjukkan persen kontribusi *error* sebesar 84,959%.

5.3 Analisis nilai SNR (*Signal Noise to Ratio*)

Perhitungan *Signal Noise to Ratio* (SNR) dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari faktor level yang digunakan dalam eksperimen. Taguchi menyarankan penggunaan SNR sebagai kriteria pemilihan parameter yang meminimumkan *error of variance*, adalah variansi yang tidak dapat dikendalikan. Pemilihan level dari masing-masing faktor didasarkan pada nilai SNR yang lebih tinggi karena nilai SNR yang lebih tinggi dapat meminimumkan nilai variansi, sehingga *noise* yang dihasilkan lebih kecil. Pada ANOVA (SNR) nilai *Rho error* sebesar 107,917%. Setelah dilakukan *polling up*, pada perhitungan SNR menunjukkan nilai *Rho polled e* sebesar 84,959%. Hal ini menunjukkan semua faktor yang signifikan mempengaruhi variansi sudah dimasukkan eksperimen atau bias dikatakan *polling up* yang dilakukan sudah cukup optimal.

5.4 Analisis *setting level* optimal

Memperhatikan hasil perhitungan *analysis of mean* dan *analysis of signal noise to ratio* untuk memilih nilai rata-rata dan nilai SNR yang lebih besar untuk masing-masing levelnya, maka penentuan *setting level* terbaik diprioritaskan pada level-level faktor yang mempunyai pengaruh yang besar dalam menaikkan rata-

rata dan mengurangi variansi karakteristik kualitas. Sehingga pemilihan *setting* level terbaik seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.1 *Setting* Level Optimal

Faktor Terkendali	Level Faktor	Nilai Komposisi
Semen	2	1500 gr
Pasir	1	4000 kg
air	1	100 ml
Cangkang Kerang	2	250 gr
Sekam Padi	2	250 gr

Setelah diketahui *setting* level optimal maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan selang kepercayaan untuk rata-rata dan SNR. Menggunakan tingkat kepercayaan diperoleh selang kepercayaan yaitu $15,342 \leq \mu_{predicted} \leq 23,838$ untuk rata-rata, sedangkan untuk SNR diperoleh nilai selang kepercayaan sebesar $21,883 \leq \mu_{predicted} \leq 29,711$. Selang kepercayaan tersebut merupakan selang kepercayaan prediksi, dimana setelah diketahui *setting* level terbaik diharapkan pada eksperimen berikutnya (konfirmasi) berada diantara batas yang telah dprediksi.

5.5 Analisis terhadap eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level-level faktor terbaik yang dipilih berdasarkan hasil yang didapat dari eksperimen Taguchi. Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa *setting* level optimal dapat diterima. Hal ini dapat diketahui dari perbandingan selang kepercayaan antara eksperimen konfirmasi dengan kondisi optimal (prediksi) yang menggunakan tingkat kepercayaan dengan nilai rata-rata $11,604 \leq \mu_{confirmation} \leq 24,581$ dan nilai SNR $12,136 \leq \mu_{confirmation} \leq 24,049$.

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. *Setting* level optimal didapatkan berdasarkan hasil dari tabel respon dan hasil perhitungan ANOVA nilai rata-rata *polled e* maupun nilai SNR *polled e*. Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan *setting* level faktor optimal yang sama, yaitu faktor A level 2 (Semen 1500 gr), faktor B level 1 (Pasir 4000 gr), faktor C level 1 (Air 100 ml), faktor D level 2 (Cangkang Kerang 250 gr), dan faktor E level 2 (Sekam Padi 250 gr). Faktor-faktor optimal tersebut telah dilakukan validasi dengan melakukan eksperimen konfirmasi yang menunjukkan rata-rata nilai setiap parameter berada dalam interval hasil optimal sehingga keputusan diterima yang berarti *setting* level optimal yang digunakan dalam eksperimen Taguchi telah valid.
2. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa data dari eksperimen Taguchi dihasilkan komposisi bahan berdasarkan faktor dan level yang optimal yaitu faktor A level 2 (Semen 1500 gr), faktor B level 1 (Pasir 4000 gr), faktor C level 1 (Air 100 ml), faktor D level 2 (Cangkang Kerang 250 gr), dan faktor E level 2 (Sekam Padi 250 gr). Eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan nilai rata-rata dan variabilitas (S/N) pada eksperimen Taguchi mengalami peningkatan pada eksperimen konfirmasi,

hal ini sesuai dengan karakteristik kualitas yang yaitu *larger the better*. Nilai rata-rata pada eksperimen Taguchi menunjukkan nilai $15,342 \leq \mu_{predicted} \leq 23,838$, sedangkan pada eksperimen konfirmasi menunjukkan nilai rata-rata $11,604 \leq \mu_{confirmation} \leq 24,581$. Nilai SNR pada eksperimen Taguchi menunjukkan nilai $21,166 \leq \mu_{predicted} \leq 30,428$ sedangkan pada eksperimen konfirmasi menunjukkan nilai $12,136 \leq \mu_{confirmation} \leq 24,049$. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi optimal faktor-faktor tersebut terbukti dapat meningkatkan kekuatan tekan *paving block*.

6.2 Saran

Saran yang disampaikan untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan karakteristik kualitas dari kuat tekan dengan memasukkan faktor tambahan yang dianggap berpengaruh dan bias dikendalikan ke dalam eksperimen Taguchi.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan cangkang kerang dan sekam padi sebagai bahan tambahan pada pembuatan *paving block* dengan memperhatikan semua faktor yang mungkin dikendalikan dan digunakan dalam eksperimen Taguchi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. (2002). *Manajemen Kualitas: Pendekatan Sisi Kualitatif*. Dikti Depdinkes. Jakarta.
- Belavendram, N. (1995). *Kualitas Berdasarkan Desain: Teknik Taguchi untuk IndustriEksperimen*. London: Prentice Hall.
- Garvin. dan David, A. (1998). *Managing Quality*. Free Press. New York.
- Gimin, R., R. Mohan, L.V. Thinh, and A.D. Griffiths. (2004). The relationship ofshell dimensions and shell volume tolive weight and soft tissue weight inthe mangrove clam, *Polymesoda erosa* (Solander, 1786) from northern Australia. *NAGA, WorldFish CenterQuarterly*, 27p.
- Hartono, (2003). *Teknologi Pemrosesan, Penemasan dan Penyimpanan Benih*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Heizer, J., & Render, B. (2008). *Operations Management, Edisi Ketujuh*. Jakarta: Salemba Empat.
- Kotler, P. (2009). *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: Erlangga.2.
- Mulyati (2014), Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Lokan Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP* Vol.1 No.1: Padang.
- Putra, G. dan Tontowi, A. (2019). Analisis Ukuran Pori Biokomposit (Sericin Bioplastik) Pada Berbagai Suhu Pembekuan Awal Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Industri*, Vol 9, No. 3. Hal: 145-153
- Rakhmawati, A. (2010). *Penyiapan Media Mikroorganisme*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tjiptono, A dan Chandra, G. (2005), *Manajemen Kualitas Jasa*, Yogyakarta.
- Sari. (2015). Penurunan Kadar Besi dan Mangan Terlarut dalam Air Payau Melalui Proses Oksidasi Menggunakan Kalium Permanganat. *Jurnal Lahan Suboptimal* Vol. 4, No. 1, Hal: 38-46.
- Sidi, P dan Wahyudi, M. (2013). *Metode Taguchi Untuk mengetahuiOptimasi Kebulatan Pada Proses Bubut CNC*. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.4, No.2, pp. 101-108.
- Soejanto, I. (2008). *Rekayasa Kualitas: Eksperimen dengan Teknik Taguchi*. Surabaya: Yayasan Humaniora.

Soejanto, I., (2009): *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Edisi Pertama. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.

Wuryandari, Triastuti, dkk, (2009). *Metode Taguchi untuk Optimalisasi Produk pada Rancangan Faktorial*. Vol. 2, No. 2, FMIPA UNDIP, Semarang.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.

Tabel Uji F

$\alpha = 0,05$	$df_1 = (k-1)$							
$df_2 = (n-k-1)$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	181,448	199,500	215,707	224,583	230,162	233,986	238,768	238,883
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353	19,371
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,013	8,941	8,887	8,845
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,500	3,438
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,790	2,707	2,641
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447
21	4,325	3,467	3,072	2,840	2,685	2,573	2,488	2,420
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278

LAMPIRAN 2.

- Proses penumbukan cangkang kerang



Penumbukan cangkang kerang



Pengayakan serbuk cangkang kerang

- Bahan pembuatan *paving block*



Semen



Pasir



Serbuk cangkang kerang



Sekam padi

- Proses pembuatan *paving block*



Penimbangan bahan



Pengadukan semua bahan



Masukkan air



Cetakan *paving block*



Bahan yang sudah dicampurkan dimasukkan kedalam cetakan



Paving block

- Uji kuat tekan *paving block*



Penimbangan *paving block*



Pengujian kuat tekan



Pengujian kuat tekan *compression testing machine*



Hasil uji kuat tekan

LAMPIRAN 3.

Tabel biaya pengeluaran penelitian

No.	Nama Barang	Banyaknya Barang	Total Harga
1.	Semen	2 Sak	Rp. 250.000
2.	Pasir	1 Dam L300	Rp. 300.000
3.	Air	-	-
4.	Cangkang Kerang	-	-
5.	Sekam Padi	-	-
6.	Biaya operator	68 <i>paving block</i>	Rp. 250.000
Total			Rp. 800.000