

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa teori yang mendukung dalam penelitian yang dilakukan. Teori teori yang diuraikan hanya yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang dibahas. Sehingga perhitungan, analisis dan pembahasan dapat dilakukan secara teoritis dan benar.

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Muharom (2015), melakukan penelitian untuk meningkatkan kualitas batu bata berbahan baku tanah liat agar memiliki kuat tekan yang lebih tinggi. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode *Taguchi* dengan *Orthogonal Array L8 (2⁷)*. Faktor yang dianggap berpengaruh antara lain komposisi pasir, jenis campuran, proses pencampuran, lama pemeraman, waktu penjemuran, jumlah air, operator/pekerja. Dari hasil uji tekan pada Laboratorium Uji Material di Teknik Sipil ITS, untuk mendapatkan batu bata yang mempunyai kekerasan lebih tinggi maka faktor-faktor yang harus diperbaiki atau dirubah adalah Komposisi (jumlah bahan campuran) dengan menambahkan 5 % pasir halus akan menambah kekerasan 65 % , yaitu dari kekerasan 57 kg/cm² menjadi 94 kg/cm² dan Jumlah air di tambah, jadi campuran lebih lunak dengan batasan bentuk tidak berubah waktu cetakan di lepas (kebiasaan selama ini air seminim mungkin untuk mempercepat pengeringan). Dengan campuran lebih lunak dapat meningkatkan kekerasan 39 %.
2. Hartono (2012), penelitian yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan mutu produk plastik dengan metode desain eksperimen *Taguchi* yang mengkombinasikan komposisi material bijih plastik murni dan plastik daur ulang (jenis PP/*Polypropilena*) dengan tekanan dan temperatur tertentu agar menghasilkan kekuatan tarik plastik yang lebih baik. Dari hasil eksperimen, diperoleh kombinasi komposisi material 30% plastik daur ulang, tekanan 6,5 atm dan temperatur 180 °C. Dengan komposisi tersebut diperoleh rata-rata kekuatan tarik sebesar 991,667 Newton, dan rasio *Signal to Noise (Larger is better)* sebesar 59,9255. Secara statistik, kombinasi tersebut berpengaruh

secara signifikan dengan α sebesar 0,05 melalui eksperimen Metode *Taguchi* dengan matrik *Orthogonal Array* L8(2³).

- Yunianto (2015), penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menghasilkan genteng berkualitas dilihat dari *setting* parameter optimal yang dapat mengoptimalkan sifat fisis (daya serap air) dan mekanis (kekuatan beban lentur) genteng. Metode yang digunakan adalah desain eksperimen *Taguchi* dengan faktor yang digunakan adalah komposisi bahan baku, diameter rol molen, putaran motor dan jarak antar roll. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah LTB (*Larger The Better*) untuk respon kuat lentur genteng dan STB (*Smaller The Better*) untuk respon daya serap air. Maka kualitas genteng semakin baik Nilai S/N untuk kedua jenis karakteristik tersebut adalah kombinasi level faktor optimal A3B1C3D2.

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Peneliti			
	Hartono (2012)	Yunianto (2015)	Muharom (2015)	Penelitian Saat ini
Objek Penelitian	Plastik	Genteng	Batu Bata	Kursi Teraso
Parameter yang diamati	Kekuatan tarik plastik	Sifat fisis (daya serap air) dan mekanis (kekuatan beban lentur) genteng	Kekerasan batu bata dari bahan baku tanah liat	Kuat tekan minimal kursi teraso
Metode Penelitian	Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)	Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)	Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio)	Metode <i>Taguchi</i> (ANOVA untuk data variabel, S/N Ratio dan rata-rata)

2.2 Kualitas

Hal pertama yang harus diperhatikan untuk memenuhi kepuasan pelanggan yaitu kualitas. Kualitas yang diperhatikan bukan hanya bagaimana akhir dari produk tersebut, tetapi dari seluruh komponen didalamnya, baik bahan baku, proses produksi, distribusi, penjaminan produk, dan lainnya. Kualitas adalah kata yang sering didengar oleh banyak orang dan kualitas memiliki banyak sekali definisi yang berbeda – beda. Berikut ini adalah beberapa definisi kualitas yang muncul dari para ahli, yaitu (Ariani, 2004) :

- Juran (1962) : “Kualitas adalah kesesuaian dengan tujuan atau manfaatnya”.
- Feigenbaum (1991) : “Kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang meliputi *marketing, engineering, manufacture, dan maintenance*, dalam mana

produk dan jasa tersebut dalam pemakaiannya akan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan”.

3. Goetch dan Davis (1995) : “Kualitas adalah suatu kondisi dinamis yang berkaitan dengan produk, pelayanan, orang, proses, dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi apa yang diharapkan”.
4. Perbendaharaan istilah *ISO 8402* dan dari Standar Nasional Indonesia (SNI 19-8402-1991) : “Kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar. Istilah kebutuhan diartikan sebagai spesifikasi yang tercantum dalam kontrak maupun kriteria – kriteria yang harus didefinisikan terlebih dahulu.”

Selain itu, definisi kualitas menurut *Taguchi* adalah terdapat dua segi umum, yaitu kualitas rancangan dan kualitas kecocokan (Soejanto, 2003). Sedangkan definisi kualitas suatu produk menurut *Taguchi* adalah kerugian minimum yang diperoleh masyarakat dari suatu produk sejak produk tersebut dikirim (Belavendram, 1995).

2.3 Desain Eksperimen

Menurut Sudjana (1995:1), desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul – betul terdefinisikan) sedemikian sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang diteliti atau dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah-langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar supaya data yang semestinya diperlukan dapat diperoleh, sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Desain eksperimen terdiri atas berbagai macam metode, diantaranya adalah sebagai berikut. Desain Acak Sempurna.

1. Desain Blok Lengkap Acak
2. Desain Blok Tak Lengkap Acak
3. Desain Bujursangkar *Latin*
4. Desain Bujursangkar *Graeco-Latin*
5. Desain Bujursangkar *Youden*
6. Desain Faktorial 2k dan 3k
7. Metode *Taguchi*

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah Metode *Taguchi* yang akan dijelaskan pada sub-bab 2.3.1.

2.4 Metode *Taguchi*

Metode *Taguchi* dikembangkan oleh Genichi *Taguchi*, yang digunakan untuk memperbaiki penerapan *Total Quality Control* di Jepang. Metode *Taguchi* merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode *Taguchi* menjadikan produk atau proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor pengganggu (*noise*), karenanya metode ini disebut juga sebagai perancangan kokoh (*robust design*) (Soejanto, 2008).

Metode *Taguchi* adalah metode atau teknik pengendalian kualitas yang bersifat *offline* atau bersifat suatu usaha perbaikan kualitas yang dimulai sejak saat melakukan perancangan hingga pemrosesan. Menurut Ariani (2004;67) penggunaan *Taguchi offline* tersebut efektif untuk mengadakan perbaikan kualitas dan pengurangan biaya, perbaikan dalam pembuatan produk, serta pengurangan biaya pengembangan produk. Tujuan ini akan dapat tercapai jika organisasi manufaktur mampu mengidentifikasi adanya faktor – faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menyesuaikan faktor – faktor tersebut pada tingkat atau *level* yang sesuai (Belavendram, 1995). Berikut ini adalah langkah – langkah desain eksperimen *Taguchi*, yaitu (Soejanto, 2008) :

1. Menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
Mendefinisikan permasalahan yang akan dihadapi dengan sejelas mungkin agar dapat dilakukan suatu upaya perbaikan dari masalah yang dihadapi.
2. Menentukan tujuan penelitian
Untuk menentukan tujuan penelitian diperlukan mengidentifikasi karakteristik kualitas serta tingkat performansi dari suatu eksperimen.
3. Menentukan metode pengukuran
Menentukan parameter – parameter yang akan diamati, bagaimana cara pengukurannya, dan peralatan apa saja yang diperlukan dalam eksperimen.
4. Identifikasi faktor
Untuk mengidentifikasi faktor yaitu melakukan pendekatan yang sistematis dengan tujuan menemukan suatu penyebab permasalahan yang dihadapi.
5. Memisahkan faktor *control* dan faktor *noise*

Untuk memulai melakukan desain eksperimen *Taguchi*, seharusnya mengetahui faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi produk menjadi dua jenis faktor yaitu faktor *control* dan faktor *noise*.

6. Menentukan level dari faktor dan nilai faktor

Dalam penentuan level dari faktor menentukan jumlah derajat kebebasan yang akan digunakan sebagai pemilihan *Orthogonal Array* yang akan digunakan dalam eksperimen.

7. Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi

Suatu interaksi terjadi apabila pengaruh dari suatu faktor tergantung dari level faktor yang lainnya.

8. Menggambar *linier graf* yang diperlukan untuk faktor *control* dan interaksi

Menentukan penempatan faktor serta interaksi yang mungkin digunakan pada kolom – kolom *Orthogonal Array*. *Taguchi* sudah menentukan *linier graf* yang digunakan untuk mempermudah pengaturan faktor – faktor dan interaksi.

9. Pemilihan *Orthogonal Array*

Dalam pemilihan *Orthogonal Array* yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap faktor. Untuk menentukan jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan *Orthogonal Array* mana yang akan dipakai pada eksperimen.

10. Memasukkan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom

Untuk memasukkan faktor dalam kolom *Taguchi* menyediakan dua alat bantu yaitu dapat menggunakan *linier graf* atau *triangular tables*.

11. Melakukan eksperimen

Sejumlah percobaan akan disusun untuk meminimasi kesalahan yang mungkin terjadi pada penyusunan level yang tepat untuk eksperimen.

12. Analisa hasil eksperimen

Menganalisa hasil eksperimen yang telah dilakukan *Taguchi* menggunakan ANOVA.

Ada beberapa hal yang dilakukan pada tahapan ini, yaitu :

a. *Pooling* faktor

Metode yang dilakukan apabila faktor yang diamati tidak signifikan secara statistik setelah pengujian signifikansi.

b. Persen Kontribusi

Bagian dari total variasi yang diamati pada eksperimen dari masing – masing faktor yang signifikan pada metode *Taguchi* dinyatakan dalam persen kontribusi. Menandakan kekuatan relatif dari suatu faktor untuk mereduksi variasi.

c. *Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)*

Taguchi memperkenalkan pendekatan S/N untuk meneliti pengaruh faktor *noise* terhadap variasi yang timbul.

13. Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal

Jika eksperimen terdiri dari beberapa faktor dan juga tiap – tiap faktor terdiri dari beberapa level faktor, maka pemilihan kombinasi level yang optimal adalah dengan membandingkan nilai perbedaan rata – rata eksperimen dari level yang ada.

14. Perkiraan rata – rata pada kondisi optimal

Setelah mendapatkan kondisi yang optimal dari eksperimen dengan *orthogonal array* maka dapat diperkirakan rata – rata proses untuk prediksi kondisi yang optimal.

15. Menjalankan eksperimen konfirmasi

Dimaksudkan agar faktor dan level yang diinginkan memberikan hasil yang diharapkan.

2.4.1 *Orthogonal Array*

Matriks *ortogonal* yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris (kombinasi level dari faktor dalam eksperimen) dan kolom (faktor yang dapat diubah dalam eksperimen) (Soejanto, 2008). Penentuan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen, perlu dilakukan prosedur sebagai berikut (Soejanto, 2008) :

1. Definisikan jumlah faktor dan levelnya
2. Tentukan derajat kebebasannya

Derajat kebebasan adalah sebuah konsep yang mendeskripsikan seberapa besar eksperimen yang mesti dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008). Dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati maka menggunakan rumus pada persamaan (2-1) s.d (2-3) (Soejanto, 2008):

$$V_{OA} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1) \quad (2-1)$$

$$V_{fI} = (\text{banyaknya faktor}) \times (\text{banyaknya level} - 1) \quad (2-2)$$

$$V_{OA} \geq V_{fI} \quad (2-3)$$

Sumber: Soejanto (2008)

3. Memilih matriks *ortogonal*

Dalam memilih matriks ortogonal yang cocok atau sesuai diperlukan suatu persamaan dari matriks ortogonal tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level, dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Bentuk umum dari model matriks *orthogonal* adalah (Soejanto, 2008):

$$La (b^c) \quad (2-4)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Dimana :

L = rancangan bujur sangkar latin

a = banyak baris / eksperimen

b = banyak level faktor

c = banyak faktor

Taguchi telah menyediakan beberapa matriks ortogonal sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang akan dilakukan. Pada Tabel 2.2 berikut ini merupakan bentuk standar matrik ortogonal menurut *Taguchi*.

Tabel 2.2 *Orthogonal Array* Standar

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
L4(2 ³)	L9(3 ⁴)	L16(2 ⁵)	L23(5 ⁰)	L18 (2 ¹ x 3 ⁷)
L8(2 ⁷)	L27(3 ¹³)	L64(4 ²¹)	-	L32 (2 ¹ x 4 ⁹)
L12(2 ¹¹)	L81(3 ⁴⁰)	-	-	L36 (2 ¹¹ x 3 ¹²)
L16(2 ¹⁵)	-	-	-	L36(2 ⁵ x 3 ¹³)
L32(2 ³¹)	-	-	-	L54(2 ¹ x 3 ²⁵)

Sumber: Soejanto (2008)

2.4.2 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas (variabel respon) adalah obyek yang menarik dari produk atau proses, terkadang disebut sebagai karakteristik fungsional (Belavendram, 1995). Pada dasarnya karakteristik kualitas memiliki target. Berikut ini adalah tiga tipe target pada karakteristik kualitas menurut Belavendram (1995) yang ditampilkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

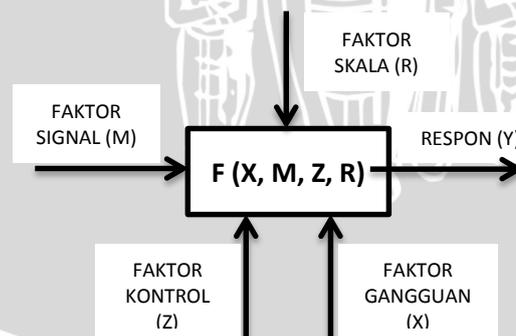
Karakteristik	Target
<i>Nominal the best</i>	terukur dengan nilai target yang ditentukan secara spesifik
<i>Smaller the better</i>	terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target adalah nol (0)
<i>Larger the better</i>	terukur non-negatif yang mempunyai kondisi ideal atau nilai target

Sumber: Belavendram (1995)

2.4.3 Klasifikasi Parameter

Banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variabel respon) dari suatu produk. Faktor – faktor tersebut dapat diklasifikasikan menjadi (Soejanto, 2008):

- 1 Faktor Gangguan, merupakan suatu parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari targetnya. Faktor ini menyebabkan pengaruh pada karakteristik secara tidak terkendali dan sulit terprediksi serta bersifat biasanya sulit, mahal, dan tidak jadi sasaran pengendalian, tetapi untuk tujuan eksperimen, maka perlu dikendalikan dalam skala kecil.
- 2 Faktor Kontrol, merupakan parameter yang nilainya ditentukan oleh ahli teknik. Faktor ini mempunyai satu atau lebih nilai yang disebut level faktor. Salah satu aspek dari perancangan kokoh adalah mencari kondisi level optimal untuk faktor kontrol sehingga karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap gangguan.
- 3 Faktor Sinyal, faktor yang mengubah nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya akan diukur. Karakteristik kualitas dalam perancangan eksperimen dimana faktor sinyal mempunyai nilai konstan disebut karakteristik statis dan dinamis saat dimasukkan ke banyak nilai.
- 4 Faktor Skala, faktor ini sering disebut sebagai faktor penyelesaian. Faktor ini digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor sinyal dengan karakteristik kualitas.



Gambar 2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Karakteristik Kualitas
Sumber: Belavendram (1995)

2.4.4 Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)

Metode *Taguchi* telah mengembangkan konsep *S/N Ratio* untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor dan eksperimen ini disebut dengan eksperimen faktor ganda. *S/N Ratio* diformulasikan sedemikian rupa agar peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor

terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Tujuan dari S/N *Ratio* ini adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan (Soejanto, 2008).

Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas. Pada penelitian ini karakteristik dari rasio S/N yang digunakan yaitu *nominal the best*. Rasio S/N-*nominal the best* digunakan ketika karakteristik kualitas adalah kontinyu, non negatif dan dapat mengambil nilai dari nol sampai tak hingga. Nilai targetnya tidak sama dengan nol dan *finite* (terbatas). Nilai Rasio S/N untuk *nominal the best* yaitu :

$$\eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (2-5)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2-6)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (2-7)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana :

n: jumlah sampel (jumlah pengulangan eksperimen)

y: nilai sampel (data pengamatan ke-i (i = 1,2,3,...,n))

μ : mean

σ : standar deviasi

2.4.5 Analysis of Variance (ANOVA) untuk Data Variabel

ANOVA (*Analysis of Variance*) pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, yaitu seorang Ahli statistik *British* (Belavendram, 1995). ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon (Soejanto, 2008). Penggunaan ANOVA pada metode *Taguchi* adalah digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data – data hasil eksperimen. Sedangkan untuk jenis data hasil pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Variabel Data*. Dalam perhitungan pengerjaannya adalah sebagai berikut (Belavendram, 1995) :

1. Membuat tabel data variabel.

Tabel 2.4 Tabel Data Variabel

Exp	A	B	...	Replikasi 1	Replikasi 2	Total
1							
2							
K							

Sumber : (Belavendram, 1995)

2. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (ST), dengan persamaan (2-8):

$$SST = \sum y^2 \quad (2-8)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: y adalah data pada setiap replikasi

3. Menghitung Jumlah kuadrat rata-rata (SS_{mean}), dengan persamaan (2-9):

$$Ssmean = n \cdot \bar{y}^2 \quad (2-9)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: n adalah total seluruh data replikasi.

4. Menghitung Jumlah Kuadrat Faktor (SS_A , SS_B , dst)

Sebelum menghitung Jumlah Kuadrat Faktor, langkah awal yaitu membuat tabel respon untuk faktor. Tabel 2.5 berikut ini adalah *Response Table of Factor Effects*.

Tabel 2.5 *Response Table of Factor Effects*

Class		A	B	C	N
(I)	Level 1				
	Level 2				
	Level k				

Sumber: (Belavendram, 1995)

Selanjutnya menghitung Jumlah Kuadrat Faktor dengan persamaan (2-10):

$$SS_A = ((A1)^2 \times n1) + ((A2)^2 \times n2) + \dots + ((Ai)^2 \times ni) - SS_{mean} \quad (2-10)$$

Sumber: Soejanto (2008)

5. Menghitung Jumlah Kuadrat Error (SE), dengan persamaan (2-11):

$$SSE = SST - Ssmean - SS_A - SS_B - SS_n \quad (2-11)$$

Sumber: Soejanto (2008)

6. Membuat Tabel ANOVA.

7. Menghitung derajat Kebebasan Faktor, dengan persamaan (2-12):

$$V_A = (\text{number of levels} - 1) \quad (2-12)$$

Sumber: Belavendram (1995)

8. Menghitung Derajat Kebebasan Total, dengan persamaan (2-13):

$$v_T = (\text{number of eksperiment} - 1) \quad (2-13)$$

Sumber: Belavendram (1995)

9. Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat (MS), dengan persamaan (2-14):

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-14)$$

Sumber: Soejanto (2008)

Perhitungan M_s tidak dilakukan pada Jumlah kuadrat total pada tabel ANOVA.

10. Menghitung Rasio (F-Ratio), dengan persamaan (2-15):

$$F \text{ ratio} = \frac{M_s \text{ pada masing-masing faktor}}{M_s \text{ Error}} \quad (2-15)$$

Sumber: Soejanto (2008)

11. Mengitung SS' pada masing-masing faktor dengan persamaan (2-16):

$$SSA' = SSA - (vA \times MSA) \quad (2-16)$$

Sumber: Soejanto (2008)

12. Menghitung Rho% (Persentase Rasio Akhir) pada masing-masing faktor, dengan persamaan (2-17):

$$Rho\% A = \frac{SSA'}{SST} \quad (2-17)$$

Sumber: Soejanto (2008)

2.4.6 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tetap tercakup dengan beberapa presentase kepercayaan tertentu. Berikut ini interval kepercayaan untuk data variabel pada rata-rata yang diprediksi (*predicted mean*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\mu_{\text{predicted}} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih } 1 - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih } n - \bar{y}) \quad (2-18)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

Dimana :

\bar{y} = rata – rata nilai hasil dari faktor yang terpilih setelah *pooled*

$$Cl = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS \text{ pooled } e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right] \right)} \quad (2-19)$$

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \quad (2-20)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

Dimana:

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai F-ratio dari tabel

α = 0,05

$v1$ = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata- rata.

$v2$ = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan variasi *pooled error*.

$MS \text{ pooled } e$ = variansi *pooled error*.

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap *predicted mean*.

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI \quad (2-21)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

Berikut ini adalah perhitungan *confidence interval – for a confirmation experiment*.

Perhitungan ini dilakukan setelah dilakukan uji konfirmasi.

$$CI = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v_1, v_2} \times Ve \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right] \right)} \quad (2-22)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

Dimana:

$\frac{1}{r}$ = jumlah replikasi yang dilakukan saat uji konfirmasi

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap uji konfirmasi.

$$\mu_{confirmation} - CI \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI \quad (2-23)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

2.4.7 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor – faktor dan level – level hasil evaluasi sebelumnya dengan tujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa (Soejanto, 2008). Pada percobaan ini, ukuran sampel yang digunakan lebih besar daripada percobaan sebelumnya. Berikut ini adalah penjelasan dari tujuan eksperimen konfirmasi yang berfungsi sebagai perbandingan nilai interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan konfirmasi ditampilkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		Predicted	Diterima
		Konfirmasi	
B		Predicted	Diterima
		Konfirmasi	
C		Predicted	Ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: Belavendram (1995)

Tabel 2.6 di atas menjelaskan bahwa apabila garis antara kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi berhimpitan (pada kondisi A dan B) maka eksperimen dapat diterima, sebaliknya apabila garis tersebut tidak berhimpitan maka eksperimen tidak dapat diterima atau harus dilakukan pengulangan eksperimen.

2.5 Spesimen Uji Beton

Standar benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton di laboratorium adalah silinder 150 x 300 mm (ASTM C-39). Namun apabila ukuran agregat kurang dari sepertiga diameter silinder 150 x 300 mm, maka benda uji silinder yang digunakan berukuran 100 x 200 mm (ASTM STP 169D, Chapter 13). Kuat tekan silinder 100 x 200 mm lebih besar 20% dibandingkan silinder 150 x 300 mm pada umur beton 28 hari dan berlaku untuk mix design yang sama. Menurut SNI-03-2847-2002, kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji silinder dalam perencanaan struktur beton dinyatakan dalam satuan Mpa. Bila nilai $f'c$ di dalam tanda akar, maka hanya nilai numerik dalam tanda akar saja yang dipakai, dan hasilnya tetap mempunyai satuan Mpa (SNI-03-2847-2002).

Selain benda uji silinder, kuat tekan beton juga dapat menggunakan benda uji kubus berukuran 15cm x 15cm x 15cm (British Standard) dan 20cm x 20 cm x 20 cm (PBI 1971 N.I.-2). Untuk benda uji kubus, mutu beton dinyatakan dengan huruf K dengan angka dibelakangnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan dalam satuan kg/cm² (PBI 1971 N.I.-2). Pada Tabel 1.2 menjelaskan perbandingan antara kekuatan tekan yang didapat dari benda uji yang telah disebutkan dimana benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm sebagai acuannya.

Tabel 2.7 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Spesimen Uji

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder 15 x 30 cm	0,83

2.6 Sifat Mekanis Beton

1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Depkimpraswil, 2002). Dalam SK SNI M - 14 -1989 - E dijelaskan pengertian kuat tekan beton yakni besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Muhammad, 2013).

Kuat tekan beton ringan selain berhubungan dengan perencanaan campuran adukan beton ringan, juga mempunyai hubungan yang unik dengan karakteristik beton ringan yang lainnya seperti berat isi, kuat tekan, modulus elastisitas, kuat Tarik belah, kuat lentur dan kuat lekat tulangan. Kuat tekan merupakan gambaran mutu beton. Menurut SNI 03-1974-

1990 yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan.

$$f_c' = \frac{P_{max}}{A} \quad (2-24)$$

Sumber: SNI 03-1974-1990

Dimana:

f_c' = kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (MPa)

P_{max} = beban tekan maksimum (N)

A = luas permukaan benda uji (mm^2)

2. Kuat Tarik

Kuat tarik beton berpengaruh terhadap kemampuan beton di dalam mengatasi retak awal sebelum dibebani. Kekuatan tarik lebih sulit diukur dibandingkan dengan kekuatan tekan karena masalah penjepitan pada mesin. Ada sejumlah metode yang tersedia untuk menguji kekuatan tarik. Konstruksi beton yang dipasang mendatar sering menerima beban tegak lurus sumbu bahannya dan sering mengalami rekahan (splitting). Hal ini terjadi karena daya dukung beton terhadap gaya lentur tergantung pada jarak dari garis berat beton, makin jauh dari garis berat maka makin kecil daya dukungnya. Kekuatan tarik beton relatif rendah, untuk beton normal berkisar antara 9%-15% dari kuat tekan. Sehingga semakin besar kuat tekan suatu beton, maka akan semakin besar pula kuat tariknya. Menurut SNI 07-2529-1991, tegangan tarik terdapat dua jenis, yaitu tegangan tarik leleh dan tegangan tarik putus.

$$(f_s) = \frac{P_{max}}{A} \quad (2-25)$$

Sumber: SNI 07-2529-1991

Dimana:

f_s = tegangan tarik putus (MPa)

P_{max} = kuat tarik putus (N)

A = luas permukaan benda uji (mm^2)

3. Kuat Lentur

Menurut (Edward, 1990) lentur pada balok diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah, maka pada balok akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang. Perhitungan kuat lentur panel untuk mendapatkan tingkat lendutan maksimal dengan beban

dua titik, berdasar pada SNI 03-4431-1997. Bila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Standar kuat lentur panel berdasarkan SNI 03-6861.1-2002

Menurut SNI 03-4431-1997 kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Pengujian kuat lentur dinding panel dilakukan pada saat dinding panel berumur 28 hari.

$$\sigma_1 = \frac{PL}{bh^2} \quad (2-26)$$

Sumber: SNI 03-4431-1997

Dimana :

σ_1 = Kuat Lentur (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

h = Tinggi benda uji (mm)

2.7 Mutu dan Kelas Beton

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971 N.I.-2), kualitas beton dapat dibedakan berdasarkan kelas dan mutu beton. Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan- bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B0.
2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan- bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

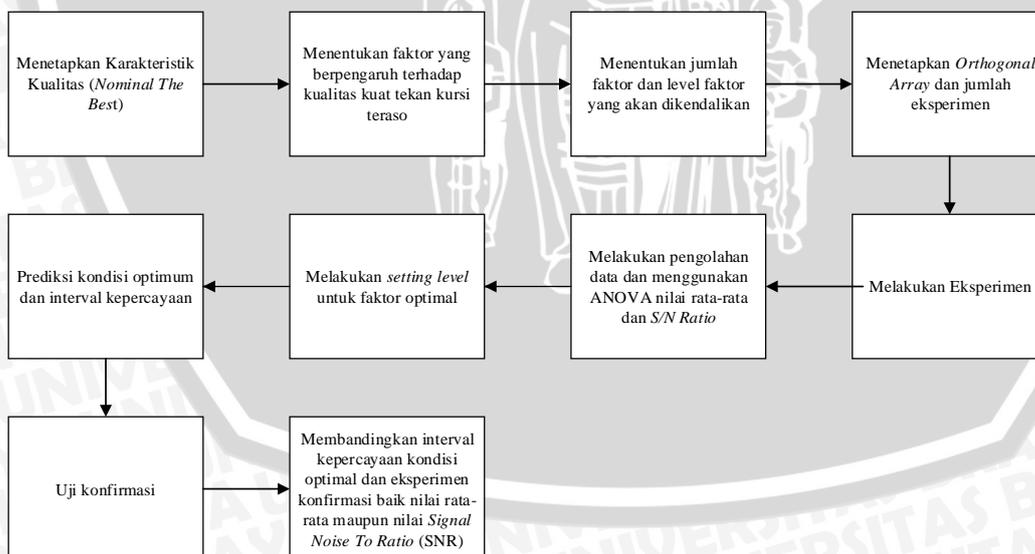
Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini, dapat dilihat dalam Tabel 2.8 berikut ini

Tabel 2.8 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B0	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
II	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

2.8 Alur Konsep Berfikir

Berikut ini adalah alur konsep berfikir dari penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan eksperimen *Taguchi* untuk menentukan kuat tekan minimal dari kursi teraso.



Gambar 2.2 Alur Konsep Berfikir