

**DESAIN EKSPERIMEN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS PRODUK GENTENG BETON
DI UKM GUNUNG JATI MEDAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

OLEH :

Anggun Lolytha

NPM : 11 815 0009



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2017

Judul Skripsi : Desain Eksperimen Menggunakan Metode Taguchi Untuk
Meningkatkan Kualitas Produk Genteng Beton Di Ukm
Gunung Jati Medan

Oleh : Anggun Lolytha

Npm : 11 815 009

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing



Ir. Kamil Mustafa, MT

Pembimbing I



Sutrisno, ST.

Pembimbing II

Mengetahui



Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, MSc)

Dekan Fakultas Teknik



Yuana Delvika, ST.MT

Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 24 Februari 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juni 2017



Anggun Lolytha
118150009

ABSTRAK

Anggun Lolytha, NPM 118150009. “Desain Eksperimen Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan kualitas Produk Genteng Beton di Ukm Gunung Jati Medan”. Dibimbing oleh Ir. Kamil Mustafa, MT., dan Sutrisno ST., MT.

UKM Gunung Jati adalah perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan paving blok, keramik, ventilasi, genteng beton dan riol. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk genteng beton yaitu produk yang paling banyak mengalami retak dan pecah.. Komposisi bahan baku adalah hal penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan genteng beton. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas genteng beton dan mengidentifikasi faktor paling berpengaruh terhadap hasil produk cacat. Penelitian untuk menentukan komposisi genteng beton dapat dilakukan dengan desain eksperimen menggunakan metode taguchi. Dalam eksperimen ini digunakan bahan baku berupa semen, pasir, tepung mill dan air. Hasil kesimpulan menunjukkan bahwa kualitas genteng beton meningkat berdasarkan hasil metode taguchi dan eksperimen konfirmasi yang ditandai dengan meingkatnya kuat tekanan genteng beton berdasarkan nilai rata – rata (μ) dan variabilitasnya (SNR). Kuat tekan rata-rata (μ) genteng beton meningkat dari $19,814 \leq 21,208 \leq 22,602$ pada eksperimen taguchi menjadi $26,406 \leq \mu_{konfirmasi} \leq 29,894$ pada eksperimen konfirmasi. Sedangkan variabilitas (SNR) meningkat dari $25,532 \leq 27,521 \leq 29,510$ pada eksperimen taguchi menjadi $26,473 \leq S/N_{konfirmasi} \leq 31,469$ pada eksperimen konfirmasi. Komposisi optimal dari semen : pasir : tepung mill : air yang menghasilkan kuat tekan terbaik berdasarkan respon faktor dan SNR berturut-turut adalah 0,9 kg : 0,5 kg : 0,4 kg : 0,3 kg. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton adalah jumlah pasir dan jumlah tepung mill.

Kata Kunci : Genteng Beton, Desain Eksperimen, Taguchi.

ABSTRACT

Anggun Lolytha. 118150009. “Improving the Quality of Roof - Tiles in Gunung Jati Medan SME by Using Experimental Design of Taguchi Method.”. Supervised by Ir. Kamil Mustafa, M.T. and Sutrisno S.T., M.T.

Gunung Jati SME is a home industry engaged with vaving blocks, ceramics, ventilation, roof – tiles and riol products. This research aims to improve the quality of the roof – tiles, the product which having the most failure by broken and cracks. The composition of raw material is an important case to be considered by the production process. Therefore, the research is needed to be executed to deal with related factors influence the quality of the roof – tiles and the identification toward the most influencing factor of fail products result. Then, Taguchi experimental design method was conducted to determine the composition of concrete roof – tiles. In this experiment, it is used the raw materials such as; cement, sand, flour mill, and water. Moreover, based on the study result, it is shown that the quality of roof – tiles has improved by applying Taguchi method and the confirmation experiment marked by the increasing of pressure strength on the average value (μ) and the variability (SNR). The pressure strength average (μ) of roof – tiles has increased from $19.814 \leq 21.208 \leq 22.602$ on Taguchi experiment, and it became $26.406 \leq \mu_{\text{confirmed}} \leq 29.894$ on confirmation experiment. On the other hand, (SNR) has increased from $25.532 \leq 27.521 \leq 29.510$ on Taguchi experiment, and it became $26.473 \leq S/N_{\text{confirmed}} \leq 31.469$ on confirmation experiment. Then, the optimal measurement consist of cement : sand : mill dust : water which result the best pressure based on the factor of response and SNR in rows are 0.9 kg : 0.5 kg : 0.4 kg : 0.3 kg. Thus, the most prominent factors toward the roof – tiles pressure strength is the measurement of sand and flour mill.

Keywords: Experimental Design, Roof – Tiles, Taguchi

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat, kesehatan, kebesaran hati dan karunia-NYA kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Tugas sarjana merupakan salah satu dari kurikulum dan salah satu syarat khusus untuk menyelesaikan Tugas Akhir di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Adapun judul yang penulis ambil dalam pelaksanaan skripsi ini adalah **“Desain Eksperimen Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Genteng Beton Di Ukm Gunung Jati Medan”**.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis banyak menemukan kesulitan, namun berkat bantuan dan bimbingan serta masukan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Untuk dukungan dan bantuan yang luar biasa, pada kesempatan kali ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Teristimewa kepada Ibu saya tercinta yang telah memberikan nasehat, motivasi kepada penulis, baik berupa moril maupun materil dan doa yang tak henti-henti. Dan kepada adik laki-laki saya yang selalu terdepan dan tak pernah bosan dalam menyemangati saya, juga membantu saya dalam materil, Angger Gegana Putra begitu banyak pengorbanannya terhadap kami semua. Juga kepada kedua adik laki laki saya lagi, Ambang Bangun Rezki, dan Arnang Jaya Mulia serta kepada kakak saya Ajeng Pramita dan suaminya Linja Pranata serta keponakan saya Adhwa Zikri Alkhalifi yang

telah memberikan dukungan tanpa ada batasnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Serta seluruh keluarga terkasih yang saya sayangi. Terkhusus untuk Alm Ayah saya yang luar biasa. You are my inspiration. Terima kasih untuk segalanya yang kalian berikan kepada saya.

2. Bapak Prof. Dr. H.A. Ya'kub Matondang, MA. selaku Rektor Universitas Medan Area Medan.
3. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, MSc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Yuana Delvika ST, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. Kamil Mustafa MT., selaku dosen Pembimbing I.
6. Bapak Sutrisno ST.MT., selaku dosen Pembimbing II.
7. Pimpinan dan Para Karyawan UKM Gunung Jati Medan.
8. Seluruh dosen Fakultas Teknik dan staff Fakultas Teknik yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis.
9. Seluruh teman-teman mahasiswa/mahasiswi Universitas Medan Area yang telah mensupport dan membantu penulis.
10. Seluruh Teman-teman terdekat saya yang tak lelah untuk terus memotivasi penulis.

Penulis hanya dapat memohon kepada Allah SWT agar semua kebaikan dan ketulusan pihak-pihak yang dimaksud mendapat balasan kebaikan dari-NYA. Aamiin. Terima kasih dan rasa syukur terbesar kepada Allah SWT yang telah menghadirkan orang-orang yang luar biasa di hidup penulis.

Walaupun penulis sudah berusaha semaksimal mungkin, namun penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karenanya dengan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dalam menyempurnakan skripsi ini. Akhirnya kepada Allah SWT kita berserah diri. Semoga kiranya tulisan ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Medan, Januari 2017

Penulis

(Anggun Lolytha)



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR SAMPUL

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....i

ABSTRACTii

KATA PENGANTAR.....iii

DAFTAR ISIvi

DAFTAR TABELx

DAFTAR GAMBAR.....xi

DAFTAR LAMPIRANxii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar BelakangI-1

1.2. Perumusan Masalah.....I-5

1.3. Tujuan PenelitianI-5

1.4. Manfaat PenelitianI-6

1.5. Batasan MasalahI-6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Genteng Beton.....II-1

2.2. Rekayasa Mutu.....	II-2
2.3. Desain Eksperimen.....	II-2
2.4. Metode Taguchi	II-3
2.4.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi	II-4
2.4.2. Seven Point taguchi	II-5
2.4.3. Tahapan-tahapan Metode Taguchi	II-6
2.4.4. Karakteristik Kualitas Menurut Taguchi	II-6
2.5. Desain Eksperimen Taguchi	II-9
2.5.1. Tahap Perencanaan Eksperimen	II-11
2.5.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	II-16
2.5.3. Tahap Analisa	II-17
2.5.4. Intrepetasi Hasil Eksperimen	II-19
2.5.5. Eksperimen Konfirmasi	II-23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	III-1
3.2. Jenis Penelitian.....	III-1
3.3. Objek Penelitian	III-1
3.4. Variabel Penelitian	III-1
3.5. Definisi Operasional.....	III-2
3.6. Rancangan Prosedur Penelitian.....	III-4
3.7. Sumber Data.....	III-6
3.8. Metode Pengumpulan Data.....	III-6
3.9. Pengolahan Data.....	III-7
3.10. Analisis Pemecahan Masalah.....	III-8

3.11. Kesimpulan dan Saran.....	III-8
---------------------------------	-------

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data	IV-1
4.2. Pengolahan Data	IV-4
4.2.1. Perancangan Eksperimen dengan Metode Taguchi	IV-4
4.2.1.1. Metode Taguchi.....	IV-4
4.2.1.2. Penentuan Variabel Tak Bebas	IV-4
4.2.1.3. Identifikasi Faktor-faktor (Variabel Bebas).....	IV-4
4.2.1.4. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan	IV-6
4.2.1.5. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor	IV-7
4.2.1.6. Perhitungan Derajat Kebebasan	IV-8
4.2.1.7. Pemilihan Matriks Ortogonal.....	IV-9
4.2.1.8. Penempatan Kolom Faktor Kedalam Matriks.....	IV-10
4.2.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	IV-12
4.2.3. Tahap Analisa	IV-13
4.2.3.1. Analisa Perhitungan Pengaruh Nilai Level dari Faktor	IV-13
4.2.3.2. Analisa Varians Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton.....	IV-16
4.2.3.3. Strategi Pooling Up	IV-19
4.2.3.4. Prediksi Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton	IV-26
4.2.3.5. Perhitungan Variabilitas Kuat Tekan Genteng Beton.....	IV-27
4.2.3.5.1. Menghitung Rasio S/N.....	IV-27
4.2.3.5.2. Pengaruh Level dari Faktor Terhadap Variansi Kuat Tekan Genteng Beton.....	IV-28

4.2.3.5.3.	Analisis Varians Rasio S/N.....	IV-30
4.2.3.5.4.	Pooling Up Faktor Rasio S/N.....	IV-34
4.2.3.5.5.	Prediksi Rasio S/N.....	IV-38
4.2.4.	Eksperimen Konfirmasi.....	IV-39
4.2.4.1.	Hasil Pengolahan Data Eksperimen Konfirmasi.....	IV-40
4.2.4.1.1.	Interval Kepercayaan Rata-rata Eksperimen Konfirmasi.....	IV-40
4.2.4.1.2.	Perhitungan Rasio S/N Eksperimen Konfirmasi.....	IV-40
4.2.4.1.3.	Interval Kepercayaan Rasio S/N Eksperimen Konfirmasi.....	IV-41
4.2.5.	Pembahasan Hasil Pengolahan Data.....	IV-42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

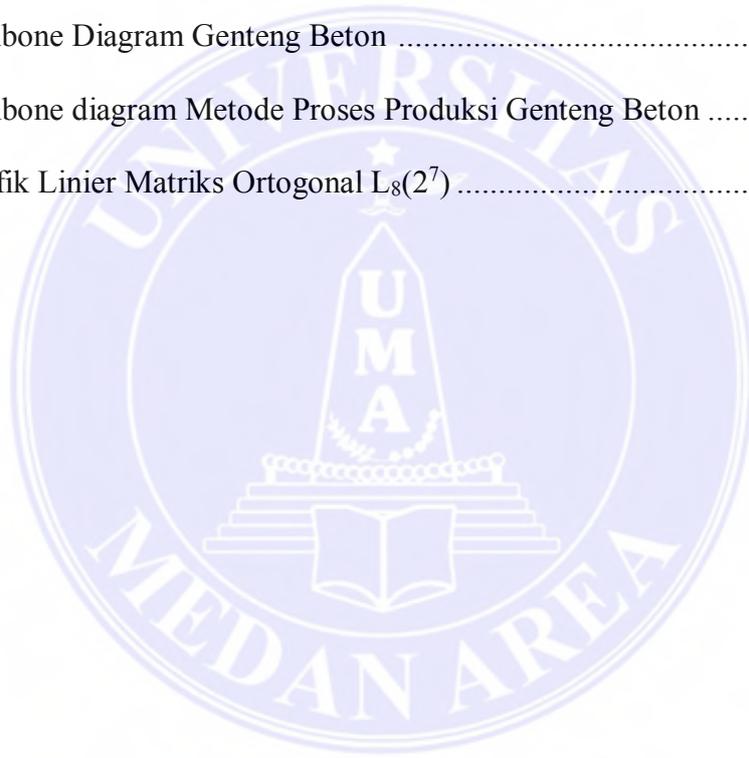
Tabel	Halaman
1.1. Nilai Komposisi Standar untuk Pembuatan 100 buah Genteng Beton ...	I-4
2.1. Kategori Nominal is The Best	II-7
2.2. Kategori Smaller The Better	II-8
2.3. Kategori Larger The Better.....	II-8
2.4. Matriks Ortogonal Standart Dengan 2 Level.....	II-15
2.5. Matriks Ortogonal $L_4(2^3)$	II-15
2.6. Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$	II-15
4.1. Faktor Kontrol Yang Berpengaruh Pada Kualitas Genteng Beton	IV-6
4.2. Pengkodean Faktor Kontrol Pada Proses Produksi Pembuatan Genteng Beton	IV-7
4.3. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor	IV-7
4.4. Pemilihan Ortogonal Array Berdasarkan Jumlah Dof yang sesuai	IV-9
4.5. Matriks Ortogonal Standart dengan Level 2.....	IV-9
4.6. Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$	IV-10
4.7. Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$ Setelah Penempatan Kolom.....	IV-11
4.8. Data Hasil Percobaan Kuat Tekan Genteng Beton	IV-12
4.9. Respon Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton dari Pengaruh Fakor	IV- 15
4.10. Analisa Varians Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton.....	IV-19
4.11. ANAVA Penggabungan Faktor D	IV-21
4.12. Tabel Hasil Pooling Parsial I	IV-22
4.13. Tabel Hasil Pooling Parsial II	IV-24
4.14. Persen Kontribusi.....	IV-25

4.15. Hasil Perhitungan Rasio S/N	IV-28
4.16. Respon Rasio S/N Kuat Tekan Genteng Beton dari Pengaruh Faktor..	IV-30
4.17. Analisis Varians Rasio S/N Kuat Tekan Genteng Beton	IV-33
4.18. Analisis Varians Penggabungan I	IV-34
4.19. Analisis Varians Penggabungan II	IV-36
4.20. Persen Kontribusi	IV-38
4.21. Hasil Percobaan konfirmasi	IV-39
4.22. Interpretasi Hasil Ukuran Kuat Tekan Genteng Beton	IV-42



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1. Kerangka Konseptual Penelitian.....	III-2
3.2. Blok Diagram Penelitian	III-5
3.3. Blok Diagram Pengolahan Data Dengan Metode Taguchi	III-7
4.1. Urutan Proses Produksi Genteng Beton UKM Gunung Jati	IV-3
4.2. Flowchart Proses Pembuatan Genteng Beton.....	IV-5
4.3. Fishbone Diagram Genteng Beton	IV-5
4.4. Fishbone diagram Metode Proses Produksi Genteng Beton	IV-6
4.5. Grafik Linier Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$	IV-11



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel F untuk Tingkat Kepercayaan 90 %L-1



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Perkembangan teknologi dan kemajuan industri semakin berkembang pesat memacu peningkatan pembangunan disegala sektor kehidupan, untuk itu harus senantiasa diimbangi dengan perkembangan industri dalam berbagai bidang produksi. Upaya peningkatan kualitas dan mutu hasil produksi, baik industri besar maupun industri rumah tangga (*home industry*) terus diupayakan. Sejalan dengan perkembangan perindustrian, maka industri bahan bangunan juga terpengaruh diantaranya yaitu industri pembuatan genteng beton. Genteng beton menurut Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2007, (SNI 0096) adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap, atap terbuat dari campuran merata antara semen, pasir atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan tambahan lain. Seiring dengan hal tersebut, maka tuntutan akan mutu dan kualitas produksi yang dihasilkan semakin meningkat pula. Sehingga, mengharuskan produsen genteng beton mampu menjaga dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

UKM Gunung Jati merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan genteng beton, paving blok, keramik, roster (ventilasi) dan riol. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1968 oleh bapak H.Ahmad Banaim selaku pemilik perusahaan tersebut. Akan tetapi saat ini manajemen dan tanggung jawab perusahaan telah diserahkan ke anaknya yaitu bapak Muhammad Banaim. UKM

Gunung Jati memiliki kantor pemasaran yang beralamat di Jalan Halat No. 142 Medan, sedangkan pabriknya berlokasi di depan kantor pemasarannya di Jalan Halat No.56D Medan. .

Dalam proses produksi, UKM Gunung Jati masih sering menghasilkan produk yang kualitasnya tidak memenuhi standart atau cacat produk. Dalam pengamatan langsung ke UKM Gunung Jati, ternyata didapat bahwa produk yang sering mengalami cacat produksi adalah genteng beton. Karena penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk, maka dapat ditetapkan bahwa produk yang diteliti adalah genteng beton. Selain daripada pertimbangan tersebut, faktor pendukung lainnya adalah saat penelitian ini berlangsung UKM Gunung Jati tengah menjalankan proses produksi untuk genteng beton dan untuk proses produksi produk lainnya sedang berhenti.

Masalah yang sering terjadi pada proses produksi genteng beton yaitu masih adanya produk yang mudah pecah karena kuat tekan dari genteng beton yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Kecacatan yang terdapat pada produk genteng beton berupa retak, sompel atau cuil, dan pecah. Maka dengan demikian akan dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas genteng beton dan hal yang menjadi penyebab kecacatan produk genteng beton dan kombinasi komposisi bahan baku pembuatan genteng beton yaitu semen, pasir, tepung mill, dan air dengan melakukan desain eksperimen taguchi dalam pembuatan genteng beton dengan campuran yang ditentukan, sehingga memperoleh kekuatan yang melebihi kekuatan tekan yang telah jadi acuan UKM Gunung Jati.

Kualitas genteng beton dinilai dari besarnya kokoh tekan (atau biasa disebut dengan kekuatan tekan atau kuat tekan) dari genteng beton tersebut. Kuat tekan adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Dengan kata lain, semakin kuat tekannya, semakin baik pula kualitas dari sebuah genteng beton.

Kualitas genteng beton sangat dipengaruhi oleh cara dan teknik pembuatannya, hal ini dikarenakan jika dalam proses pembuatan genteng beton tidak dilakukan sesuai dengan prosedur, maka akan mengakibatkan berkurangnya kualitas dari genteng beton tersebut. Hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam proses pembuatan genteng beton adalah komposisi bahan baku dari genteng beton tersebut, oleh sebab itu untuk meningkatkan kualitas genteng beton serta mengurangi adanya cacat produk atau pengerjaan ulang dari produk yang dihasilkan maka perlu dilakukan penelitian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas genteng beton, untuk mengidentifikasi faktor-faktor kontrol yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton dan untuk mendapatkan setting terbaik dalam menghasilkan produk yang diharapkan.

Bahan baku utama pembuatan genteng beton adalah semen, pasir, tepung mill dan air. Semen yang digunakan adalah semen merah putih sebagaimana yang biasa digunakan untuk bangunan umum yang tidak memiliki persyaratan khusus dalam pencampuran bahan baku. Pasir yang digunakan berasal dari pasir gunung. Selain semen dan pasir, pembuatan genteng beton juga menggunakan tepung mill yang berfungsi sebagai tambahan campuran pembuatan genteng beton.

Penggunaan tepung mill lebih banyak dari pasir dikarenakan tepung mill dapat menguatkan genteng beton.

Tabel 1.1 Menunjukkan nilai komposisi yang digunakan di UKM Gunung Jati selama proses pembuatan Genteng Beton.

Tabel 1.1 Nilai Komposisi Standar untuk Pembuatan 100 Buah Genteng

Beton

Bahan	Minimum	Normal	Maksimum
Semen	100 kg	120 kg	135 kg
Pasir	35 kg	40 kg	47 kg
Tepung Mill	42 kg	50 kg	60 kg
Air	15 ltr	20 ltr	25 ltr

Sumber: UKM Gunung Jati

Metode Taguchi digunakan untuk prosedur percobaan perancangan parameter yang menyatakan nilai-nilai atau setting dari variabel yang dapat dikendalikan dan ditetapkan agar variasi yang disebabkan oleh beberapa faktor gangguan dapat diminimalkan. Metode taguchi sangat cocok digunakan untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dan dapat diterapkan dengan baik untuk mengoptimalkan interaksi dari proses pemesinan misalnya kekasaran permukaan, dan sebagainya. Metode Taguchi juga dapat diterapkan untuk mengoptimalkan beberapa faktor eksperimen di industri.¹

¹ Kunda kumar dan Hari Singh. 2012. Optimal Material Removal and Effect of Process Parameters of Cylindrical Grinding Machine By Taguchi Method.

Dengan melakukan desain eksperimen Taguchi ini, diharapkan dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton dan menghasilkan kombinasi dan komposisi bahan baku yang tepat yang memberikan kuat tekan genteng beton maksimal yang diinginkan oleh konsumen serta memberikan peningkatan kualitas terhadap produk yang dihasilkan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka perumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kecacatan produk Genteng Beton?
2. Bagaimana kombinasi dan komposisi bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan kuat tekan Genteng Beton yang dapat mengurangi kecacatan produk dalam meningkatkan kualitas genteng beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui faktor apa saja yang berpengaruh dan paling berpengaruh signifikan terhadap kuat Genteng Beton.
2. Mengetahui kombinasi dan komposisi terbaik bahan baku genteng beton untuk menghasilkan kuat tekan genteng beton yang optimum dengan desain eksperimen.
3. Meningkatkan kualitas dari produk genteng beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana Metode Taguchi dapat bermanfaat untuk mengendalikan tingkat kerusakan atau cacat pada produk yang terjadi pada UKM Gunung Jati.
2. Memberikan manfaat bagi pihak UKM Gunung Jati sebagai bahan masukan yang berguna untuk mengetahui faktor yang mengakibatkan kecacatan pada produk dan melakukan tindakan perbaikan kualitas produk dari hasil penelitian yang diperoleh.
3. Bagi penulis penelitian ini memberikan pengalaman dalam menerapkan teori yang diperoleh diperguruan tinggi ke dalam lingkungan industri secara nyata dalam menyelesaikan masalah.
4. Memberikan rujukan atau referensi bagi kalangan akademisi untuk keperluan studi dan penelitian selanjutnya mengenai topik permasalahan yang sama.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar tetap fokus pada masalah yang dihadapi, maka perlu adanya pembatasan terhadap ruang lingkup penelitian. Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Objek penelitian adalah Genteng Beton
2. Penelitian dilakukan di UKM Gunung Jati
3. Faktor- Faktor yang digunakan adalah faktor-faktor yang dapat terukur dan disetujui oleh pihak perusahaan.

4. Penelitian tidak berhubungan dengan biaya.
5. Metode Analisis yang digunakan adalah Metode Taguchi.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan dalam keadaan stabil pada saat penelitian sehingga data yang mewakili perusahaan dianggap benar.
2. Proses produksi dianggap berjalan dengan lancar.
3. Faktor-faktor yang digunakan adalah faktor yang sangat berpengaruh pada kekuatan tekan genteng beton.
4. Faktor-faktor lain yang tidak digunakan dianggap tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas genteng beton.
5. Analisa yang digunakan hanya sampai analisis desain eksperimen data yang telah dikumpulkan dari perusahaan dan dari sumber lainnya yang dianggap benar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Genteng Beton

Genteng beton menurut Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2007, (SNI 0096) adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap, atap terbuat dari campuran merata antara semen, pasir atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan tambahan lain. Secara umum genteng beton merupakan salah satu material bangunan yang dipergunakan untuk atap yang dibuat dari beton dan dibentuk sedemikian rupa serta berukuran tertentu, dibuat dengan cara mencampur pasir dan semen ditambah dengan air, kemudian diaduk sampai homogen lalu dicetak, selain semen dan pasir sebagai bahan pembuatan genteng beton dapat juga ditambah kapur atau tepung mill. Genteng seperti penutup atap lainnya berfungsi sebagai pelindung dari panas dan hujan. Selain itu tampilan genteng menjadi hal yang penting dalam membantu penampilan aksesoris sebuah rumah.

Ada beberapa jenis genteng pada umumnya yaitu Genteng keramik, Genteng Beton, Genteng Metal, Genteng aspal, Genteng Polycarbonat, Genteng Sirap, Asbes. Dan Genteng beton merupakan genteng berteknologi pembuatan kuno. Genteng ini memiliki bobot yang berat. Sehingga, untuk menampung beratnya, memerlukan rangka kayu yang agak besar.

2.2. Rekayasa Mutu²

Dalam dunia bisnis pangsa pasar dan tingkat profitabilitas adalah dua determinan pokok dari keberhasilan setiap perusahaan dalam menjalankan misinya di dunia bisnis. Perusahaan yang mampu memelihara pangsa pasar dan profitabilitas yang tinggi merupakan kekuatan perusahaan tersebut dalam membangun daya saing. Faktor-faktor yang sangat menentukan daya saing ialah waktu ancap-ancang, unit biaya dan mutu produk. Oleh karena itu, upaya perbaikan mutu telah mendapat perhatian semakin serius. Salah satu pendekatan yang efektif dalam perbaikan mutu produk adalah pembangunan mutu ke dalam proses dan produk secara tepat pada setiap tahapan desain produk dan prosesnya.

Kata mutu memiliki arti yang bersifat relatif sehingga sering menimbulkan perbedaan persepsi diantara orang yang berbeda. Karena faktor mutu semakin menentukan dalam pembangunan pangsa pasar dan profitabilitas maka sangat tidak menguntungkan apabila tidak dapat dibangun persepsi yang sama tentang istilah tersebut.

American National Standards Institute / *American Society of Quality Control* memberikan definisi mutu sebagai berikut :

Quality is the totality of features and characteristics of product or service that bear on its ability to satisfy a given need..

2.3. Desain Eksperimen³

Suatu desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata

² Sinulingga, Sukaria. Pengantar Teknik Industri (Medan :USU Press) Hal 347-348

³ Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Graha Ilmu ; Yogyakarta. Hal 14-15

atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Untuk mencapai hal ini secara efektif dan sesuai secara statistik, level dari faktor kontrol dibuat bervariasi, hasil dari kombinasi pengujian tertentu diamati, dan kumpulan hasil selengkapnya dianalisa untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh dan tingkatan yang baik, dan apakah peningkatan atau pengurangan tingkatan-tingkatan tersebut akan menghasilkan perbaikan lebih lanjut.

Pada Tahun 1930, Dorain Shainin memperkenalkan sejumlah teknik desain eksperimen yang sederhana, mudah dipahami dan diaplikasikan, hemat biaya, kuat secara statistik, teknik desain tersebut adalah teknik klasik, taguchi dan shainin/bothe.

2.4. Metode Taguchi

Metode Taguchi pertama kali dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Dr. Genichi Taguchi memiliki latar belakang *engineering*, juga mendalami statistika dan matematika tingkat lanjut, sehingga ia dapat menggabungkan antara teknik statistik dan pengetahuan *engineering*. Ia mengembangkan metode Taguchi untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan baru.

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi berupaya mencapai sasaran itu dengan menjadikan produk atau proses “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor seperti misalnya material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, kondisi-kondisi operasional. Metode Taguchi

menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (robust) terhadap faktor gangguan (noise), karenanya metode ini disebut juga perancangan kokoh (robust design).⁴

Taguchi menghasilkan disiplin dan struktur dari disain eksperimen. Hasilnya adalah standarisasi metodologi disain yang mudah diterapkan oleh investigator. Adapun filosofi Taguchi terdiri dari tiga konsep, yaitu :

1. Kualitas seharusnya didisain ke dalam suatu produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sehingga kokoh (robust) terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur sebagai fungsi pada seluruh sistem.

Konsep Taguchi dibuat dari penelitian W.E. Deming, bahwa 85% kualitas yang buruk diakibatkan oleh proses *manufacturing* dan hanya 15% dari pekerja. Di dalam metode Taguchi hasil eksperimen harus dianalisa untuk dapat memenuhi satu atau lebih kondisi berikut ini :

1. Menentukan kondisi yang terbaik atau optimum untuk sebuah produk atau sebuah proses.
2. Memperkirakan kontribusi dari masing-masing faktor.
3. Memperkirakan respon atau akibat yang mungkin dari kondisi optimum.

2.4.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi

Kelebihan dari penggunaan metode Taguchi adalah :

⁴ Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode taguchi. Graha Ilmu : Yogyakarta. Hal 15-16

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 *Average* 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.

2.4.2. Seven Point Taguchi

Menurut Robert H. Lochner & Joseph E. Matar (1990), filosofi Taguchi dapat dirangkum menjadi 7 elemen dasar (*seven point Taguchi*) :

1. Dimensi penting dari kualitas produk yang diproduksi adalah total kerugian yang diteruskan oleh produk tersebut ke konsumen.
2. Dalam era ekonomi yang penuh persaingan, perbaikan kualitas secara terus menerus dan pengurangan biaya adalah penting untuk dapat bertahan dalam bisnis.
3. Perbaikan yang terus menerus meliputi pengurangan variasi dari karakteristik produk dari nilai target mereka.

4. Kerugian yang diderita konsumen akibat produk yang bervariasi seringkali mendekati proporsi deviasi kuadrat dari karakteristik dari nilai targetnya.
5. Kualitas akhir dan biaya proses produksi ditentukan oleh perluasan yang besar dari desain *engineering* dari produk dan proses produksinya.
6. Variasi dari produk atau proses dapat dikurangi dengan mengeksploitasikan efek nonlinear dari parameter produk atau proses pada karakteristik.
7. Desain eksperimen statistik dapat digunakan untuk mengidentifikasi *setting* parameter dari produk atau proses yang akhirnya dapat mengurangi variasi.

2.4.3. Tahap-tahapan Metode Taguchi

Dalam metode Taguchi terdapat 3 tahap untuk mengoptimasi desain produk atau produksi yaitu :

1. *System Design*

Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam / teknik, perubahan baru atau kombinasinya. Tahap ini adalah untuk memperoleh ide-ide baru dan mewujudkannya dalam produk baru atau inovasi proses.

2. *Parameter Design*

Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau *prototype* matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistik.

Tujuannya adalah mengidentifikasi *setting* parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan pada variasi dari target.

3. *Tolerance Design*

Penentuan toleransi dari parameter yang berkaitan dengan kerugian pada masyarakat akibat penyimpangan produk.

2.4.4. Karakteristik Kualitas menurut Taguchi

Setiap produk didesain untuk menghasilkan fungsi tertentu. Beberapa karakteristik pengukuran, biasanya menunjukkan karakteristik kualitas, digunakan untuk mengekspresikan sejauh mana sebuah produk menjalankan fungsinya. Di dalam banyak kasus, karakteristik kualitas biasanya merupakan kuantitas produk seperti “baik”, “buruk”, dan “rendah” juga kerap kali digunakan.

Karakteristik kualitas adalah hasil suatu proses yang berkaitan dengan kualitas. Karakteristik kualitas yang terukur menurut Taguchi dapat dibagi menjadi 3 kategori :

1. *Nominal is the best*

Karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai target yang tepat pada suatu nilai tertentu. Yang termasuk kategori ini adalah :

Tabel 2.1. Kategori *Nominal is the best*

Berat	Panjang	Lebar	Kerapatan
Ketebalan	Diameter	Luas	Kecepatan
Volume	Jarak	Tekanan	Waktu

2. *Smaller the better*

Pencapaian karakteristik dimana apabila semakin kecil (mendekati nol; nol adalah nilai ideal dalam hal ini) semakin baik. Contoh yang termasuk kategori ini adalah:

Tabel 2.2 Kategori *Smaller the better*

Pemborosan Panas	Persen Kontaminasi	Hambatan
Penyimpangan	Kebisingan	Produk Gagal
Waktu Proses	Waktu Respon	Kerusakan

3. *Larger the better*

Pencapaian karakteristik kualitas semakin besar semakin baik (tak terhingga sebagai nilai idealnya). Contoh dari karakteristik ini adalah :

Tabel 2.3. Kategori *Larger the better*

Kekuatan	Kekuatan Tarik	Efsiensi
Waktu Antar	Ketahanan Terhadap	Korosi

Perancangan parameter yang dikembangkan oleh Taguchi merupakan suatu pengembangan dari riset peningkatan kualitas yang menggunakan dasar perancangan tangguh atau robust). Dalam rekayasa yang terpenting adalah dapat membangkitkan informasi tentang bagaimana perancangan parameter yang berbeda mempengaruhi unjuk kerja di bawah kondisi penggunaan yang berbeda. Dalam perancangan parameter ditujukan untuk meminimumkan pengaruh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable factors*) dan menentukan level optimal dari faktor-faktor yang dapat dikendalikan (*controllable factors*).

Taguchi membagi daya guna meningkatkan kualitas produk atas tiga hal, yaitu:

1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem adalah upaya dimana konsep-konsep, ide-ide, metode-metode baru dan sebagainya dimunculkan untuk memberikan peningkatan produk kepada pemakai. Sebagai salah satu cara untuk meningkatkan persaingan yaitu dengan terus mengembangkan teknologi baru, sehingga dalam hal ini konsep-konsep, metode maupun penemuan baru sangat bermanfaat dalam desain sistem.

2. Perancangan Parameter

Perancangan parameter adalah hal yang sangat penting dalam upaya meningkatkan keseragaman produk atau mencegah tingginya variabilitas. Pada tahap ini parameter-parameter dari produk atau proses tertentu ditetapkan untuk menghasilkan performansi produk menjadi kurang atau sensitif terhadap penyebab variabilitas. Desain eksperimen dilakukan untuk mendapatkan kondisi faktor-faktor yang tahan terhadap penyebab timbulnya variabilitas.

3. Perancangan Toleransi

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

2.5. Desain Eksperimen Taguchi⁵

Desain eksperimen Taguchi dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen. Tiga tahap tersebut adalah :

1. Tahap Perencanaan
2. Tahap Pelaksanaan

⁵ Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Graha Ilmu : Yogyakarta. Hal 18-19

3. Tahap Analisa

Tahap Perencanaan merupakan tahap terpenting. Seorang peneliti akan belajar berbagai hal dari beberapa eksperimen, kadangkala informasi yang diperoleh dari eksperimen akan positif dan juga negatif. Informasi positif tentang merupakan indikasi tentang faktor dan level-level manakah yang akan mengarah kepada peningkatan peformasi produk atau proses. Informasi yang negatif merupakan indikasi tentang faktor-faktor manakah yang tidak berpengaruh terhadap peningkatan peformasi produk atau proses, namun faktor-faktor yang berpengaruh tidak dapat ditemukan.

Tahap Pelaksanaan merupakan tahap terpenting berikutnya, ketika hasil-hasil pengujian dikumpulkan. Jika eksperimen terencana dan terlaksana secara baik, analisa akan jauh lebih mudah dilakukan dan akan menghasilkan informasi positif tentang faktor dan level.

Tahap Analisa merupakan tahap yang tingkat kepentingannya paling kecil dalam kaitannya dengan apakah eksperimen akan memperoleh hasil yang positif. Namun, fase ini paling bersifat statistik. Karena keterlibatan statistiknya paling besar, tahap analisa umumnya merupakan tahap yang paling kurang dimengerti oleh ahli produk atau proses.

Desain eksperimen yang baik, apabila eksperimen yang dilakukan sesuai dengan masalahnya dan mempunyai efisiensi yang tinggi, yaitu apabila eksperimen dilakukan dengan menggunakan biaya, waktu dan usaha yang minimum tetapi dapat memberikan informasi yang optimum. Langkah-langkah utama untuk eksperimen yang efektif dapat dilihat sebagai berikut.

2.5.1. Tahap perencanaan Eksperimen⁶

Tahap eksperimen merupakan tahap perumusan masalah, penetapan tujuan eksperimen, penentuan variabel tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variabel bebas), pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan, penentuan jumlah level dan nilai level faktor, letak dalam kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan, dan pemilihan matriks ortogonal.

1. Perumusan Masalah

Langkah pertama adalah merumuskan masalah/mendefinisikan masalah atau fokus 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 Variabel 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

⁶ Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Graha Ilmu : Yogyakarta. Hal 19-24

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

Brainstorming merupakan pemikiran kreatif tentang pemecahan suatu masalah, tanpa melihat apakah yang diungkapkan itu masuk akal atau tidak.

b. Flowchart

Pada metode ini yang dilakukan adalah mengidentifikasi faktor – faktor melalui flowchart proses pembuatan objek yang diamati.

c. Diagram Sebab-Akibat

Diagram sebab akibat merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab (faktor-faktor) potensial.

5. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Faktor – faktor yang diamati terbagi atas faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode Taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat di atur atau dikendalikan.

Sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang tidak bisa diatur atau bila di atur 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. Bentuk umum persamaan umum dari derajat kebebasan matrik ortogonal (*Orthogonal Array*), (V_{oa}), dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati adalah sebagai berikut :

$$V_{oa} = \text{banyaknya eksperimen} - 1$$

Dimana :

$$V_{oa} = \text{Derajat kebebasan matriks ortogonal}$$

Derajat kebebasan faktor dan level (V_{lf}) untuk menghitung jumlah level yang harus di uji atau diadakan pengamatan pada sebuah faktor, bentuk persamaannya adalah sebagai berikut :

$$V_{lf} = \text{banyaknya eksperimen} - 1$$

Dimana :

$$V_{lf} = \text{Derajat kebebasan faktor dan level}$$

Untuk mengetahui derajat kebebasan dari sebuah matriks eksperimen atau total derajat kebebasan adalah :

$$\text{Total } V_{if} = (\text{banyaknya faktor}) \times (V_{if})$$

Dimana :

$$V_{if} = \text{Derajat kebebasan faktor dan level}$$

8. Pemilihan Matriks Ortogonal

Pemilihan matriks ortogonal 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 ortogonal yang dipilih.

Bentuk umum dari model matriks ortogonal adalah :

$$L a (b^c)$$

Dimana :

L = Rancangan Bujur Sangkar Latin

a = Banyak Baris/Eksperimen

b = Banyak Level

c = Banyak Kolom/faktor

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

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

Matriks Ortogonal standar dengan 2 level mempunyai beberapa pilihan matriks Ortogonal seperti Tabel 2.4

Tabel 2.4 Matriks Ortogonal Standar dengan 2 level

Matriks Ortogonal 2 Level					
$L_4(2^3)$	$L_8(2^7)$	$L_{12}(2^{11})$	$L_{16}(2^{15})$	$L_{32}(2^{31})$	$L_{64}(2^{62})$

sumber: Soejanto Irwan, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*

Dasar untuk mendesain Eksperimen dengan menggunakan metodologi Taguchi adalah matriks ortogonal. Ortogonalitas berarti keseimbangan yang tidak bercampur. Pada Tabel 2.5 terlihat faktorial penuh yang terdiri dari dua faktor dan interaksi.

Tabel 2.5 Matriks Ortogonal $L_4(2^3)$

Matriks Ortogonal $L_4(2^3)$			
Eksperimen	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Sumber: Soejanto Irwan, *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*

Pada Tabel 2.6. level 1 terjadi empat kali, dan level 2 terjadi 4 kali juga. Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$ dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$

Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$							
Eksperimen	KOLOM/FAKTOR						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1

8 2 2 1 2 1 1 2

sumber: Soejanto Irwan, *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*

Selain menentukan efek faktor secara individual, dengan menggunakan teknik yang sama kita dapat mengetahui efek yang disebabkan oleh interaksi.

9. Penempatan Kolom Untuk Faktor dan Interaksi ke Dalam Matriks Ortogonal

Penempatan kolom untuk faktor dan interaksi ke dalam matriks ortogonal Taguchi menyatakan Grafik linier dan tabel Triangular untuk memudahkan peletakan faktor dan interaksi untuk setiap matriks ortogonal.

a. Grafik linier

Grafik linier adalah representasi grafik dari informasi interaksi dalam suatu matriks eksperimen. Setiap titik pada grafik linier mewakili suatu faktor utama garis yang menghubungkan dua titik menggambarkan interaksi antar dua faktor yang bersangkutan.

b. Tabel Triangular

Tabel Triangular memuat seluruh kemungkinan dan kolom-kolom interaksi untuk setiap tabel matriks ortogonal.

2.5.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen⁷

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

1. Jumlah Replikasi

⁷ Soejanto, Irwan. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu : Yogyakarta. Hal 24-25

Replikasi adalah perulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi 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. Memberikan 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 memungkinkan dilakukan uji signifikan, maka randomisasi bertujuan menjadikan uji tersebut valid dengan menghilangkan sifat bias.

2.5.3. Tahap Analisa⁸

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

⁸ Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Graha Ilmu : Yogyakarta. Hal 25-32

1. Analisis Varians Taguchi

Analisis varians adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistika. Analisis 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 analisis 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. Rasio S/N terdiri dari beberapa tipe karakteristik kualitas, yaitu :

- a. Semakin Kecil, Semakin Baik

Adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non negative.

Nilai semakin kecil (mendekati nol adalah yang diinginkan).

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_1^2 \right)$$

- b. Tertuju pada nilai tertentu

Karakteristik kualitas dengan nilai atau target tidak nol dan terbatas. Atau dengan kata lain nilai yang mendekati suatu nilai ditentukan adalah yang terbaik.

$$S/N = -\log V_e$$

$$S/N = -10 \log \left(\frac{V_m V_e}{n V_e} \right)$$

- c. Semakin Besar, Semakin Baik

Karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non negative. Nilai semakin besar adalah semakin diinginkan

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

Dimana :

n : Jumlah pengulangan dari suatu percobaan

y : data yang diperoleh dari percobaan

2.5.4. Interpretasi Hasil Eksperimen

Dalam menganalisa hasil eksperimen dari Taguchi ini menggunakan Analisis Varians, yaitu perhitungan jumlah kuadrat (SS_T), S terhadap rata-rata

(S_n), S faktor atau S *error* (S_e). Interpretasi hasil eksperimen dilakukan dengan menghitung persen kontribusi dan interval kepercayaan antara lain.

1. Persen kontribusi

Persen kontribusi merupakan fungsi jumlah kuadrat untuk masing-masing item yang signifikan. Persen kontribusi mengindikasikan kekuatan relative dari suatu faktor dan atau interaksi dalam mengurangi variasi.

Pada Analisi varians nilai MS untuk suatu faktor (misalnya faktor

A) sebenarnya adalah :

$$MS_A = MS'_A + MS_e$$

$$MS_A = \frac{SS'_A}{V_A}$$

$$\text{Maka : } SS'_A = SS_A - (V_A) \cdot (MS_e)$$

Nilai ρ (rho) sebagai persentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total, SS_T :

$$\rho = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100 \%$$

Dimana :

SS_A = jumlah kuadrat deviasi dari target

SS'_A = jumlah kuadrat sesungguhnya dari faktor A

V_A = derajat kebebasan A

MS_e = varian (σ^2)

ρ = persentase dari jumlah kuadrat yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total

SS'_A = jumlah kuadrat sesungguhnya dari faktor A

SS_T = Jumlah kuadrat total

Persen kontribusi dari semua sumber (termasuk error) berjumlah 100 %.

2. Interval Kepercayaan

Estimasi dari nilai rata-rata μ didasarkan pada nilai rata-rata yang diperoleh dari eksperimen. Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

Ada tiga jenis interval kepercayaan (*Confidence Interval, CI*) yang berbeda, bergantung pada sasaran estimasi, yaitu : Disekitar nilai rata-rata untuk kondisi perlakuan tertentu dalam eksperimen yang ada. Disekitar estimasi nilai rata-rata dari kondisi perlakuan yang diperkirakan dari eksperimen. Disekitar nilai estimasi rata-rata dari kondisi perlakuan yang digunakan di dalam eksperimen konfirmasi untuk memperjelas perkiraan.

Ada tiga kasus dimana kita perlu menghitung interval kepercayaan :

a. Interval Kepercayaan Untuk Level Faktor

Perhitungan interval kepercayaan untuk level faktor digunakan rumus :

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, V_1, V_2} \times V_e \left(\frac{1}{n}\right)}$$

Dimana :

CI = Interval Kepercayaan

F_{α, v_1, v_2} = Nilai F-Ratio dari Tabel

α = Resiko, level kepercayaan = 1- resiko

v_1 = Derajat Kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata dan selalu sama dengan 1 untuk suatu interval kepercayaan.

v_2 = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan derajat kebebasan dari variansi *pooled error*.

V_e = Variansi *pooled error*

n = Jumlah pengamatan yang digunakan untuk menghitung rata-rata (mean).

Sehingga jika Rata-Rata sesungguhnya adalah $\mu_{\bar{A}1}$, maka

$$\mu_{\bar{A}1} = \bar{A} \pm Cl \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{A}1 - Cl \leq \mu_{\bar{A}1} \leq \bar{A}1 + Cl \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$\mu_{\bar{A}1}$ = rata-rata sesungguhnya

$\bar{A}1$ = interval kepercayaan

b. Interval Kepercayaan Untuk Perkiraan Rata-Rata

Perhitungan interval kepercayaan untuk perkiraan rata –rata proses optimum adalah sebagai berikut :

$$Cl = \sqrt{F_{\alpha, v_1, v_2} \times V_e \left(\frac{1}{n_{eff}} \right)}$$

Dimana :

Cl = Interval Kepercayaan

F_{α, v_1, v_2} = Nilai F-Ratio dari Tabel

α = Resiko, level kepercayaan = 1- resiko

v_1 = Derajat Kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata dan selalu sama dengan 1 untuk suatu interval kepercayaan.

v_2 = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan derajat kebebasan dari variansi *pooled error*.

V_e = Variansi *pooled error*

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{\text{jumlah derajat kebebasan dalam perkiraan rata-rata}}$$

c. Interval Kepercayaan Untuk Perkiraan rata-rata Eksperimen konfirmasi

Eksperimen konfirmasi digunakan untuk verifikasi bahwa rata-rata yang ditaksir untuk faktor dan level yang telah dipilih dari eksperimen matriks ortogonal adalah valid. Sehingga terlalu sedikit contoh yang diambil akan sulit untuk menentukan validitas dari rata-rata yang diperkirakan.

2.5.5. Eksperimen Konfirmasi⁹

Eksperimen konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk memverifikasi :

1. Dugaan yang dibuat pada saat model peformasi penentuan faktor dan interaksinya

⁹ Soejanto, Irwan. 2009. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Graha Ilmu : Yogyakarta. Hal 32-33

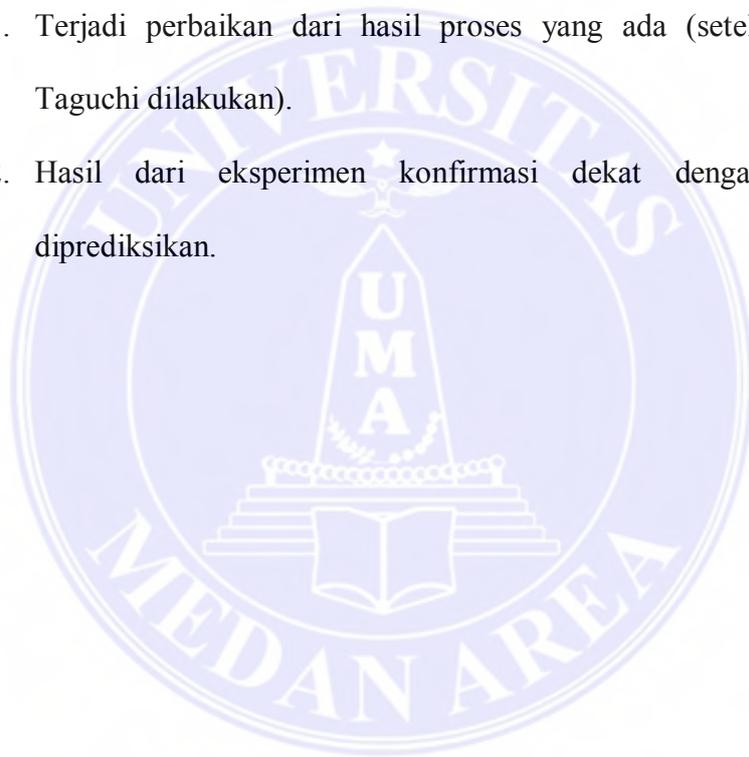
2. Merancang parameter (faktor) yang optimum hasil analisi dari hasil percobaan pada peformasi yang diharapkan.

Langkah – Langkah eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut :

1. Merancang kondisi optimum untuk faktor dan level signifikan.
2. Membandingkan rata-rata dan variasi hasil percobaan konfirmasi dengan rata-rata dan variansi yang diharapkan.

Eksperimen konfirmasi dinyatakan berhasil jika :

1. Terjadi perbaikan dari hasil proses yang ada (setelah eksperimen Taguchi dilakukan).
2. Hasil dari eksperimen konfirmasi dekat dengan nilai yang diprediksikan.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada UKM Gunung Jati yang terletak di Jalan Halat No. 142 / 56 D Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.

3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian desain eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan terbesar pada proses pembuatan Genteng Beton dan melakukan perbaikan dengan menentukan komposisi Genteng Beton yang memiliki kekuatan tekan yang terbaik. Dimana faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan genteng beton adalah Jumlah Semen, Pasir, Tepung Mill, dan Air. Komposisi yang terbaik dapat digunakan sebagai komposisi Genteng Beton sehingga meningkatkan kualitas kekuatan.

3.3. Objek Penelitian

Objek penelitian yang diteliti adalah produk Genteng Beton yang ditinjau dari kekuatan produk. Objek ini diamati secara langsung di lantai produksi.

3.4. Variabel Penelitian

Menurut hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain, variabel-variabel penelitian dibagi atas :

1. Variabel *Independen (predictor variabel)*

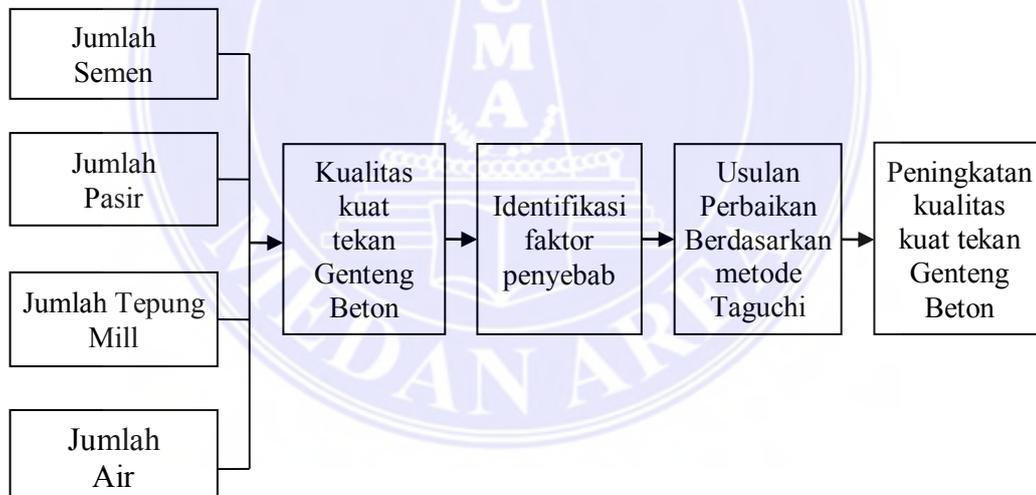
Variabel bebas merupakan variabel penelitian yang mempengaruhi dan menjadi sebab perubahan atau timbulnya variabel akibat. Variabel

bebas pada penelitian ini adalah jumlah semen, jumlah pasir, jumlah tepung mill, dan jumlah air.

2. Variabel *Dependen* (variabel tergantung, terpengaruh)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tekan dari produk Genteng Beton. Dan karakteristik kualitasnya adalah semakin kuat, semakin baik (*larger-the-better*).

Kerangka konseptual menunjukkan hubungan logis antar variabel untuk menganalisis masalah penelitian. Kerangka konseptual yang dibentuk oleh hubungan-hubungan antar variabel dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Kerangka Konseptual Penelitian

3.5. Definisi Operasional

Definisi operasional variabel penelitian adalah suatu atau sifat atau objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu dengan cara memberikan arti, menspesifikasi kegiatan ataupun memberikan suatu operasional yang diperlukan

untuk mengukur variabel tersebut yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.¹⁰

1. Semen adalah zat yang digunakan untuk merekatkan batu, batako maupun bahan bangunan lainnya. Semen juga dapat menjadi bahan dasar bahan bangunan. Jumlah semen dalam komposisi genteng beton merupakan bahan utama yang perlu diperhatikan.
2. Pasir adalah butiran halus yang terdiri dari butiran berukuran 0,15-5 mm yang didapat dari hasil diintegrasi batuan alam atau juga dari pecahan batuan alam (Tjokrodimulyo,1996). Pasir yang digunakan dalam pembuatan genteng beton merupakan pasir darat.
3. Tepung mill adalah tepung atau zat berjenis bubuk halus yang memang tepung mill sendiri diperuntukan khusus untuk industri dan bentuknya sama seperti tepung tapioka bahan pembuat kue.
4. Air adalah senyawa yang penting bagi kehidupan sama seperti pentingnya saat air dibutuhkan sebagai pencampur atau pelumas seluruh bahan baku utama pembuatan genteng beton agar tercampur dengan rata saat di mixer.
5. Kualitas genteng beton dapat dinilai dari besarnya kuat tekan genteng beton. Kuat tekan genteng beton adalah besarnya beban persatuan luas.
6. Identifikasi faktor penyebab adalah mencari, menemukan, mengumpulkan, meneliti, mencatat beberapa hal atau faktor yang dapat menyebabkan kekuatan genteng beton.

¹⁰ Sugiyono. 2013. Metode Penelitian Manajemen, Cetakan Ketiga. Alfabeta : Bandung. Hal 38

7. Usulan perbaikan berdasarkan metode taguchi adalah setelah diketemukannya beberapa faktor penyebab kualitas genteng beton maka akan diusulkan perbaikan dengan metode taguchi.
8. Peningkatan kualitas genteng beton merupakan hasil akhir dan merupakan tujuan dari penelitian ini dengan adanya peningkatan kualitas genteng beton setelah di usulkan perbaikan dengan menggunakan metode taguchi.

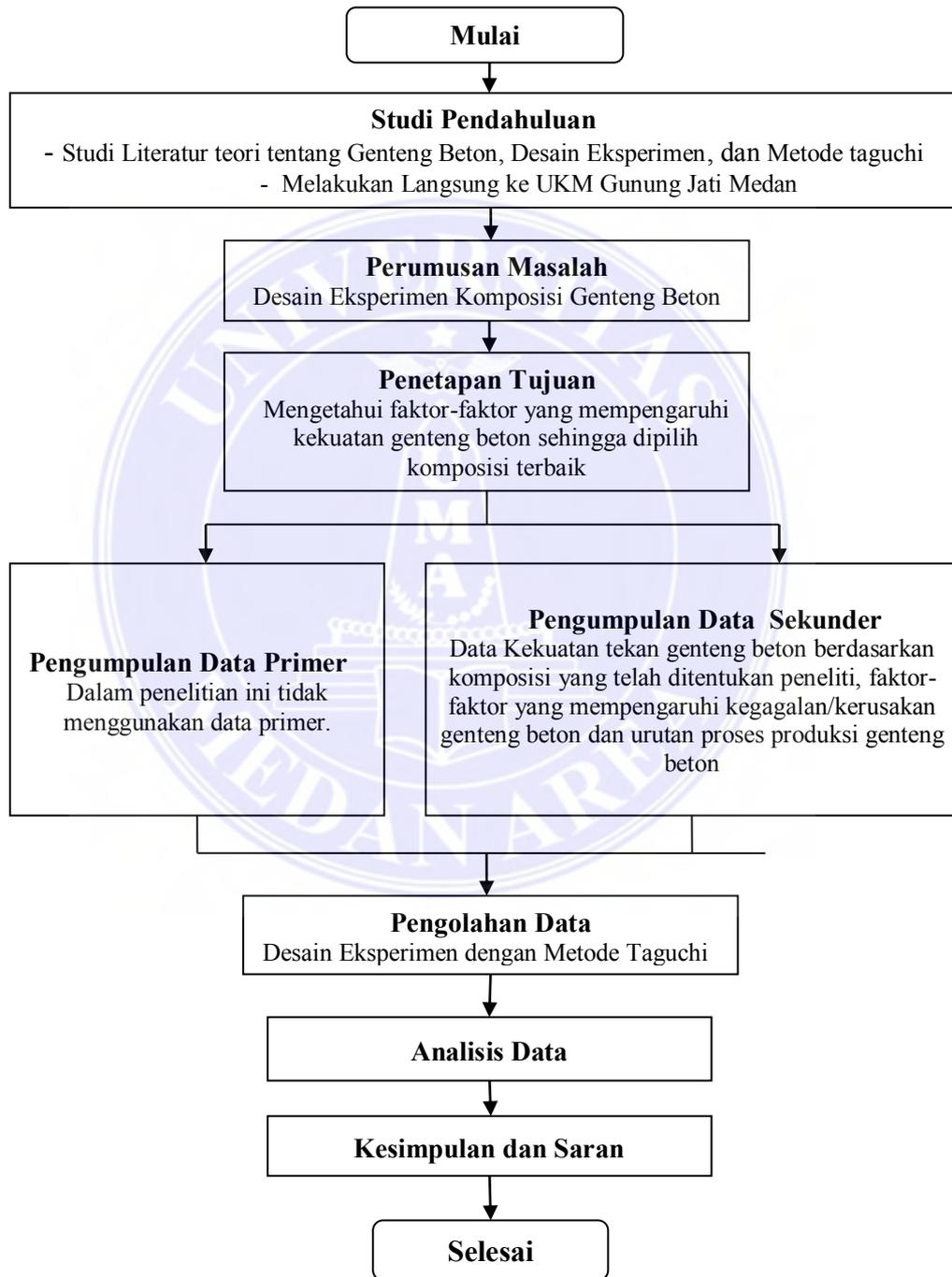
3.6. Rancangan Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pada awal penelitian dilakukan studi pendahuluan untuk mengetahui kondisi perusahaan, proses produksi, dan informasi pendukung yang diperlukan serta studi literatur tentang metode pemecahan masalah yang digunakan dan teori pendukung lainnya.
2. Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data.
3. Data yang dikumpulkan ada dua jenis yaitu :
 - a. Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan pengamatan langsung. Namun, pada penelitian ini tidak menggunakan data primer.
 - b. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari perusahaan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa urutan proses produksi Genteng Beton, faktor penyebab kegagalan/kerusakan Genteng Beton dan data kekuatan tekan dari produk Genteng Beton yang diperoleh dalam penelitian ini.
4. Pengolahan data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan.

5. Analisis Terhadap Hasil pengolahan data.
6. Ditarik kesimpulan dan diberikan saran untuk penelitian.

Langkah-langkah prosedur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Penelitian

3.7. Sumber Data

Berdasarkan sumber diperolehnya data pada penelitian ini, maka data dibagi kedalam dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer adalah informasi atau data orisinal yang dikumpulkan dan berhubungan dengan objek yang akan diteliti. Mengumpulkan data primer dengan pengamatan langsung dan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan untuk mendapat data yang dibutuhkan. Instrumen dari pengumpulan data adalah wawancara. Adapun data yang dibutuhkan adalah data hasil pengamatan yang di analisis dengan metode Taguchi. Namun, dalam penelitian ini tidak menggunakan data primer.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung yang biasanya berbentuk dokumen, file, arsip, atau catatan-catatan perusahaan. Data ini diperoleh melalui dokumentasi perusahaan, literatur dan buku bacaan lainya yang berhubungan dengan penelitian. Adapun data sekunder adalah struktur organisasi perusahaan dan manajemen perusahaan.

3.8. Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

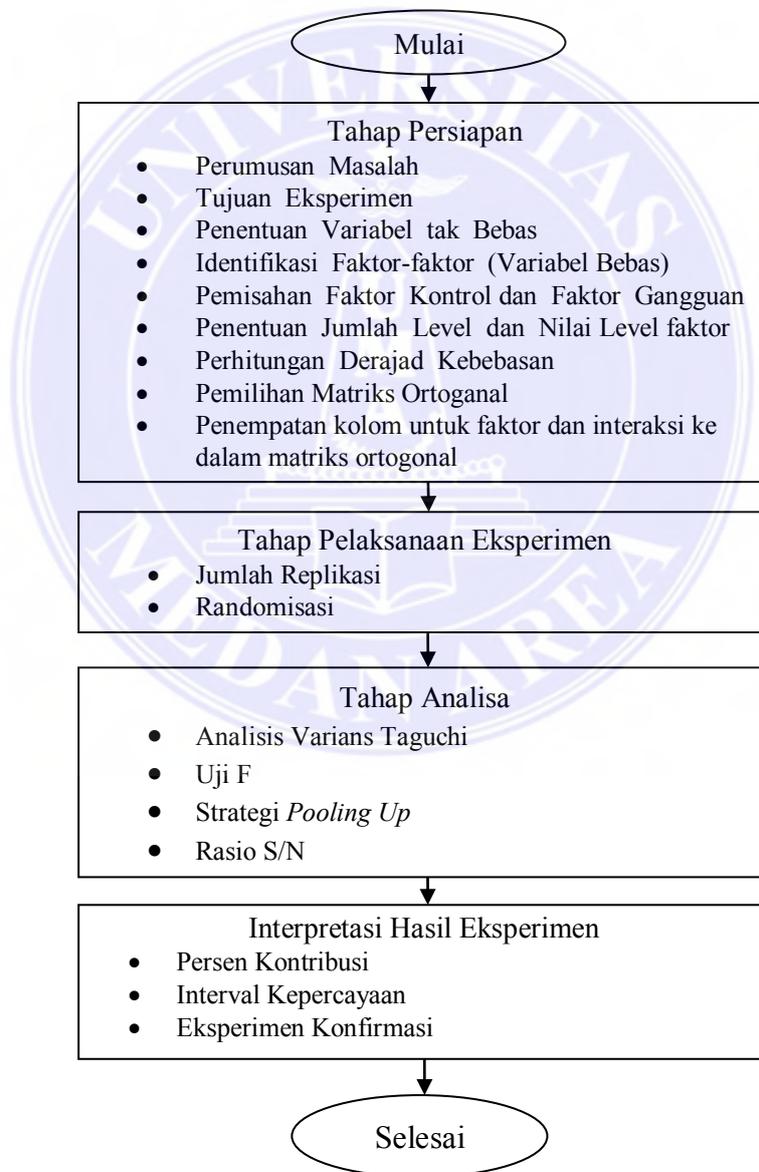
1. Observasi yaitu metode pengumpulan data dengan menggunakan pengamatan langsung pada objek yang diteliti untuk memperoleh data yang relevan.
2. Melakukan wawancara terhadap pimpinan maupun pekerja yang bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan aktual.

3. Studi literatur yaitu melakukan studi literatur dari berbagai buku yang sesuai dengan permasalahan yang diamati dalam perusahaan.

3.9. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi untuk menentukan komposisi Genteng Beton yang terbaik terhadap Kuat tekan.

Blok diagram pengolahan data dengan metode Taguchi dapat dilihat pada gambar 3.3



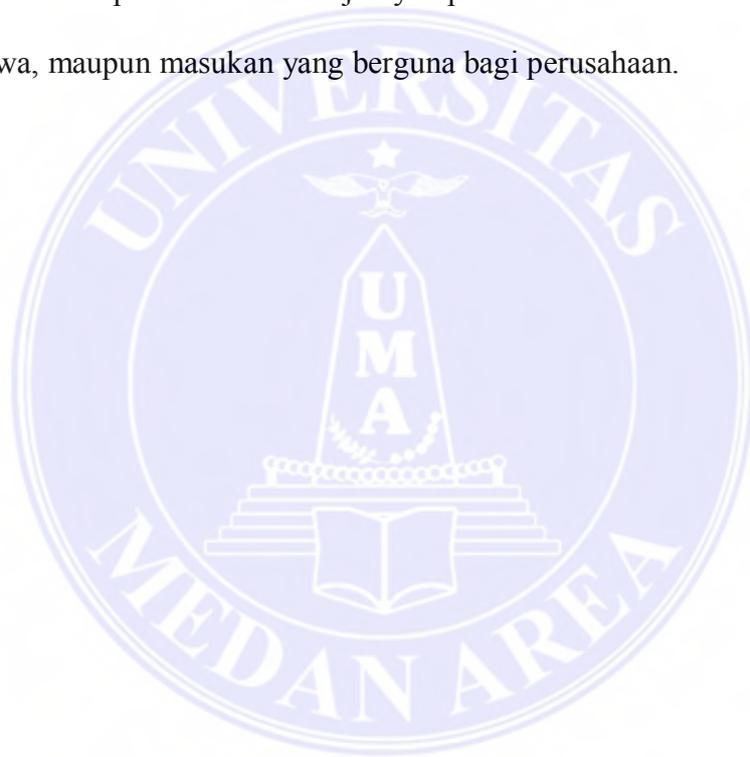
Gambar 3.3 Blok Diagram Pengolahan Data Dengan Metode Taguchi

3.10. Analisis Pemecahan Masalah

Pada bagian ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data dan dibandingkan dengan teori yang mendasari dan yang diterapkan perusahaan kemudian dievaluasi.

3.11. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir dari penelitian ini ditarik kesimpulan yang berisi hal-hal penting dalam penelitian. Selanjutnya pemberian saran untuk kepentingan mahasiswa, maupun masukan yang berguna bagi perusahaan.



BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

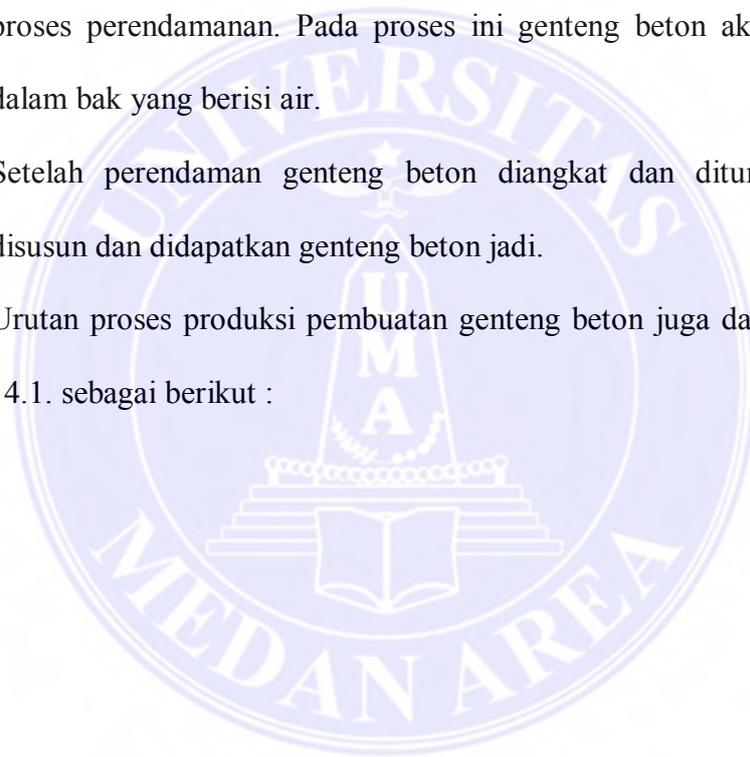
4.1. Pengumpulan Data

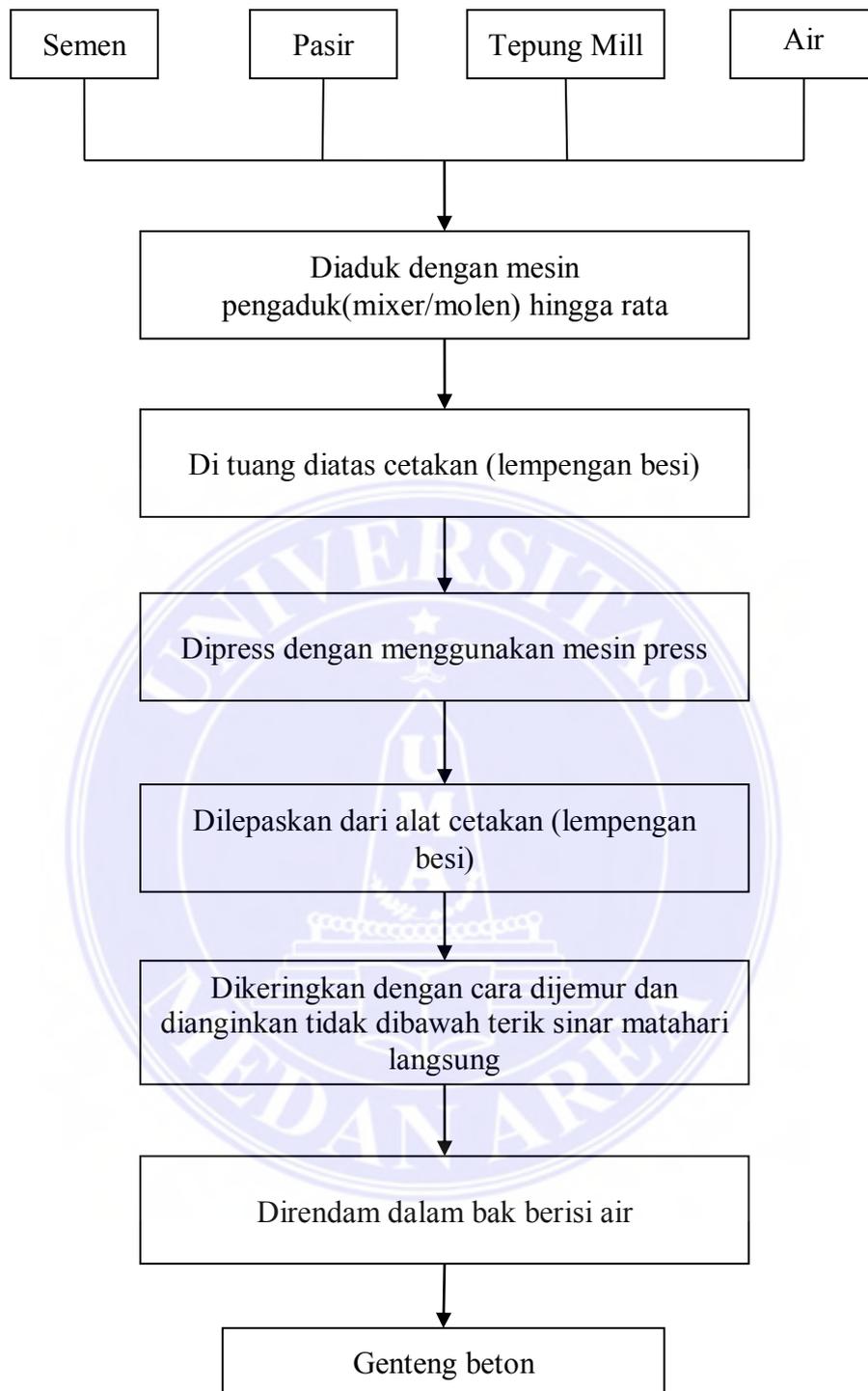
Data merupakan kunci untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dan metode pengumpulan data sangat berpengaruh untuk mendapatkan data yang benar. Data yang dikumpulkan adalah urutan proses produksi genteng beton.

1. Pasir diayak untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dan untuk memisahkannya dengan kotoran. Pasir yang digunakan dalam pembuatan genteng beton adalah pasir darat.
2. Pasir, Semen, Tepung Mill diaduk sampai rata dengan menggunakan mesin pengaduk (mixer) dan setelah rata ditambahkan air.
3. Adonan tersebut diaduk kembali sehingga didapat adukan yang rata dan siap dipakai.
4. Adukan yang siap dipakai ditempatkan dibak dorong yang nantinya adukan akan diambil sesuai ukuran dengan gayung besi untuk dituang ke alat cetak genteng beton berupa lempengan besi khusus.
5. Setelah dituang ke lempengan sesuai ukuran, lempengan besi khusus tersebut ditekan sampai padat dan mengikuti pola mal cetakan dengan menggunakan mesin press.
6. Genteng beton yang sudah jadi tersebut kemudian dilepaskan dari cetakan dengan cara menempatkan potongan papan yang bentuk dan ukurannya sesuai dengan mal cetakan lempengan besi disisi lainnya dari permukaan genteng beton.

7. Berikutnya alat cetak (lempengan besi) dilepas dengan hati-hati yaitu dengan cara lempengan besi akan dilrekatkan secara perlahan alat khusus yang berupa magnet dengan begitu lempengan besi akan mudah terlepas dan menempel pada magnet.
8. Proses berikutnya adalah mengeringkan genteng beton dengan cara dijemur dan diangin-anginkan tapi tidak dibawah sinar matahari langsung.
9. Setelah penjemuran selesai maka genteng beton selanjutnya akan melalui proses perendaman. Pada proses ini genteng beton akan direndam di dalam bak yang berisi air.
10. Setelah perendaman genteng beton diangkat dan ditumpuk langsung disusun dan didapatkan genteng beton jadi.

Urutan proses produksi pembuatan genteng beton juga dapat dilihat pada Gambar 4.1. sebagai berikut :





Gambar 4.1. Urutan Proses Produksi Genteng Beton UKM Gunung Jati

4.2. Pengolahan Data

4.2.1. Perencanaan Ekperimen dengan Metode Taguchi

4.2.1.1. Metode Taguchi

Masalah atau fokus yang akan diselidiki dalam eksperimen adalah komposisi optimal dalam pembuatan genteng beton yaitu komposisi yang memiliki kuat tekan terbaik. Eksperimen ini bertujuan untuk mencari komposisi terbaik dalam pembuatan genteng beton.

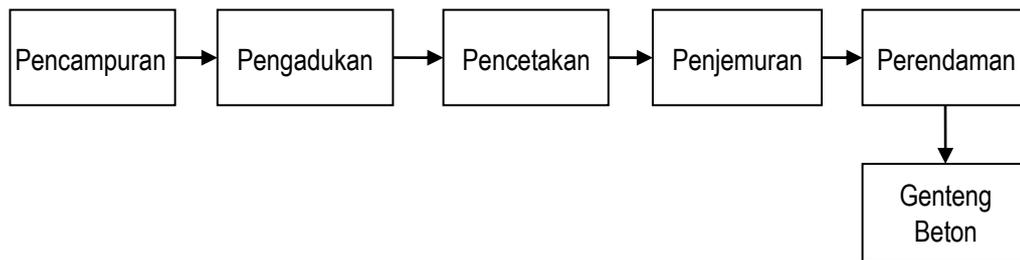
Metode taguchi digunakan untuk meneliti pengaruh faktor yang mempengaruhi kualitas produk dan mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton melalui probilitas terbesar sebagai dasar penentuan tindakan perbaikan yang efektif.

4.2.1.2. Penentuan Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kekuatan tekan genteng beton. Karakteristik yang digunakan yaitu bigger the better (semakin besar semakin baik) yang berarti bahwa semakin tinggi kekuatan genteng beton maka akan semakin baik kualitasnya.

4.2.1.3. Identifikasi Faktor-Faktor Variabel Bebas

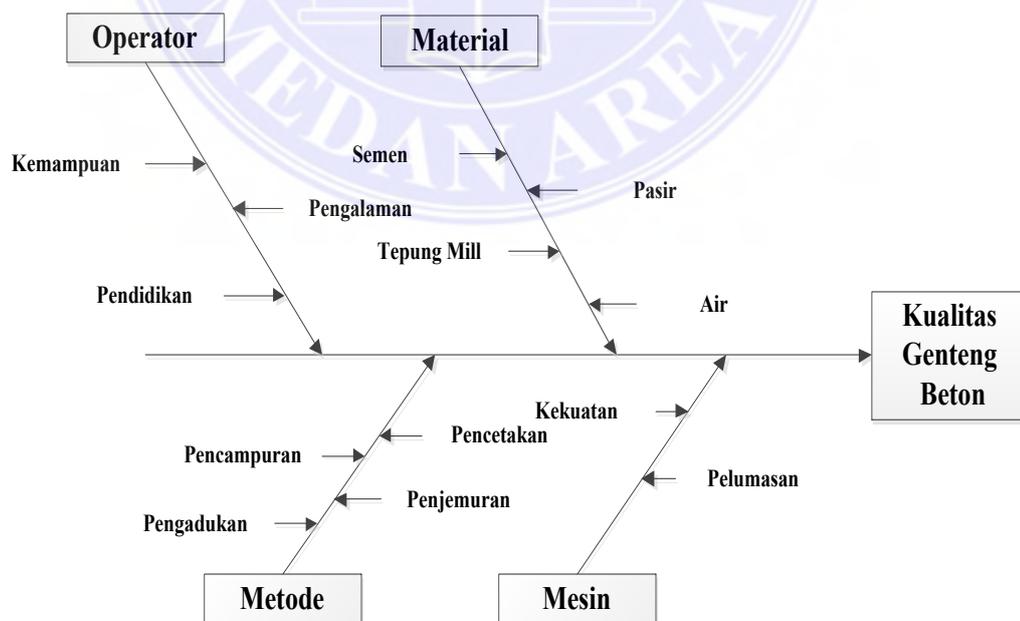
Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas genteng beton menggunakan *flowchart*. Informasi yang diberikan *flowchart* kemudian dianalisis menggunakan *fishbonediagram*. *Flowchart* proses produksi genteng beton dapat dilihat pada gambar 4.2.



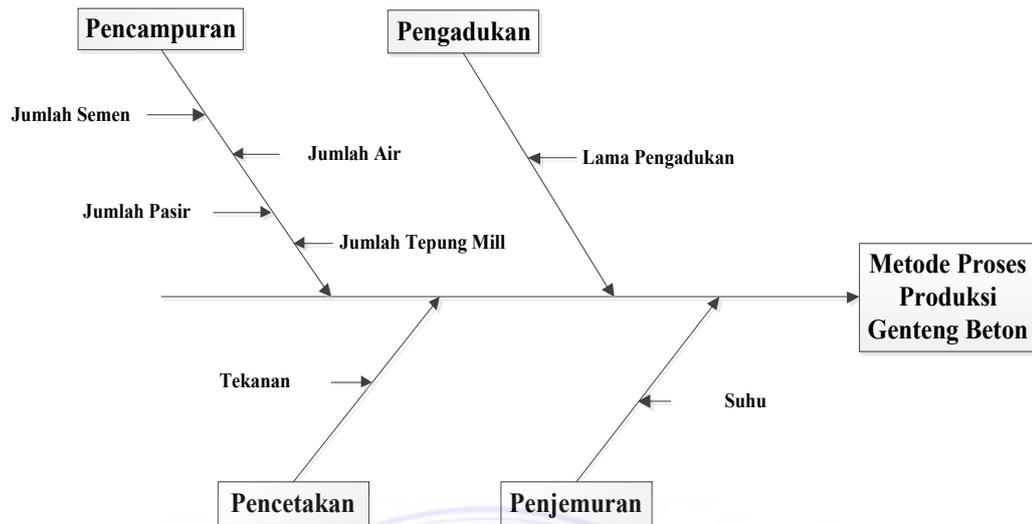
Gambar 4.2. Flowchart Proses Pembuatan Genteng Beton

Sumber : UKM Gunung Jati

Fishbonediagram menunjukkan hubungan sebab akibat bagaimana proses mempengaruhi kualitas genteng beton. Dimulai dengan menyatakan pengaruh utama (variabel bebas) yang akan diamati, kemudian secara diurutkan penyebab yang mungkin berpengaruh pada variabel bebas yang diamati. Kualitas genteng beton ini dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut diperlihatkan pada gambar *Fishbonediagram* genteng beton yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gbr.4.3. FishboneDiagram Genteng Beton



Gbr. 4.4. Fishbone Diagram Metode Proses Produksi Genteng Beton

4.2.1.4. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Dengan penentuan faktor-faktor yang dapat dikendalikan terhadap faktor gangguan, maka hasil faktor yang dapat dikendalikan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Faktor Kontrol yang berpengaruh pada kualitas genteng beton

No	Faktor
1	Semen
2	Pasir
3	Tepung Mill
4	Air

Faktor gangguan yang ada dalam penelitian ini adalah lingkungan luar (suhu udara) dan faktor mesin tidak dimasukkan dalam matriks, sehingga percobaan hanya dilakukan terhadap faktor-faktor terkendali dengan melakukan pengulangan (replikasi) untuk setiap eksperimen.

Dilakukan pengkodean untuk faktor kontrol. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat diatur. Pengkodean faktor kontrol tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pengkodean Faktor Kontrol Pada Proses Produksi Pembuatan Genteng Beton

No	Kode	Faktor
1	A	Semen
2	B	Pasir
3	C	Tepung Mill
4	D	Air

Sumber: UKM Gunung Jati

4.2.1.5. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Penentuan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil percobaan. Makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih diteliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Dari alternatif-alternatif faktor terkendali yang ada, maka dapat ditentukan level dari masing-masing faktor yang telah diteliti. Penentuan level ini dilakukan atas pertimbangan :

- Nilai masing-masing level masih dalam batas range yang ditetapkan perusahaan.
- Titik-titik level yang menunjukkan nilai ekstrim.
- Level tersebut masih dapat ditangani oleh teknologi proses yang ada.

Sumber data dalam penentuan level dari faktor ini didapat dari data pabrik yang merupakan hasil kombinasi dari buku panduan dan pengalaman operator. Data hasil penetapan level ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2
A	Semen	0,9 kg	1,5 kg
B	Pasir	0,3 kg	0,5 kg
C	Tepung Mill	0,4 kg	0,7 kg
D	Air	0,3 ltr	0,5 ltr

4.2.1.6. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Perhitungan derajat kebebasan dan kombinasi yang diusulkan nantinya akan mempengaruhi pemilihan dalam tabel matriks ortogonal yang telah dijelaskan sebelumnya. Dari hasil pemilihan faktor dan penentuan jumlah level, maka derajat kebebasan dapat dihitung :

Terdapat empat faktor dan dua level dalam penelitian ini :

1. Faktor A adalah Semen = 2 level
2. Faktor B adalah Pasir = 2 level
3. Faktor C adalah Tepung Mill = 2 level
4. Faktor D adalah Air = 2 level

Dengan adanya faktor (A, B, C, D) maka derajat kebebasan adalah sebagai berikut :

Dimana :

$$\text{Dof untuk faktor A} = n_A - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\text{Dof untuk faktor B} = n_B - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\text{Dof untuk faktor C} = n_C - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\text{Dof untuk faktor D} = n_D - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Dof} &= (n_A - 1) + (n_B - 1) + (n_C - 1) + (n_D - 1) \\ &= 1 + 1 + 1 + 1 = 4 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai Dof tersebut, pemilihan matriks OA harus memenuhi persamaan :

$$f_{LN} \geq f$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Trial} - 1 &\geq \text{Jumlah Dof} \\ 8 - 1 &\geq 4 \\ 7 &\geq 4 \end{aligned}$$

Untuk pemilihan jenis OA yang digunakan, harus berdasarkan pada ketentuan yang sudah ditetapkan berdasarkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Pemilihan *Otogonal Array* berdasarkan Jumlah Dof yang sesuai

Jumlah Dof	<i>Orthogonal Array</i>
2 - 3	$L_4(2^3)$
4 - 7	$L_8(2^7)$
8 - 11	$L_{12}(2^{11})$
12 - 15	$L_{16}(2^{15})$

4.2.1.7. Pemilihan Matriks Ortogonal

Jumlah derajat kebebasan dalam penelitian ini adalah 4. Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen ini adalah matriks ortogonal yang memiliki derajat kebebasan yang lebih besar atau sama dengan derajat kebebasan faktor dan level didalam eksperimen. Matriks ortogonal dengan standar 2 level dapat dilihat pada tabel 4.5. Sebagai berikut:

Tabel 4.5. Matriks Ortogonal Standar dengan 2 Level

Matriks Ortogonal 2 Level					
$L_4(2^3)$	$L_8(2^7)$	$L_{12}(2^{11})$	$L_{16}(2^{15})$	$L_{32}(2^{31})$	$L_{64}(2^{62})$

Matriks ortogonal yang sesuai adalah yang lebih besar atau sama dengan matriks eksperimen. Berdasarkan hasil perhitungan derajat kebebasan matriks ortogonal maka dipilihlah matriks ortogonal $L_8(2^7)$ dengan nilai derajat kebebasan 7. Tabel matriks ortogonal $L_8(2^7)$ dapat dilihat pada Tabel 4.6. sebagai berikut :

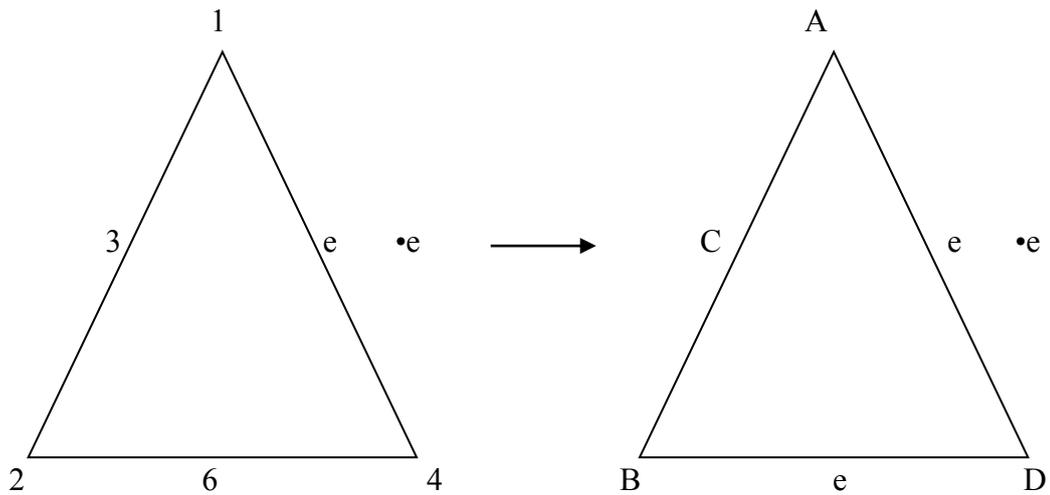
Tabel 4.6. Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$

Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$							
Eksperimen	KOLOM / FAKTOR						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber : Soejanto Irwan, Desain Eksperimen dengan metode taguchi

4.2.1.8. Penempatan Kolom untuk Faktor ke Dalam Matriks Ortogonal

Penelitian ini menggunakan 4 faktor yaitu A, B, C, D serta memiliki 2 level dengan nilai derajat kebebasan 4. Matriks ortogonal yang digunakan untuk penelitian ini adalah $L_8(2^7)$. Dengan demikian penelitian ini memiliki grafik linier seperti pada gambar 4.5.



Gbr. 4.5. Grafik Linier Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$

Dari Grafik linier diatas dapat diketahui bahwa :

Faktor A ditempatkan pada kolom 1

Faktor B ditempatkan pada kolom 2

Faktor C ditempatkan pada kolom 3

Faktor D ditempatkan pada kolom 4

Sedangkan untuk kolom kosong 5, 6, dan 7 ditulis “e” menyatakan error.

Maka penempatan faktor – faktor dan interaksi dimasukkan ke dalam matriks ortogonal $L_8(2^7)$. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.7. sebagai berikut :

Tabel 4.7. Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$ Setelah Penempatan Kolom

Eksperimen	Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$						
	1	2	3	4	5	6	7
	A	B	C	D	e	e	e
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Sumber : Pengolahan Data

4.2.2. Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Tahap pelaksanaan meliputi penentuan jumlah replikasi dan randomisasi eksperimen.

a. Jumlah Replikasi

Replikasi adalah pengulangan untuk perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali replikasi untuk setiap eksperimen dimana terdapat 8 eksperimen. Sehingga total pelaksanaan eksperimen adalah 24 kali.

b. Randomisasi

Pengacakan urutan percobaan (randomisasi) untuk menjadikan pengujian tersebut valid dengan menghilangkan sifat bias. Pengacakan yang dilakukan pada eksperimen ini adalah pengacakan pada penempatan faktor dan kode huruf pada faktor. Pengacakan sederhana secara random dilakukan pada urutan melakukan eksperimen yaitu eksperimen ke- 1 sampai dengan ke- 8. Replikasi eksperimen-eksperimen tersebut dilakukan berurutan hingga tiga kali replikasi.

Data hasil percobaan kualitas Genteng Beton dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Data Hasil Percobaan Kuat Tekan Genteng beton

Eks peri men	Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$							Replikasi Kekuatan Tekan Genteng Beton (Kg/Cm^2)			Jumlah	Rata - Rata
	Faktor							I	II	III		
	1	2	3	4	5	6	7					
	A	B	C	D	e	e	e					
1	1	1	1	1	1	1	1	18,5	18	18	54,5	18,167
2	1	1	1	2	2	2	2	20,5	20,5	20	61	20,333
3	1	2	2	1	1	2	2	20	19,5	19	58,5	19,500
4	1	2	2	2	2	1	1	17	17,5	17	51,5	17,167

5	2	1	2	1	2	1	2	18	18,5	19,5	56	18,667
6	2	1	2	2	1	2	1	16,5	17	17	50,5	16,833
7	2	2	1	1	2	2	1	20,5	21,5	22,5	64,5	21,500
8	2	2	1	2	1	1	2	24	21	20,5	65,5	21,833
Jumlah											462,0	154,000
Rata - Rata											57,8	19,250

Sumber : Pengolahan Data

4.2.3. Tahap Analisa

4.2.3.1. Analisa Perhitungan Pengaruh Nilai Level dari Faktor

Analisis perhitungan pengaruh nilai level dan faktor dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata dan respon *signal to noise ratio* dari setiap faktor yang mempengaruhi kuat tekan genteng beton. Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton, dilakukan pengolahan data respon kuat tekan genteng beton. Perhitungan nilai rata-rata kuat tekan genteng beton melalui kombinasi level dari masing-masing faktor adalah sebagai berikut :

Untuk Faktor A :

$$\begin{aligned}
 \bar{A}_1 &= 1/4 (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) \\
 &= 1/4 (18,167 + 20,333 + 19,500 + 17,167) \\
 &= 1/4 (75,167) \\
 &= 18,792
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{A}_2 &= 1/4 (y_5 + y_6 + y_7 + y_8) \\
 &= 1/4 (18,667 + 16,833 + 21,500 + 21,833) \\
 &= 1/4 (78,833) \\
 &= 19,708
 \end{aligned}$$

Untuk Faktor B :

$$\bar{B}_1 = 1/4 (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)$$

$$\begin{aligned}
&= 1/4 (18,167 + 20,333 + 18,667 + 16,833) \\
&= 1/4 (74) \\
&= 18,500
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{B}_2 &= 1/4 (y_3 + y_4 + y_7 + y_8) \\
&= 1/4 (19,500 + 17,167 + 21,500 + 21,833) \\
&= 1/4 (80) \\
&= 20,000
\end{aligned}$$

Untuk Faktor C

$$\begin{aligned}
\bar{C}_1 &= 1/4 (y_1 + y_2 + y_7 + y_8) \\
&= 1/4 (18,167 + 20,333 + 21,500 + 21,833) \\
&= 1/4 (81,833) \\
&= 20,458
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{C}_2 &= 1/4 (y_3 + y_4 + y_5 + y_6) \\
&= 1/4 (19,500 + 17,167 + 18,667 + 16,833) \\
&= 1/4 (72,167) \\
&= 18,042
\end{aligned}$$

Untuk Faktor D

$$\begin{aligned}
\bar{D}_1 &= 1/4 (y_1 + y_3 + y_5 + y_7) \\
&= 1/4 (18,167 + 19,500 + 18,667 + 21,500) \\
&= 1/4 (77,834) \\
&= 19,459
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{D}_2 &= 1/4 (y_2 + y_4 + y_6 + y_8) \\
&= 1/4 (20,333 + 17,167 + 16,833 + 21,833)
\end{aligned}$$

$$= 1/4 (76,166)$$

$$= 19,042$$

Untuk keempat faktor utama yang diamati dan yaitu semen, pasir, tepung mill, dan air yang secara bersama-sama pengaruh faktornya dapat dilihat pada tabel respon dibawah ini :

Tabel 4.9. Respon Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton dari Pengaruh Faktor

	A	B	C	D
Level 1	18,792	18,500	20,458	19,459
Level 2	19,708	20,000	18,042	19,042
Selisih	0,916	1,5	2,416	0,417
Rangking	3	2	1	4

Karena matriks ortogonal $L_8(2^7)$ mempunyai 7 derajat kebebasan, maka diambil kira-kira setengah derajat kebebasan, maka diambil kira-kira setengah derajat kebebasan sebagai pengaruh penting. Namun dalam penelitian ini yang digunakan hanya 4 kolom saja, maka yang di ambil adalah 2 sebagai pengaruh penting. Dari tabel respon, kombinasi level faktor optimum dicapai pada nilai rata-rata respon kuat tekan genteng beton dengan nilai yang paling besar dari tiap faktor, yaitu faktor C_1 , dan B_2

Kombinasi level faktor optimum, adalah :

C_1 = Tepung Mill 0,4 kg

B_2 = Pasir 0,5 kg

4.2.3.2. Analisa Varians Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton

Dalam perhitungan ANAVA dibawah ini adalah dengan melakukan model analisis varians dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan F-rasio.

Perhitungan analisa varians untuk tiap-tiap faktor adalah sebagai berikut :

1. Untuk Faktor A

a. Jumlah Kuadrat (*sum of square*)

$$\begin{aligned}SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(75,167)^2}{4} + \frac{(78,833)^2}{4} - \frac{(154)^2}{8} \\ &= 1412,52 + 1553,66 - 2964,5 \\ &= 1,68\end{aligned}$$

b. Derajat Kebebasan

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{1,68}{1} = 1,68$$

2. Untuk Faktor B

a. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

$$\begin{aligned}SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(74)^2}{4} + \frac{(80)^2}{4} - \frac{(154)^2}{8} \\ &= 1369 + 1600 - 2964,5 \\ &= 4,5\end{aligned}$$

b. Derajat Kebebasan

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Sum of Square*)

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

3. Untuk Faktor C

a. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

$$\begin{aligned} SS_C &= \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(81,833)^2}{4} + \frac{(72,167)^2}{4} - \frac{(154)^2}{8} \\ &= 1674,16 + 1302,02 - 2964,5 \\ &= 11,68 \end{aligned}$$

b. Derajat Kebebasan

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{11,68}{1} = 11,68$$

4. Untuk Faktor D

a. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

$$\begin{aligned} SS_D &= \frac{D_1^2}{n_{D1}} + \frac{D_2^2}{n_{D2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(77,834)^2}{4} + \frac{(76,166)^2}{4} - \frac{(154)^2}{8} \\ &= 1514,53 + 1450,31 - 2964,5 \\ &= 0,34 \end{aligned}$$

b. Derajat kebebasan

$$V_D = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_D = \frac{SS_D}{V_D} = \frac{0,34}{1} = 0,34$$

5. Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= 18,167^2 + 20,333^2 + 19,500^2 + 17,167^2 + 18,667^2 + \\ &\quad 16,833^2 + 21,500^2 + 21,833^2 \\ &= 2989,16 \end{aligned}$$

6. Jumlah Kuadrat karena Rata-rata (*Mean*)

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 8 \cdot (19,250)^2 \\ &= 2964,5 \end{aligned}$$

7. Jumlah Kuadrat Error

$$\begin{aligned} SS_{\text{faktor}} &= SS_A + SS_B + SS_C + SS_D \\ &= 1,68 + 4,5 + 11,68 + 0,34 \\ &= 18,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_e &= SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}} \\ &= 2989,16 - 2964,5 - 18,2 \\ &= 6,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &= n - 2 \\ &= 4 - 2 \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{6,46}{2} = 3,23$$

8. Perhitungan F-Ratio

$$a. F_A = \frac{MS_A}{MS_e} = \frac{1,68}{3,23} = 0,52$$

$$b. F_B = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{4,5}{3,23} = 1,39$$

$$c. F_C = \frac{MS_C}{MS_e} = \frac{11,68}{3,23} = 3,62$$

$$d. F_D = \frac{MS_D}{MS_e} = \frac{0,34}{3,23} = 0,11$$

Hasil perhitungan analisa varians terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Analisa Varians Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton

Sumber	V	SS	MS	F-Ratio
A	1	1,68	1,68	0,52
B	1	4,50	4,50	1,39
C	1	11,68	11,68	3,62
D	1	0,34	0,34	0,11
Error	2	6,46	3,23	-
Total	6	24,66	-	-

4.2.3.3. Strategi Pooling Up

Strategi *pooling up* dilakukan untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh secara signifikan pada kualitas produk. *Pooling up* menggunakan perhitungan dan tabel anava dengan dibagi dua tahap yaitu pooling parsial I ($MS_{hitung} \leq MS_{error}$) dan pooling parsial II ($F_{hitung} \leq F_{tabel}$).

1. Pooling parsial I

Pada pooling parsial I dilakukan untuk faktor dengan ketentuan nilai ($MS_{hitung} \leq MS_{error}$). Dari tabel 4.9. yang dipooled adalah faktor D dan Faktor A karena nilai MS_{hitung} lebih kecil dari nilai MS_{error} (0,34 dan 1,68). Untuk faktor

yang tidak dipooled yaitu faktor B, dan C dilakukan perhitungan SS_{faktor} dan F_{hitung} yang baru.

a. Pooled Faktor D

$$\begin{aligned} V_{\text{pooled I}} &= V_e + V_D \\ &= 2 + 1 = 3 \\ SS_{\text{pooled I}} &= SS_e + SS_D \\ &= 6,46 + 0,34 \\ &= 6,80 \\ MS_{\text{pooled I}} = V_{el} &= \frac{SS_{\text{pooled I}}}{V_{\text{pooled I}}} \\ &= \frac{6,80}{3} = 2,27 \end{aligned}$$

b. Pooled faktor A

$$\begin{aligned} V_{\text{pooled I}} &= V_e + V_D + V_A \\ &= 2 + 1 + 1 = 4 \\ SS_{\text{pooled I}} &= SS_e + SS_D + SS_A \\ &= 6,46 + 0,34 + 1,68 \\ &= 8,48 \\ MS_{\text{pooled I}} = V_{el} &= \frac{SS_{\text{pooled I}}}{V_{\text{pooled I}}} \\ &= \frac{8,48}{4} = 2,12 \end{aligned}$$

c. Non pooled faktor B dan C

1. Nilai F-hitung

$$F_B = \frac{MS_B}{MS_{\text{pooled I}}} = \frac{4,50}{2,12} = 1,98$$

$$F_C = \frac{MS_C}{MS_{\text{pooled I}}} = \frac{1,68}{2,12} = 0,74$$

d. Nilai SS'

$$\begin{aligned} SS'_B &= SS_B - (V_B \times V_{el}) \\ &= 4,50 - (1 \times 2,12) \\ &= 2,38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_C &= SS_C - (V_C \times V_{el}) \\ &= 11,68 - (1 \times 2,12) \\ &= 9,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS'_{\text{pooled}} &= S_T - SS'_B - SS'_C \\ &= 24,66 - 2,38 - 9,56 \\ &= 12,72 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Anava Penggabungan Faktor D

Sumber	Pooled	V	SS	MS	F-Ratio
A	-	1	1,68	1,68	0,52
B	-	1	4,50	4,50	1,39
C	-	1	11,68	11,68	3,62
D	Y	-	-	-	-
Error	-	3	6,80	2,27	-
Total		6	24,66	-	-

Pengujian Hipotesa dan Kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis varians setelah dilakukan pooling terhadap faktor D adalah sebagai berikut :

Pengujian hipotesa menggunakan tingkat kepercayaan 90 %. Nilai F_{tabel} dapat dilihat pada lampiran tabel statistik. Tabel F untuk $V_1 = 1$, $V_2 = 3$ adalah $F_{0,10(1,3)} = 5,54$.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : Ada pengaruh faktor A terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 0,52 < F_{(0,10;1,3)} = 5,54$.

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh semen terhadap kuat tekan genteng beton.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 1,39 < F_{(0,10;1,3)} = 5,54$.

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh pasir terhadap kuat tekan genteng beton.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : Ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 3,62 < F_{(0,10;1,3)} = 5,54$

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh tepung mill terhadap kuat tekan genteng beton.

Setelah dilakukan pooling terhadap faktor D dan faktor A maka didapat hasil pooling parsial pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Tabel Hasil *pooling* Parsial I

Sumber	Pooled	V	SS	MS	F-Ratio	SS'
A	Y	-	-	-	-	-
B	-	1	4,50	4,50	1,98	2,38
C	-	1	11,68	11,68	0,74	9,56
D	Y	-	-	-	-	-
Error	-	4	8,48	2,12	-	12,72
Total		6	24,66	-	-	

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa tidak terdapat faktor-faktor yang ($MS_{hitung} \leq MS_{error}$). Sehingga pooling parsial I selesai.

Pengujian Hipotesa dan Kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis varians setelah dilakukan pooling terhadap faktor A adalah sebagai berikut :

Pengujian hipotesa menggunakan tingkat kepercayaan 90 %. Nilai F_{tabel} dapat dilihat pada lampiran tabel statistik. Tabel F untuk $V_1 = 1$, $V_2 = 4$ adalah $F_{0,10(1,4)} = 4,54$.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 1,98 < F_{(0,10 ; 1,4)} = 4,54$.

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh pasir terhadap kuat tekan genteng beton.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : Ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 0,74 < F_{(0,10 ; 1,4)} = 4,54$

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh tepung mill terhadap kuat tekan genteng beton.

2. *Pooling parsial II*

Pada pooling parsial II, dilakukan untuk faktor-faktor dengan nilai $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ dengan tingkat kepercayaan 90 %. Nilai F_{tabel} dapat dilihat pada lampiran tabel statistik. Tabel F untuk $V_1 = 1$, $V_2 = 6$ adalah $F_{0,10(1,6)} = 3,78$. Faktor yang dipool pada tahap ini adalah faktor B dan C karena nilai $F_{hitung} \leq F_{tabel}$. Sedangkan faktor A dan D dilakukan perhitungan SS_{faktor} dan F_{hitung} yang baru.

a. *Pooled* faktor B dan C

$$\begin{aligned} SS_{pooled II} &= SS_{error} + SS_B + SS_C \\ &= 8,48 + 4,50 + 11,68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 24,66 \\
V_{\text{pooled II}} &= V_e + SS_B + SS_C \\
&= 4 + 1 + 1 \\
&= 6 \\
MS_{\text{pooled II}} = V_{el} &= \frac{SS_{\text{pooled II}}}{V_{\text{pooled II}}} \\
&= \frac{24,66}{6} \\
&= 4,11
\end{aligned}$$

b. Pooled faktor D dan A

1. Nilai F-hitung

$$F_D = \frac{MS_D}{MS_{\text{pooled II}}} = \frac{0,34}{4,11} = 0,08$$

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_{\text{pooled II}}} = \frac{1,68}{4,11} = 0,41$$

2. Nilai SS'

$$\begin{aligned}
SS'_D &= SS_D - (V_D \times V_{el}) \\
&= 0,34 - (1 \times 4,11) \\
&= -3,77
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS'_A &= SS_A - (V_A \times V_{el}) \\
&= 1,68 - (1 \times 4,11) \\
&= -2,43
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS'_{\text{pooled}} &= S_T - SS'_D - SS'_A \\
&= 26,68 - (-3,77) - (-2,43) \\
&= 32,88
\end{aligned}$$

Tabel 4.13. Tabel Hasil Pooling Parsial II

Sumber	Pooled	V	SS	MS	F-Ratio	SS'
A	-	1	1,68	1,68	0,41	-2,43
B	Y	-	-	-	-	-
C	Y	-	-	-	-	-
D	-	1	0,34	0,34	0,08	-3,77
Error	-	6	24,66	4,11	-	32,88
Total		8	26,68	-	-	-

Berdasarkan *pooling* parsial I dan II, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton adalah faktor B dan C yaitu pasir dengan tepung mill.

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor, maka persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus :

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100 \%$$

$$\rho_A = \frac{-2,43}{26,68} \times 100 \% = -9,11 \%$$

$$\rho_B = \frac{2,38}{26,68} \times 100 \% = 8,92 \%$$

$$\rho_C = \frac{9,56}{26,68} \times 100 \% = 35,83 \%$$

$$\rho_D = \frac{-3,77}{26,68} \times 100 \% = -14,13 \%$$

Dari perhitungan kontribusi faktor diatas menunjukkan bahwa faktor C (Tepung Mill) yang memberikan kontribusi terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton, yaitu sebesar 35,83 %.

Tabel 4.14. Persen Kontribusi

Sumber	V	SS	MS	F-Ratio	SS'	$\rho(\%)$
A	1	1,68	1,68	0,41	-2,43	-9,11

B	1	4,5	4,5	1,39	2,38	8,92
C	1	11,68	11,68	3,62	9,56	35,83
D	1	0,34	0,34	0,08	-3,77	-14,13
Error	6	24,66	4,11	-	-	-
Total	10	26,84	20,32	-	-	-

4.2.3.4. Prediksi Rata-rata Kuat Tekan Genteng Beton yang Optimum

Telah diketahui bahwa faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton optimum adalah :

Faktor C level 1 (Tepung Mill 0,4 kg)

Faktor B level 2 (Pasir 0,5)

Sehingga model persamaannya adalah :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{prediksi}} &= \bar{Y} + (\bar{C}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= 19,250 + (20,458 - 19,250) + (20,000 - 19,250) \\ &= 21,208\end{aligned}$$

Diketahui : $F_{(0,10; 1;6)} = 3,78$ dan $MS_e = 4,11$

$$\begin{aligned}n_{\text{eff}} &= \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1+\text{jumlah derajat kebebasan perkiraan rata-rata}} \\ &= \frac{8 \times 3}{1+1+1} = \frac{24}{3} = 8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CI_{\mu_{\text{predicted}}} &= \pm \sqrt{F_{0,10(1,6)} \times V_{el} \times \left(\frac{1}{n_{\text{eff}}}\right)} \\ &= \pm \sqrt{3,78 \times 4,11 \times \frac{1}{8}} \\ &= \pm 1,394\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{predicted}} &\leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{predicted}} \\ 21,208 - 1,394 &\leq 21,208 \leq 21,208 + 1,394\end{aligned}$$

$$19,814 \leq 21,208 \leq 22,602$$

4.2.3.5. Perhitungan Variabilitas Kuat Tekan Genteng Beton

4.2.3.5.1. Menghitung Rasio S/N

Karakteristik yang digunakan adalah *Larger The Better* maka yang diharapkan adalah kekuatan tekan genteng beton yang tertinggi. Karakteristik kualitas yang menjadi tujuan perbaikan kualitas adalah memaksimalkan kekuatan tekan genteng beton. Kekuatan memiliki karakteristik kualitas semakin tinggi nilai kuat tekan genteng beton maka semakin baik.

Dengan replikasi sebanyak 3 kali, maka perhitungan rasio S/N adalah sebagai berikut :

Pada Eksperimen ke :

1. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{18,5^2} + \frac{1}{18^2} + \frac{1}{18^2} \right) \right]$ = 25,183
2. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20,5^2} + \frac{1}{20,5^2} + \frac{1}{20^2} \right) \right]$ = 26,162
3. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20^2} + \frac{1}{19,5^2} + \frac{1}{19^2} \right) \right]$ = 25,795
4. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{17^2} + \frac{1}{17,5^2} + \frac{1}{17^2} \right) \right]$ = 24,691
5. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{18,^2} + \frac{1}{18,5^2} + \frac{1}{19,5^2} \right) \right]$ = 17,190
6. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{16,5^2} + \frac{1}{17^2} + \frac{1}{17^2} \right) \right]$ = 24,521
7. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20,5^2} + \frac{1}{21,5^2} + \frac{1}{22,5^2} \right) \right]$ = 26,629
8. S/N = $-10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{24^2} + \frac{1}{21^2} + \frac{1}{20,5^2} \right) \right]$ = 26,721

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Eksperimen	Matriks Ortogonal L8(27) Faktor							Replikasi (Kg/Cm2)			S/N
	1	2	3	4	5	6	7	I	II	III	
	A	B	C	D	e	e	e				
1	1	1	1	1	1	1	1	22,5	21	19,5	25,183
2	1	1	1	2	2	2	2	20,5	20,5	20	26,162
3	1	2	2	1	1	2	2	20	19,5	19	25,795
4	1	2	2	2	2	1	1	24,5	26	23,5	24,691
5	2	1	2	1	2	1	2	18	18,5	19,5	17,190
6	2	1	2	2	1	2	1	17	18,5	17,5	24,521
7	2	2	1	1	2	2	1	20,5	21,5	22,5	26,629
8	2	2	1	2	1	1	2	24	21	20,5	26,721
Jumlah											196,892
Rata - Rata											24,612

4.2.3.5.2. Pengaruh Level dari Faktor Terhadap Variansi Kuat Tekan Genteng Beton

Perhitungan variabilitas nilai rasio S/N kuat tekan genteng beton melalui kombinasi level dari masing-masing faktor adalah sebagai berikut :

Untuk Faktor A :

$$\begin{aligned} \bar{A}_1 &= 1/4 (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) \\ &= 1/4 (25,183 + 26,162 + 25,795 + 24,691) \\ &= 1/4 (101,831) \\ &= 25,458 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{A}_2 &= 1/4 (y_5 + y_6 + y_7 + y_8) \\ &= 1/4 (17,190 + 24,521 + 26,629 + 26,721) \\ &= 1/4 (95,061) \\ &= 23,765 \end{aligned}$$

Untuk Faktor B :

$$\begin{aligned}\bar{B}_1 &= 1/4 (y_1 + y_2 + y_5 + y_6) \\ &= 1/4 (25,183 + 26,162 + 17,190 + 24,521) \\ &= 1/4 (93,056) \\ &= 23,264\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{B}_2 &= 1/4 (y_3 + y_4 + y_7 + y_8) \\ &= 1/4 (25,795 + 24,691 + 26,629 + 26,721) \\ &= 1/4 (103,836) \\ &= 25,959\end{aligned}$$

Untuk Faktor C

$$\begin{aligned}\bar{C}_1 &= 1/4 (y_1 + y_2 + y_7 + y_8) \\ &= 1/4 (25,183 + 26,162 + 26,629 + 26,721) \\ &= 1/4 (104,695) \\ &= 26,174\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{C}_2 &= 1/4 (y_3 + y_4 + y_5 + y_6) \\ &= 1/4 (25,795 + 24,691 + 17,190 + 24,521) \\ &= 1/4 (92,197) \\ &= 23,049\end{aligned}$$

Untuk Faktor D

$$\begin{aligned}\bar{D}_1 &= 1/4 (y_1 + y_3 + y_5 + y_7) \\ &= 1/4 (25,183 + 25,795 + 17,190 + 26,629) \\ &= 1/4 (94,797) \\ &= 23,699\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\bar{D}_2 &= 1/4 (y_2 + y_4 + y_6 + y_8) \\
&= 1/4 (26,162 + 24,691 + 24,521 + 26,721) \\
&= 1/4 (102,095) \\
&= 25,523
\end{aligned}$$

Tabel 4.16. Respon Rasio S/N Kuat Tekan Genteng Beton dari Pengaruh

	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	25,458	23,264	26,174	23,699
Level 2	23,765	25,959	23,049	23,049
Selisih	1,693	2,695	3,125	0,65
Rangking	3	2	1	4

Dari tabel respon, pengaruh yang signifikan adalah faktor C dan D.

Kombinasi level optimum, adalah

C₁ = Tepung Mill 0,4 Kg

B₂ = Pasir 0,5 Kg

4.2.3.5.3. Analisis Varians Rasio S/N

Sebagaimana faktor yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kuat tekan genteng beton, maka untuk mengetahui faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap nilai rasio S/N juga dilakukan dengan cara ANAVA dua arah.

1. Untuk Faktor A

a. Jumlah Kuadrat (*sum of square*)

$$\begin{aligned}
SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{T^2}{n} \\
&= \frac{(101,831)^2}{4} + \frac{(95,061)^2}{4} - \frac{(196,892)^2}{8}
\end{aligned}$$

$$= 5,73$$

b. Derajat Kebebasan

$$V_A = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_A = \frac{SS_A}{V_A} = \frac{5,73}{1} = 5,73$$

2. Untuk Faktor B

a. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

$$\begin{aligned} SS_B &= \frac{B_1^2}{n_{B1}} + \frac{B_2^2}{n_{B2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(93,056)^2}{4} + \frac{(103,836)^2}{4} - \frac{(196,892)^2}{8} \\ &= 14,53 \end{aligned}$$

b. Derajat Kebebasan

$$V_B = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Sum of Square*)

$$MS_B = \frac{SS_B}{V_B} = \frac{14,53}{1} = 14,53$$

3. Untuk Faktor C

a. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

$$\begin{aligned} SS_C &= \frac{C_1^2}{n_{C1}} + \frac{C_2^2}{n_{C2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(104,695)^2}{4} + \frac{(92,197)^2}{4} - \frac{(196,892)^2}{8} \\ &= 19,53 \end{aligned}$$

b. Derajat Kebebasan

$$V_C = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_C = \frac{SS_C}{V_C} = \frac{19,53}{1} = 19,53$$

4. Untuk Faktor D

a. Jumlah Kuadrat (*Sum of Square*)

$$\begin{aligned} SS_D &= \frac{D_1^2}{n_{D1}} + \frac{D_2^2}{n_{D2}} - \frac{T^2}{n} \\ &= \frac{(94,695)^2}{4} + \frac{(92,197)^2}{4} - \frac{(196,892)^2}{8} \\ &= 6,66 \end{aligned}$$

b. Derajat kebebasan

$$V_D = 2 - 1 = 1$$

c. Rata-rata Kuadrat (*Mean Square*)

$$MS_D = \frac{SS_D}{V_D} = \frac{6,66}{1} = 6,66$$

5. Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned} SS_T &= \sum y^2 \\ &= 25,183^2 + 26,162^2 + 25,795^2 + 24,691^2 + 17,190^2 + \\ &\quad 24,521^2 + 26,629^2 + 26,721^2 \\ &= 4913,55 \end{aligned}$$

6. Jumlah Kuadrat karena Rata-rata (*Mean*)

$$\begin{aligned} SS_m &= n \cdot \bar{y}^2 \\ &= 8 \cdot (24,612)^2 \\ &= 4846,01 \end{aligned}$$

7. Jumlah Kuadrat Error

$$SS_{\text{faktor}} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_D$$

$$= 5,73 + 14,53 + 19,53 + 6,66$$

$$= 46,45$$

$$SS_e = SS_T - SS_m - SS_{\text{faktor}}$$

$$= 4913,55 - 4846,01 - 46,45$$

$$= 21,09$$

$$V_e = n - 2$$

$$= 4 - 2$$

$$= 2$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{V_e} = \frac{21,09}{2} = 10,55$$

8. Perhitungan F-Ratio

$$a. F_A = \frac{MS_A}{MS_e} = \frac{5,73}{10,55} = 0,54$$

$$b. F_B = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{14,53}{10,55} = 1,37$$

$$c. F_C = \frac{MS_C}{MS_e} = \frac{19,53}{10,55} = 1,85$$

$$d. F_D = \frac{MS_D}{MS_e} = \frac{6,66}{10,55} = 0,63$$

Hasil perhitungan Analisis varians terhadap rasio S/N diperlihatkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.17. Analisis varians Rasio S/N Kuat Tekan Genteng Beton

Sumber	V	SS	MS	F-Ratio
A	1	5,73	5,73	0,54
B	1	14,53	14,53	1,37
C	1	19,53	19,53	1,85
D	1	6,66	6,66	0,63
Error	2	21,09	10,55	-
Total	6	67,54	-	-

4.2.3.5.4. Pooling Up Faktor Rasio S/N

Tabel 4.18. merupakan tabel Analisis varians rasio S/N kuat tekan genteng beton dengan *pooling* pertama, faktor A digabungkan ke dalam variansi error.

1. Pooled Faktor A

$$\begin{aligned} V_{\text{pooled I}} &= V_e + V_A \\ &= 2 + 1 = 3 \\ SS_{\text{pooled I}} &= SS_e + SS_A \\ &= 21,09 + 5,73 \\ &= 26,82 \\ MS_{\text{pooled I}} = V_{el} &= \frac{SS_{\text{pooled I}}}{V_{\text{pooled I}}} \\ &= \frac{26,82}{3} = 8,94 \end{aligned}$$

2. F-Hitung

$$\begin{aligned} \text{a. } F_B &= \frac{MS_B}{MS_{\text{pooled I}}} = \frac{14,53}{8,94} = 1,63 \\ \text{b. } F_C &= \frac{MS_C}{MS_{\text{pooled I}}} = \frac{19,53}{8,94} = 2,18 \\ \text{c. } F_D &= \frac{MS_D}{MS_{\text{pooled I}}} = \frac{6,66}{8,94} = 0,74 \end{aligned}$$

Tabel 4.18. Analisis varians Penggabungan I

Sumber	V	SS	MS	F-Ratio
A		<i>pooling</i>		
B	1	14,53	14,53	1,63
C	1	19,53	19,53	2,18
D	1	6,66	6,66	0,74
Error	3	26,82	8,94	-
Total	6	67,54	-	-

Pengujian Hipotesa dan Kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis varians setelah dilakukan pooling terhadap faktor A adalah sebagai berikut :

Pengujian hipotesa menggunakan tingkat kepercayaan 90 %. Nilai F_{tabel} dapat dilihat pada lampiran tabel statistik. Tabel F untuk $V_1 = 1$, $V_2 = 3$ adalah $F_{0,10(1,3)} = 5,54$

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 1,63 < F_{(0,10 ; 1,3)} = 5,54$.

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh semen terhadap kuat tekan genteng beton.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 2,18 < F_{(0,10 ; 1,3)} = 5,54$.

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh pasir terhadap kuat tekan genteng beton.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor D terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : Ada pengaruh faktor D terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 0,74 < F_{(0,10 ; 1,3)} = 5,54$

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh tepung mill terhadap kuat tekan genteng beton.

Tabel 4.19. merupakan tabel Analisis varians rasio S/N kuat tekan genteng beton dengan *pooling* kedua, faktor D digabungkan ke dalam variansi error

1. Pooled Faktor A

$$V_{pooled II} = V_e + V_A + V_D$$

$$= 2 + 1 + 1 = 4$$

$$\begin{aligned} SS_{\text{pooled II}} &= SS_e + SS_A + SS_D \\ &= 21,09 + 5,73 + 6,66 \\ &= 33,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MS_{\text{pooled II}} = V_{el} &= \frac{SS_{\text{pooled II}}}{V_{\text{pooled II}}} \\ &= \frac{33,48}{4} = 8,37 \end{aligned}$$

2. F-Hitung

$$\text{a. } F_B = \frac{MS_B}{MS_{\text{pooled II}}} = \frac{14,53}{8,37} = 1,74$$

$$\text{b. } F_C = \frac{MS_C}{MS_{\text{pooled II}}} = \frac{19,53}{8,37} = 2,33$$

Tabel 4.19. Analisis varians Penggabungan II

Sumber	V	SS	MS	F-Ratio
B	1	14,53	14,53	1,74
C	1	19,53	19,53	2,33
D		<i>pooling</i>		
Error	4	33,48	8,37	-
Total	6	67,54	-	-

Pengujian Hipotesa dan Kesimpulan yang diperoleh dari tabel analisis varians setelah dilakukan pooling terhadap faktor D adalah sebagai berikut :

Pengujian hipotesa menggunakan tingkat kepercayaan 90 %. Nilai F_{tabel} dapat dilihat pada lampiran tabel statistik. Tabel F untuk $V_1 = 1$, $V_2 = 4$ adalah $F_{0,10(1,4)} = 4,54$

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : ada pengaruh faktor B terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 1,74 < F_{(0,10 ; 1,4)} = 4,54$.

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh pasir terhadap kuat tekan genteng beton.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

H_1 : Ada pengaruh faktor C terhadap kuat tekan genteng beton

Kesimpulan : $F_{hitung} = 2,33 < F_{(0,10 ; 1,4)} = 4,54$

Maka, H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya tidak ada pengaruh tepung mill terhadap kuat tekan genteng beton.

Tabel 4.20 merupakan tabel optimal pooling dengan analisis varians karena jumlah kuadrat error yang dihasilkan sudah sama dengan atau lebih dari setengah derajat kebebasan jumlah kuadrat total.

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan akan dilakukan perhitungan SS' seperti dibawah ini :

1. Nilai SS'

$$\begin{aligned}SS'_B &= SS_B - (V_B \times MS_e) \\ &= 14,53 - (1 \times 8,37) \\ &= 6,16\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SS'_C &= SS_C - (V_C \times MS_e) \\ &= 19,53 - (1 \times 8,37) \\ &= 11,16\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SS'_{pooled} &= S_T - SS'_B - SS'_C \\ &= 67,54 - 6,16 - 11,16 \\ &= 50,22\end{aligned}$$

Sedangkan persen kontribusi masing-masing faktor dapat dihitung sebagai

berikut :

$$\rho = \frac{SS'_{\text{faktor}}}{SS_T} \times 100 \%$$

$$\rho_B = \frac{6,16}{67,54} \times 100 \% = 9,12 \%$$

$$\rho_C = \frac{11,16}{67,54} \times 100 \% = 16,52 \%$$

Tabel 4.20. Persen Kontribusi

Sumber	V	SS	MS	F-Ratio	SS'	$\rho(\%)$
B	1	14,53	14,53	1,74	6,16	9,12
C	1	19,53	19,53	2,33	11,16	16,52
Error	4	33,48	8,37	-	50,22	-
Total	6	67,54	-	-	-	-

4.2.3.5.5. Prediksi Rasio S/N Yang Optimal

Telah diketahui bahwa faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata kuat tekan genteng beton optimum adalah :

Faktor C level 1 (Tepung Mill 0,4 kg)

Faktor B level 2 (Pasir 0,5)

Sehingga model persamaannya adalah :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{prediksi}} &= \bar{Y} + (\bar{C}_1 - \bar{Y}) + (\bar{B}_2 - \bar{Y}) \\ &= 24,612 + (26,174 - 24,612) + (25,959 - 24,612) \\ &= 27,521 \end{aligned}$$

Diketahui : $F_{(0,10; 1:4)} = 4,54$ dan $MS_e = 8,37$

$$n_{\text{eff}} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan perkiraan rata-rata}}$$

$$= \frac{8 \times 3}{1+1+1} = \frac{24}{3} = 8$$

$$\begin{aligned} CI \mu_{\text{predicted}} &= \pm \sqrt{F_{0,10(1,6)} \times V_{el} \times \left(\frac{1}{n_{\text{eff}}}\right)} \\ &= \pm \sqrt{3,78 \times 8,37 \times \frac{1}{8}} \\ &= \pm 1,989 \end{aligned}$$

Maka :

$$\mu_{\text{predicted}} - CI_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI_{\text{predicted}}$$

$$27,521 - 1,989 \leq 27,521 \leq 27,521 + 1,989$$

$$25,532 \leq 27,521 \leq 29,510$$

4.2.4. Eksperimen Konfirmasi

Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level ditetapkan seperti faktor dan level pada kondisi optimal yaitu faktor Semen 1,5 kg yaitu pada level 2 (A₂), pasir 0,5 kg yaitu pada level 2 (B₂), tepung mill 0,4 kg yaitu pada level 1(C₁) dan Air 0,3 ltr yaitu pada level 1 (D₁). Untuk konfirmasi diambil 10 sampel dengan level pada kondisi optimum.

Tabel 4.21. Hasil Percobaan Konfirmasi

Eksperimen	Hasil Eksperimen	Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	26,5	6	29,5
2	27	7	27,5
3	29	8	29
4	28	9	29,5
5	28,5	10	27

4.2.4.1. Hasil Pengolahan Data Eksperimen Konfirmasi

Hasil dari eksperimen konfirmasi tersebut harus berada dalam interval kepercayaan konfirmasi.

4.2.4.1.1. Interval kepercayaan rata-rata Eksperimen Konfirmasi

Interval kepercayaan rata-rata untuk eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut :

Dari tabel 4.13 diketahui : $F_{(0,10; 1;10)} = 3,29$ dan $MS_e = 4,11$

$$\begin{aligned}n_{\text{eff}} &= \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan perkiraan rata-rata}} \\ &= \frac{8 \times 3}{1+1+1} = \frac{24}{3} = 8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CI_{\mu_{\text{konfirmasi}}} &= \pm \sqrt{F_{0,10(1,10)} \times V_{e1} \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right]} \\ &= \pm \sqrt{3,29 \times 4,11 \times \left[\frac{1}{8} + \frac{1}{10} \right]} \\ &= \pm 1,744\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{konfirmasi}} - CI_{\text{konfirmasi}} &\leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq \mu_{\text{konfirmasi}} + CI_{\text{konfirmasi}} \\ 28,150 - 1,744 &\leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq 28,150 + 1,744 \\ 26,406 &\leq \mu_{\text{konfirmasi}} \leq 29,894\end{aligned}$$

4.2.4.1.2. Perhitungan Rasio S/N Eksperimen Konfirmasi

1. Nilai Rata-rata (mean) dengan rumus :

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

$$\text{Mean} = \frac{26,5 + 27 + 29 + 28 + 28,5 + 29,5 + 27,5 + 29 + 29,5 + 27}{10}$$

$$= 28,150$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Nilai rasio S/N} &= -10 \log \left[\frac{1}{n} \left(\frac{1}{y_1^2} + \frac{1}{y_2^2} + \frac{1}{y_3^2} + \dots + \frac{1}{y_{10}^2} \right) \right] \\ &= -10 \log \left[\frac{1}{10} \left(\frac{1}{26,5^2} + \frac{1}{27^2} + \frac{1}{29^2} \dots + \frac{1}{27^2} \right) \right] \\ &= 28,971 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.2.4.1.3. Interval Kepercayaan rasio S/N Eksperimen Konfirmasi

Interval Kepercayaan rasio S/N eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut :

Dari tabel 4.19. diketahui : $F_{(0,10; 1:10)} = 3,29$ dan $MS_e = 8,37$

$$\begin{aligned} n_{\text{eff}} &= \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan perkiraan rata-rata}} \\ &= \frac{8 \times 3}{1 + 1 + 1} = \frac{24}{3} = 8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI_{\mu_{\text{konfirmasi}}} &= \pm \sqrt{F_{0,10(1,10)} \times V_{\text{el}} \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right]} \\ &= \pm \sqrt{3,29 \times 8,37 \times \left[\frac{1}{8} + \frac{1}{10} \right]} \\ &= \pm 2,498 \end{aligned}$$

Maka :

$$S/N_{\text{konfirmasi}} - CI_{\text{konfirmasi}} \leq S/N_{\text{konfirmasi}} \leq S/N_{\text{konfirmasi}} + CI_{\text{konfirmasi}}$$

$$28,971 - 2,498 \leq S/N_{\text{konfirmasi}} \leq 28,971 + 2,498$$

$$26,473 \text{ dB} \leq S/N_{\text{konfirmasi}} \leq 31,469 \text{ dB}$$

4.2.5. Pembahasan Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari analisa pengolahan data sebelumnya, maka diketahui kombinasi faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata dan variansi kuat tekan genteng beton adalah sama, yaitu Pasir 0,5 kg pada level 2 (B₂), tepung mill 0,4 kg pada level 1(C₁).

Dari Hasil perhitungan interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 90% untuk eksperimen Taguchi kemudian dibandingkan dengan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi didapat bahwa rata-rata pada eksperimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen Taguchi. Interval Kepercayaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.22. dibawah ini :

Tabel 4.22. Interpretasi Hasil Ukuran Kuat Tekan Genteng Beton

Respon (kuat tekan genteng beton)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μ)	21,208	21,208 \pm 1,394
	Variabilitas (S/N)	27,521	27,521 \pm 1,989
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata(μ)	28,150	28,150 \pm 1,744
	Variabilitas (S/N)	28,971	28,971 \pm 2,498

Berdasarkan interpretasi hasil perhitungan kuat tekan genteng beton yang tertera pada tabel 4.22, yaitu eksperimen Taguchi ke eksperimen dan konfirmasi mengalami peningkatan pada rata-rata dan variabilitasnya. Dengan demikian kombinasi optimal faktor-faktor tersebut di atas terbukti dapat meningkatkan kekuatan tekan genteng beton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan indikasi faktor maka faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kuat tekan genteng beton adalah semen (A), Pasir (B), Tepung Mill (C), dan Air (D). Dan Berdasarkan perbandingan antara F-rasio dan F-tabel pada strategi *pooling up* menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan genteng beton adalah faktor B (jumlah pasir) dan faktor C (jumlah tepung mill).
2. Kombinasi level dari faktor yang menghasilkan nilai rata-rata dan variansi kuat tekan genteng beton yang optimal sama, yaitu diperoleh dari setting faktor pasir pada level 2 sebesar 0,5 Kg (B₂) dan tepung mill pada level 1 sebesar 0,4 Kg (C₁). Dan Berdasarkan respon dari pengaruh faktor dan *signal to Noise Ratio* didapatkan komposisi terbaik dari perbandingan faktor A (semen) : faktor B (pasir) : faktor C (tepung mill) :faktor D (Air) berturut-turut adalah level 1 (0,9 kg) : level 2 (0,5 kg) : level 1 (0,4 kg) : level 1 (0,3 kg).
3. Berdasarkan hasil interpretasi hasil perhitungan kuat tekan genteng beton, hasil percobaan dengan metode taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami peningkatan pada nilai rata-rata (μ) dan

variabilitasnya (SNR). Sehingga terbukti bahwa kombinasi faktor-faktor yang optimal dapat meningkatkan kuat tekan genteng beton.

5.2. Saran

Saran yang diberikan berdasarkan penelitian ini adalah :

1. Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian terhadap kuat tekan genteng beton, di uji laboratorium dengan pengujian yang ditetapkan adalah kekuatan tarik (kuat lentur), dan ketahanan terhadap rembesan serta ketahanan terhadap sinar matahari.
2. Bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk meneliti kuat tekan genteng beton dengan bahan baku alternatif lainnya.
3. Saran untuk perusahaan melakukan pengarahan terhadap operator agar lebih berhati-hati dalam melakukan penumpukan pada saat perendaman dan untuk menghindari benturan yang terjadi ketika melakukan perendaman.
4. Saran untuk perusahaan melakukan pengarahan terhadap operator agar lebih berhati-hati dalam melakukan penumpukan genteng siap pakai untuk menghindari keretakan atau pecah pada genteng beton.
5. Saran untuk perusahaan melakukan pengarahan terhadap operator agar berhati-hati dalam melakukan proses pengangkutan genteng beton ke konsumen, mulai dari penyusunan, penumpukan hingga pengangkutan dalam distribusi ke konsumen agar benturan dan gangguan-gangguan lainnya dapat dihindari agar kecacatan produk dapat diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri. 2008. *Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Taguchi Pada CV Setia Kawan*: Universitas Malikussaleh.
- Amelia, Vitha. 2010. *Usulan Perbaikan Kualitas pada Mesin Getar Di PT Gandum Mas Kencana Untuk Mengetahui Tingkat Kehalusan Gula Menggunakan Metode Taguchi*. Universitas Gunadarma: Depok.
- Kumdan Kumar dan Hari Singh. 2012. *Optimal Material Removal and Effect Of Process parameters of Cylindrical Grinding Machine By Taguchi Method*.
- Pangestu, Srilestari. 2013. *Desain Eksperimen Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Paving Blok*. E-jurnal Teknik Industri. Fakultas Teknik: Universitas Tanjungpura.
- Sinulingga, Sukaria. 2010. *Pengantar Teknik Industri*. USU Press: Medan.
- Soejanto, Irwan. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Tarsito: Bandung.
- Sudjana. 1997. *Metode Statistika, Edisi Keenam*. Tarsito: Bandung.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Manajemen, Cetakan Ketiga*. Alfabeta: Bandung.

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,10															
df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	60.47	60.71	60.90	61.07	61.22
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.40	9.41	9.41	9.42	9.42
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.22	5.21	5.20	5.20
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.91	3.90	3.89	3.88	3.87
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.28	3.27	3.26	3.25	3.24
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.92	2.90	2.89	2.88	2.87
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.68	2.67	2.65	2.64	2.63
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.52	2.50	2.49	2.48	2.46
9	3.38	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.40	2.38	2.36	2.35	2.34
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.30	2.28	2.27	2.26	2.24
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.23	2.21	2.19	2.18	2.17
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.10
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.07	2.05	2.04	2.02	2.01
15	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.01	1.99	1.97	1.95	1.94
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.98	1.96	1.94	1.93	1.91
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.95	1.93	1.92	1.90	1.89
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.93	1.91	1.89	1.88	1.86
20	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.91	1.89	1.87	1.86	1.84
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.90	1.87	1.86	1.84	1.83
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.88	1.86	1.84	1.83	1.81
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.84	1.83	1.81	1.80
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78
25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86	1.83	1.80	1.78	1.76	1.75	1.73
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72
31	2.87	2.48	2.27	2.14	2.04	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71
32	2.87	2.48	2.26	2.13	2.04	1.97	1.91	1.87	1.83	1.81	1.78	1.76	1.74	1.72	1.71
33	2.86	2.47	2.26	2.12	2.03	1.96	1.91	1.86	1.83	1.80	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70
34	2.86	2.47	2.25	2.12	2.02	1.96	1.90	1.86	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69
35	2.85	2.46	2.25	2.11	2.02	1.95	1.90	1.85	1.82	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69
36	2.85	2.46	2.24	2.11	2.01	1.94	1.89	1.85	1.81	1.78	1.76	1.73	1.71	1.70	1.68
37	2.85	2.45	2.24	2.10	2.01	1.94	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68
38	2.84	2.45	2.23	2.10	2.01	1.94	1.88	1.84	1.80	1.77	1.75	1.72	1.70	1.69	1.67
39	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.88	1.83	1.80	1.77	1.74	1.72	1.70	1.68	1.67
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.74	1.71	1.70	1.68	1.66
41	2.83	2.44	2.22	2.09	1.99	1.92	1.87	1.82	1.79	1.76	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66
42	2.83	2.43	2.22	2.08	1.99	1.92	1.86	1.82	1.78	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67	1.65
43	2.83	2.43	2.22	2.08	1.99	1.92	1.86	1.82	1.78	1.75	1.72	1.70	1.68	1.67	1.65
44	2.82	2.43	2.21	2.08	1.99	1.91	1.86	1.81	1.78	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65
45	2.82	2.42	2.21	2.07	1.98	1.91	1.85	1.81	1.77	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.64

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,10

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
46	2.82	2.42	2.21	2.07	1.98	1.91	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.67	1.65	1.64
47	2.82	2.42	2.20	2.07	1.97	1.90	1.85	1.80	1.77	1.74	1.71	1.69	1.67	1.65	1.64
48	2.81	2.42	2.20	2.07	1.97	1.90	1.85	1.80	1.77	1.73	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63
49	2.81	2.41	2.20	2.06	1.97	1.90	1.84	1.80	1.76	1.73	1.71	1.68	1.66	1.65	1.63
50	2.81	2.41	2.20	2.06	1.97	1.90	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.66	1.64	1.63
51	2.81	2.41	2.19	2.06	1.96	1.89	1.84	1.79	1.76	1.73	1.70	1.68	1.66	1.64	1.62
52	2.80	2.41	2.19	2.06	1.96	1.89	1.84	1.79	1.75	1.72	1.70	1.67	1.65	1.64	1.62
53	2.80	2.41	2.19	2.05	1.96	1.89	1.83	1.79	1.75	1.72	1.70	1.67	1.65	1.63	1.62
54	2.80	2.40	2.19	2.05	1.96	1.89	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.65	1.63	1.62
55	2.80	2.40	2.19	2.05	1.95	1.88	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61
56	2.80	2.40	2.18	2.05	1.95	1.88	1.83	1.78	1.75	1.71	1.69	1.67	1.65	1.63	1.61
57	2.80	2.40	2.18	2.05	1.95	1.88	1.82	1.78	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.63	1.61
58	2.79	2.40	2.18	2.04	1.95	1.88	1.82	1.78	1.74	1.71	1.68	1.66	1.64	1.62	1.61
59	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.88	1.82	1.78	1.74	1.71	1.68	1.66	1.64	1.62	1.61
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.68	1.66	1.64	1.62	1.60
61	2.79	2.39	2.18	2.04	1.94	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.68	1.66	1.64	1.62	1.60
62	2.79	2.39	2.17	2.04	1.94	1.87	1.82	1.77	1.73	1.70	1.68	1.65	1.63	1.62	1.60
63	2.79	2.39	2.17	2.04	1.94	1.87	1.81	1.77	1.73	1.70	1.68	1.65	1.63	1.61	1.60
64	2.79	2.39	2.17	2.03	1.94	1.87	1.81	1.77	1.73	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.60
65	2.78	2.39	2.17	2.03	1.94	1.87	1.81	1.77	1.73	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.59
66	2.78	2.38	2.17	2.03	1.94	1.87	1.81	1.77	1.73	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.59
67	2.78	2.38	2.17	2.03	1.94	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.65	1.63	1.61	1.59
68	2.78	2.38	2.17	2.03	1.93	1.86	1.81	1.76	1.73	1.69	1.67	1.64	1.62	1.61	1.59
69	2.78	2.38	2.16	2.03	1.93	1.86	1.81	1.76	1.72	1.69	1.67	1.64	1.62	1.60	1.59
70	2.78	2.38	2.16	2.03	1.93	1.86	1.80	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.59
71	2.78	2.38	2.16	2.03	1.93	1.86	1.80	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.59
72	2.78	2.38	2.16	2.02	1.93	1.86	1.80	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.58
73	2.78	2.38	2.16	2.02	1.93	1.86	1.80	1.76	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.58
74	2.77	2.38	2.16	2.02	1.93	1.86	1.80	1.75	1.72	1.69	1.66	1.64	1.62	1.60	1.58
75	2.77	2.37	2.16	2.02	1.93	1.85	1.80	1.75	1.72	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58
76	2.77	2.37	2.16	2.02	1.92	1.85	1.80	1.75	1.72	1.68	1.66	1.63	1.61	1.59	1.58
77	2.77	2.37	2.16	2.02	1.92	1.85	1.80	1.75	1.71	1.68	1.66	1.63	1.61	1.59	1.58
78	2.77	2.37	2.16	2.02	1.92	1.85	1.80	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.58
79	2.77	2.37	2.15	2.02	1.92	1.85	1.79	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.58
80	2.77	2.37	2.15	2.02	1.92	1.85	1.79	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57
81	2.77	2.37	2.15	2.02	1.92	1.85	1.79	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57
82	2.77	2.37	2.15	2.01	1.92	1.85	1.79	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57
83	2.77	2.37	2.15	2.01	1.92	1.85	1.79	1.75	1.71	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57
84	2.77	2.37	2.15	2.01	1.92	1.85	1.79	1.74	1.71	1.68	1.65	1.63	1.60	1.59	1.57
85	2.77	2.37	2.15	2.01	1.92	1.84	1.79	1.74	1.71	1.67	1.65	1.62	1.60	1.59	1.57
86	2.76	2.37	2.15	2.01	1.92	1.84	1.79	1.74	1.71	1.67	1.65	1.62	1.60	1.58	1.57
87	2.76	2.36	2.15	2.01	1.91	1.84	1.79	1.74	1.70	1.67	1.65	1.62	1.60	1.58	1.57
88	2.76	2.36	2.15	2.01	1.91	1.84	1.79	1.74	1.70	1.67	1.65	1.62	1.60	1.58	1.57
89	2.76	2.36	2.15	2.01	1.91	1.84	1.79	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.57
90	2.76	2.36	2.15	2.01	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56

Diproduksi oleh: Junaidi (<http://junaidichaniago.wordpress.com>). 2010

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,10

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
91	2.76	2.36	2.14	2.01	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56
92	2.76	2.36	2.14	2.01	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56
93	2.76	2.36	2.14	2.01	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56
94	2.76	2.36	2.14	2.01	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56
95	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56
96	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67	1.64	1.62	1.59	1.58	1.56
97	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.84	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.59	1.58	1.56
98	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.84	1.78	1.73	1.70	1.66	1.64	1.61	1.59	1.57	1.56
99	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.83	1.78	1.73	1.70	1.66	1.64	1.61	1.59	1.57	1.56
100	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.83	1.78	1.73	1.69	1.66	1.64	1.61	1.59	1.57	1.56
101	2.76	2.36	2.14	2.00	1.91	1.83	1.78	1.73	1.69	1.66	1.64	1.61	1.59	1.57	1.56
102	2.76	2.36	2.14	2.00	1.90	1.83	1.78	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.56
103	2.75	2.35	2.14	2.00	1.90	1.83	1.78	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
104	2.75	2.35	2.14	2.00	1.90	1.83	1.78	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
105	2.75	2.35	2.14	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
106	2.75	2.35	2.14	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
107	2.75	2.35	2.14	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
108	2.75	2.35	2.14	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
109	2.75	2.35	2.13	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
110	2.75	2.35	2.13	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.59	1.57	1.55
111	2.75	2.35	2.13	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.58	1.57	1.55
112	2.75	2.35	2.13	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.61	1.58	1.57	1.55
113	2.75	2.35	2.13	2.00	1.90	1.83	1.77	1.73	1.69	1.66	1.63	1.60	1.58	1.57	1.55
114	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.83	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
115	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.83	1.77	1.72	1.69	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
116	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.83	1.77	1.72	1.69	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
117	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.83	1.77	1.72	1.69	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
118	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.69	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
119	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
120	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.63	1.60	1.58	1.56	1.55
121	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
122	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
123	2.75	2.35	2.13	1.99	1.89	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
124	2.75	2.35	2.13	1.99	1.89	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
125	2.75	2.35	2.13	1.99	1.89	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
126	2.75	2.35	2.13	1.99	1.89	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
127	2.75	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
128	2.75	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
129	2.74	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
130	2.74	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
131	2.74	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
132	2.74	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
133	2.74	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.57	1.56	1.54
134	2.74	2.34	2.13	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.57	1.56	1.54
135	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.60	1.57	1.56	1.54

Diproduksi oleh: Junaidi (<http://junaidichaniago.wordpress.com>), 2010

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,10

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
136	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
137	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
138	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.72	1.68	1.65	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
139	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
140	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
141	2.74	2.34	2.12	1.99	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
142	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
143	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
144	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.54
145	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.82	1.76	1.71	1.68	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53
146	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53
147	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
148	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
149	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
150	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
151	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
152	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
153	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
154	2.74	2.34	2.12	1.98	1.89	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
155	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
156	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
157	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
158	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.76	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
159	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
160	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
161	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
162	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
163	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
164	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
165	2.74	2.34	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.56	1.55	1.53
166	2.74	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.56	1.55	1.53
167	2.74	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.56	1.55	1.53
168	2.74	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.56	1.55	1.53
169	2.74	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.59	1.56	1.55	1.53
170	2.74	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
171	2.74	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
172	2.73	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
173	2.73	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
174	2.73	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
175	2.73	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
176	2.73	2.33	2.12	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.64	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
177	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.71	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
178	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
179	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
180	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53

Diproduksi oleh: Junaidi (<http://junaidichaniago.wordpress.com>), 2010

Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,10

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
181	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
182	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
183	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.53
184	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52
185	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52
186	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52
187	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52
188	2.73	2.33	2.11	1.98	1.88	1.81	1.75	1.70	1.67	1.63	1.61	1.58	1.56	1.54	1.52
189	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.81	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
190	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.81	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
191	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.81	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
192	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.81	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
193	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
194	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
195	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
196	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
197	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
198	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
199	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
200	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
201	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
202	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
203	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
204	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
205	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
206	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
207	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
208	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
209	2.73	2.33	2.11	1.97	1.88	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
210	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
211	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
212	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
213	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
214	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.75	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
215	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
216	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
217	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52
218	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
219	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
220	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
221	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
222	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
223	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
224	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.54	1.52
225	2.73	2.33	2.11	1.97	1.87	1.80	1.74	1.70	1.66	1.63	1.60	1.58	1.55	1.53	1.52

Diproduksi oleh: Junaidi (<http://junaidichaniago.wordpress.com>). 2010