

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan proses pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian serta analisis dan pembahasan. Pengolahan yang akan dilakukan meliputi pengujian papan partikel dari limbah kayu, analisis variansi (ANOVA), *signal to noise ratio* (SNR), interval kepercayaan, pemilihan setting level optimal dan percobaan konfirmasi yang akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

4.1 Perencanaan Eksperimen

Pada tahap perencanaan eksperimen ini akan membahas tentang penjelasan tahapan-tahapan pendahuluan atau perencanaan sebelum satu eksperimen dilakukan.

4.1.1 Penetapan Karakteristik Kualitas

Untuk penetapan karakteristik kualitas papan partikel, hasil yang diharapkan yaitu *larger the better*, penetapan karakteristik kualitas ini dikarenakan hasil eksperimen diharapkan semakin besar nilai kuat lentur dari hasil pengujian papan partikel maka kualitas semakin baik, untuk satuan yang digunakan dalam pengujian kuat lentur yaitu Kg/cm². Dengan kata lain penetapan karakteristik kualitas hasil eksperimen papan partikel limbah kayu diharapkan mempunyai nilai kuat lentur yang besar sehingga dapat memenuhi SNI yang telah ditetapkan, ketika nilai kuat lentur eksperimen telah berada pada nilai kuat lentur yang di buat oleh SNI maka hasil kuat lentur eksperimen akan dapat dikatakan sesuai dengan kuat lentur yang disyaratkan SNI.

4.1.2 Penetapan Faktor Berpengaruh

Dalam mengidentifikasi dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dari kuat lentur papan partikel maka dilakukan survei pendahuluan, studi literatur, dan melakukan *brainstorming* dengan para ahli. Untuk penelitian ini faktor-faktor yang akan diidentifikasi hanya faktor-faktor yang dianggap berpengaruh atau faktor-faktor terkendali saja.

Sedangkan faktor yang dianggap tidak berpengaruh tidak diperhatikan. Berdasarkan hasil studi kepustakaan dan studi lapangan, telah ditemukan beberapa faktor yang dianggap berpengaruh seperti ditunjukkan pada tabel 4.1

4.1 Tabel faktor yang dianggap berpengaruh pada kuat lentur papan partikel dari limbah kayu

No	Faktor yang Dianggap Berpengaruh
1	Serbuk Kayu
2	<i>Adhesive</i>
3	Ukuran serbuk kayu
4	Air
5	Pengeringan
6	Kebersihan limbah serbuk kayu
7	Lama proses pengepressan

Dari beberapa faktor yang telah ditemukan, dipilih beberapa faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap kuat lentur papan partikel. Faktor tersebut adalah serbuk kayu, *adhesive*, air dan pengeringan. Tidak dipilihnya ukuran serbuk kayu dikarenakan ukuran limbah dari mebel atau penggergajian kayu dapat langsung digunakan, sedangkan untuk kebersihan serbuk kayu dan lama pengepressan faktor tersebut sudah menjadi syarat untuk melakukan eksperimen ini.

Berikut ini adalah faktor-faktor yang dianggap paling berpengaruh yang digunakan dalam eksperimen ini:

1. Serbuk kayu

Dalam pembuatan papan partikel bahan yang digunakan adalah serbuk kayu, serbuk kayu dihasilkan dari hasil pemotongan dan penghalusan kayu. Serbuk kayu merupakan bahan utama pembuatan papan partikel, sebagai bahan utama pembentukan papan partikel serbuk kayu menjadi faktor yang sangat penting karena serbuk kayu yang berupa partikel kecil akan digabungkan menjadi satu kesatuan yang saling terikat sehingga menjadi sebuah papan yang disebut papan partikel. Untuk membuat papan partikel diperlukan penentuan berat serbuk kayu agar sesuai dengan ketebalan SNI yaitu maksimal 15 mm, maka dari itu diperlukan penentuan berat serbuk kayu sehingga dapat menghasilkan papan partikel dengan kuat lentur yang optimal.

2. *Adhesive*

Papan partikel tidak akan terbentuk jika tidak terdapat *adhesive* pada proses pembuatannya, *adhesive* atau perekat adalah bahan yang digunakan untuk menyatukan partikel-partikel kayu menjadi sebuah papan. Faktor *adhesive* atau perekat memberikan pengaruh pada kuat lentur papan partikel sedikit banyaknya kadar *adhesive* yang diberikan dalam pembuatan papan partikel akan menentukan kuat lentur papan partikel.

3. Air

Air memiliki fungsi untuk mengencerkan perekat, perekat yang digunakan berupa zat padat yang berbentuk butiran kecil atau sering disebut dengan bubuk perekat. Dalam melakukan pengenceran perekat perlu diperhatikan jumlah air yang akan ditambahkan, karena jumlah air yang ditambahkan jika sedikit atau berlebih akan mempengaruhi kuat lentur papan partikel.

4. Pengeringan

Dalam membuat papan partikel proses pengeringan merupakan hal penting dalam pembentukan papan partikel, ketika semua bahan tercampur maka proses pengeringan akan dilakukan, karena pengeringan berfungsi untuk mereaksikan dan membentuk semua bahan yang telah dicampur menjadi sebuah papan partikel.

4.1.3 Bahan Pembuatan Papan Partikel

Berikut ini adalah bahan baku yang digunakan untuk membuat spesimen papan partikel:

1. Serbuk kayu



Gambar 4.1 Limbah serbuk kayu

Serbuk kayu merupakan limbah industri penggergajian kayu yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan papan partikel.

2. Urea Formaldehida



Gambar 4.2 Bubuk urea formaldehida

Urea formaldehida merupakan sebuah serbuk perekat yang digunakan untuk merekatkan serbuk kayu menjadi satu-kesatuan dan dicetak hingga terbentuk sebuah papan

3. Air



Gambar 4.3 Air

Air digunakan sebagai bahan pengencer bubuk perekat urea formaldehida sehingga dapat digunakan sebagai lem untuk merekatkan serbuk kayu

4.1.4 Alat Dalam Pembuatan Papan Partikel

Berikut merupakan alat yang digunakan untuk membantu dalam proses pembuatan papan partikel

1. Mesin Press



Gambar 4.4 Mesin press nagasaki jack hydraulic manual press nsp – 15

Mesin Press digunakan untuk memadatkan serbuk kayu yang telah di beri perekat dan telah di masukan ke dalam cetakan untuk selanjutnya di tekan dengan tekanan 25 kg/cm^2 . Mesin pres ini mampu menekan hingga beban maksimum 15 ton dengan tinggi mesin 1650mm dan lebar mesin 800mm.

2. Pengeringan (Oven)



Gambar 4.5 Oven

Oven digunakan sebagai pengeringan benda uji yang telah dilakukan pengepresan pada mesin press sehingga benda uji menjadi kuat. Oven ini mempunyai spesifikasi *Power supply* 220v-50/60Hz dengan dimensi 395mm x 285mm x 390mm dan daya 600W dengan suhu maksimal sebesar 250° C

3. Cetakan



Gambar 4.6 Cetakan besi

Cetakan ini mempunyai ketebalan plat sebesar 3mm dan berukuran 20cm x20cm x2cm digunakan sebagai tempat mencetak serbuk kayu menjadi papan partikel, cetakan ini dilapisi oleh alumunium foil agar benda mudah saat dilepaskan dari cetakan.

4. Baskom, gelas dan sendok plastik



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.7 (a) Baskom (b) gelas plastik dan (c) sendok plastik

Digunakan sebagai alat bantu untuk mencampurkan air, bubuk urea formaldehida dan serbuk kayu

5. Timbangan digital



Gambar 4.8 Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi sebagai alat ukur menentukan jumlah bahan baku yang digunakan dalam eksperimen ini mempunyai maksimum berat penimbangan 5 kg dan eror $< 1\%$ dari pembacaan berat benda atau sekitar 1g.

4.1.5 Alat Dalam Pengujian Papan Partikel

Berikut merupakan merupakan alat yang digunakan dalam menguji kuat lentur papan partikel

1. *H frame press*



Gambar 4.9 *H frame press* IPH 2351

H frame Press digunakan untuk memberikan tekanan pada benda uji, penekanan dilakukan dengan meletakkan benda uji pada tengah mesin Press dan selanjutnya ditekan, mesin ini mampu melakukan penekanan sebesar 25 ton dengan lebar mesin 73,66 cm dan tinggi mesin 138,43 cm *H frame press* yang digunakan adalah merk enerpac dengan tipe IPH 2531

2. Load cell



Gambar 4.10 load cell keli PST 5T

Load cell adalah alat yang mengeluarkan sinyal karena beban yang diterimanya. *Load cell* merupakan sensor timbangan yang bekerja secara mekanis, dimana *load cell* menggunakan prinsip tekanan yang memanfaatkan *strain gauge* atau tegangan sebagai pengindera (sensor). *Load cell* pada eksperimen ini menggunakan *Load cell* keli yang mampu menerima beban hingga 5 ton dengan ketelitian 0,5 kg.

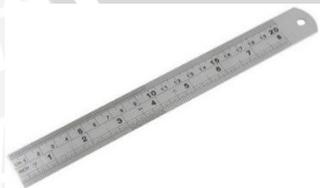
3. Load indicator



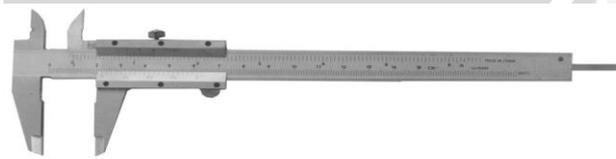
Gambar 4.11 Load indicator CAS CI 200

Load indicator adalah mesin yang menampilkan nilai beban yang mampu di terima oleh benda uji ketika benda uji diberi beban oleh mesin press yang diukur oleh *load cell* selanjutnya di ditampilkan pada layar *load indicator*, mesin *load indicator* yang digunakan adalah Merk CAS CI 200.

4. Penggaris dan Jangka sorong



(a)



(b)

Gambar 4.12 (a) Penggaris (b) jangka sorong

Penggaris dan jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang, lebar dan ketebalan papan partikel. Untuk panjang dan lebar menggunakan penggaris dengan ketelitian 0,5mm

sedangkan untuk mengukur ketebalan menggunakan jangka sorong dengan tingkat ketelitian 0,1mm.

4.1.6 Proses Pembuatan Papan Partikel

Berikut ini adalah bahan baku yang digunakan untuk membuat spesimen papan partikel. Pada proses ini contoh pembuatan papan partikel menggunakan komposisi eksperimen no. 1 dalam *orthogonal array* L9(3⁴)

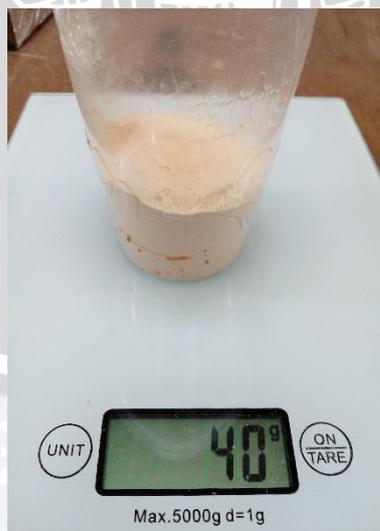
1. Menimbang berat dari serbuk kayu



Gambar 4.13 Menimbang berat serbuk kayu

Serbuk kayu dimasukan ke dalam plastik untuk selanjutnya dilakukan penimbangan seberat 80g

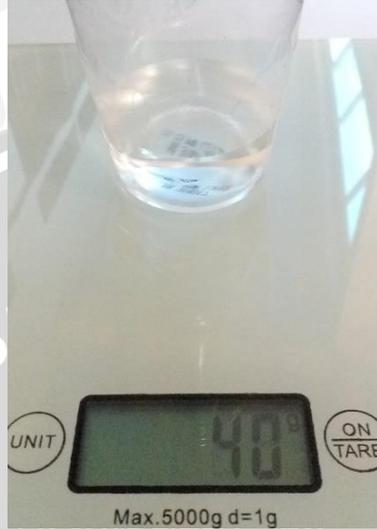
2. Menimbang berat urea formaldehida



Gambar 4.14 Menimbang berat urea formaldehida

Bubuk urea formaldehida di masukan ke dalam gelas plastik dan ditimbang seberat 40 g, gelas plastik dapat langsung di timbang karena gelas plastik sudah di tare atau berat dari gelas plastik sama dengan 0g.

3. Menimbang air



Gambar 4.15 Menimbang berat air

Air yang telah di masukan ke dalam gelas plastik ditimbang dengan berat 40g

4. Mencampurkan air dan urea formaldehida



Gambar 4.16 Mencampurkan urea formaldehida dan air

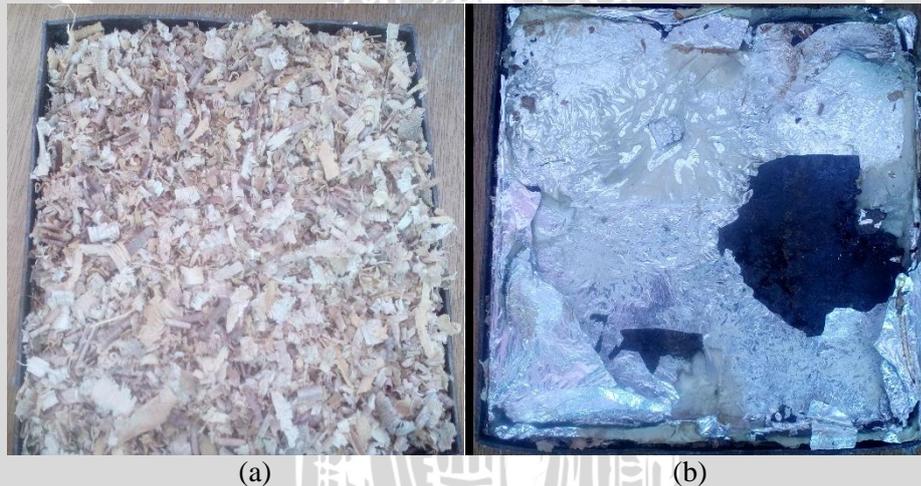
Bubuk urea formaldehida yang telah ditimbang seberat 40g dicampurkan air yang telah di timbang seberat 40g, pencampuran bubuk urea formaldehida dan air dilakukan pada gelas plastik dan di aduk secara merata hingga bubuk tercampur dengan air.

5. Mencampurkan urea formaldehida cair dengan serbuk kayu



Gambar 4.17 Mencampurkan urea formaldehida cair dan serbuk kayu di dalam baskom. Setelah urea formaldehida cair siap untuk digunakan maka selanjutnya menyiapkan serbuk kayu pada wadah baskom untuk dilakukan pencampuran antara serbuk kayu dan urea formaldehida cair, pencampuran urea formaldehida cair dengan serbuk kayu dilakukan sedikit demi sedikit agar pencampuran menjadi rata.

6. Melakukan pencetakan serbuk kayu



Gambar 4.18 (a) Memasukan serbuk kayu ke dalam cetakan (b) Menutup cetakan. Bahan yang telah tercampur rata menjadi satu lalu dimasukkan ke dalam cetakan ukuran 20cm x 20cm x 2cm, bahan yang dimasukkan ke dalam cetakan dilakukan secara sedikit demi sedikit agar bahan tersebut rata dan tidak menumpuk pada suatu sisi yang nantinya membuat ketelabalan tidak merata, setelah selesai dimasukkan ke dalam cetakan lalu cetakan ditutup dengan plat besi 20 cm x 20 cm

7. Melakukan Press



Gambar 4.19 Pengepresan serbuk kayu

Cetakan yang telah berisi serbuk kayu yang telah tercampur dengan urea formaldehida cair selanjutnya di Press dengan tekanan 25kg/cm^2 selama 4 jam

8. Pengerinan



Gambar 4.20 (a) Proses pengerinan (b) Serbuk kayu setelah pengerinan

Setelah dilakukan Press terhadap cetakan maka selanjutnya adalah melakukan pengerinan, serbuk kayu di keringkan selama 10 menit dengan suhu 100°C , setelah proses pengerinan selesai cetakan dikeluarkan didiamkan hingga cetakan dingin dan selanjutnya mengeluarkan papan partikel yang telah jadi dari cetakan.

4.1.7 Proses Pengujian Papan Partikel

Berikut ini adalah tatacara untuk menguji spesimen papan partikel :

1. Pengukuran papan partikel

Papan partikel yang akan di uji dikur mulai dari panjang, lebar hingga ketebalan sebelum dilakukan pengujian



Gambar 4.21 Pengukuran papan partikel

2. Melakukan penandaan

Setelah papan partikel di ukur panjang, lebar dan tebal selanjutnya diberi garis untuk mempermudah melakukan pengujian papan partikel.

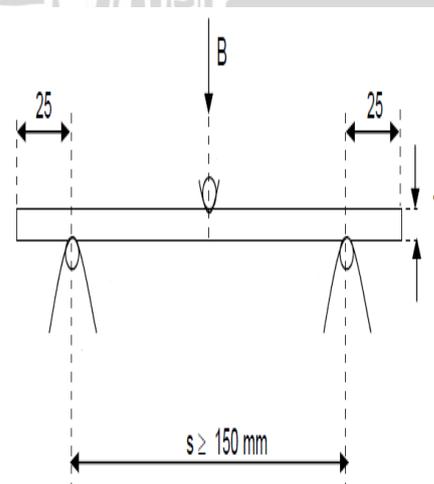


4.22 Penandaan garis pada papan partikel

3. Melakukan persiapan dan penentuan titik pada mesin uji



(a)

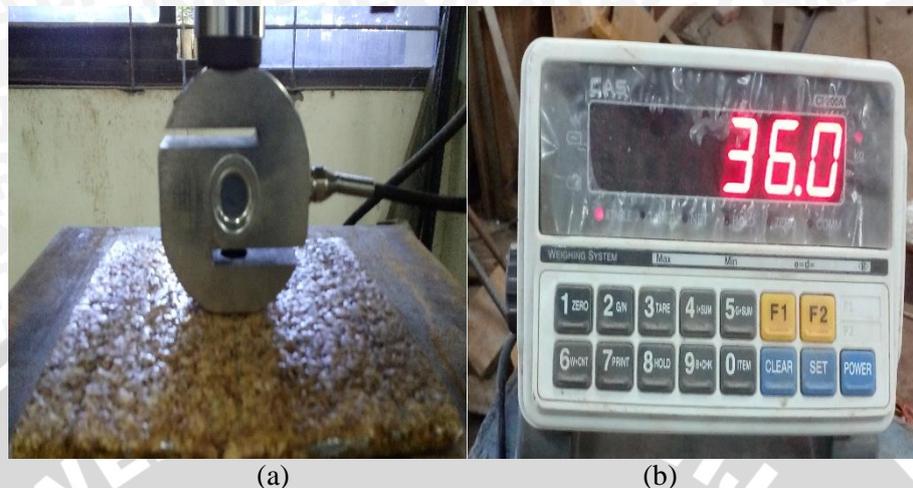


(b)

Gambar 4.23 (a) Menentukan titik tengah pada mesin press (b) Posisi titik pada benda uji

Pada tahap ini papan partikel sebagai benda uji di persiapan pada mesin uji sesuai dengan garis dan titik yang telah di tentukan.

4. Melakukan uji tekan



Gambar 4.24 (a) Pemasangan *load cell* (b) *Load indicator*

Setelah papan partikel telah ditentukan garis dan titik pada mesin uji kuat lentur maka di lakukan pemasangan *load cell* yang berfungsi untuk mengitung beban yang diterima oleh benda uji, nilai beban yang mampu di terima ditampilkan pada alat *load indicator*.

4.1.8 Penetapan Level Berpengaruh

Dalam penelitian ini menggunakan tiga level faktor dari empat faktor yang berpengaruh dalam pembuatan papan partikel yang akan dibuat. Berikut merupakan uraian level faktor yang akan dilakukan pada penelitian ini.

1. Serbuk kayu

Penentuan level pada faktor serbuk kayu adalah sebesar 80 gram, 100 gram dan 120 gram. Penentuan ketiga level ini didasarkan pada ukuran dan ketebalan spesimen uji yang akan dibuat yaitu dengan maksimal ketebalan 15mm dan ukuran cetakan papan partikel 200mm x 200mm, pertama kali menambahkan serbuk kayu dengan penuh lalu dilakukan pengepresan, terlihat masih ada ruang yang dapat di isi dan masih dibawah ketebalan maksimal maka dilakukan penambahan sebanyak dua kali, maka diperoleh berat serbuk kayu sebesar 80 gram, 100 gram dan 120 gram diharapkan dapat memenuhi standar ketebalan maksimal sebesar 15mm.

2. *Adhesive*

Level faktor *adhesive* pada penelitian ini menggunakan 40 gram, 60 gram dan 84 gram. Dalam menentukan level faktor pada *adhesive* peneliti menggunakan persentase kadar perekat dari berat serbuk kayu. Pada penelitian ini menggunakan persentase sebesar 50%, 60% dan 70% dalam melakukan penentuan persentase merujuk pada penelitian-penelitian

sebelumnya yang telah dilakukan salah satunya adalah penelitian Dini Cahyandari dalam membuat papan partikel dengan menggunakan perekat phenol formaldehida dan resin organik.

3. Air

Air yang digunakan sebagai pengencer *adhesive* menggunakan tiga level faktor yaitu sebesar 40 gram, 60 gram dan 84 gram, level faktor air ditentukan dengan melihat perbandingan antara air dan *adhesive* yaitu menggunakan perbandingan 1 :1, penentuan perbandingan air dan *adhesive* diperoleh dari supplier *adhesive* yang memberikan saran perbandingan air dan *adhesive* yaitu 1 : 1, 1 : 2 dan 2 :1.

4. Pengeringan

Proses pengeringan papan partikel menggunakan suhu 100°C dilakukan sebanyak tiga level selama 10 menit 15 menit dan 20 menit. Setiap level faktor pengeringan ditambahkan waktu selama 5 menit. Setting level ini diperkirakan cukup untuk mengetahui reaksi faktor yang dianggap berpengaruh dalam pengujian kuat lentur.

Penugasan level faktor untuk eksperimen Taguchi dalam penelitian ini dijelaskan pada Tabel 4.2

4.2 Tabel Penugasan level faktor berpengaruh pada pembuatan papan partikel

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2	Level 3
A	Serbuk Kayu	80 g	100 g	120 g
B	<i>Adhesive</i>	40 g	60 g	84 g
C	Air	40 g	60 g	84 g
D	Pengeringan	10 menit	15 menit	20 menit

4.1.9 Penetapan *Orthogonal Array*

Untuk mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari faktor-faktor yang akan digunakan dalam eksperimen. Setelah *degree of freedom* dari faktor diketahui, maka nilai *degree of freedom orthogonal array* minimal sama dengan *degree of freedom* faktor utama tersebut. Pada tabel 4.3 berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom* untuk faktor kontrol dalam penelitian ini.

Tabel 4.3 *Degree Of Freedom* untuk faktor kontrol dalam penelitian ini

Kode	Faktor Kontrol	Deajad Kebebasan	Total
A	Serbuk Kayu	(3-1)	2
B	<i>Adhesive</i>	(3-1)	2
C	Air	(3-1)	2
D	Pengeringan	(3-1)	2
Total Derajat Kebebasan			8

Pada tabel 4.3 diketahui bahwa degree of freedom dari faktor pada penelitian ini adalah delapan (8). Untuk mengetahui *degree of freedom orthogonal array* bisa didapatkan dengan mengalikan derajat kebebasan per kolom dengan jumlah kolom. Berikut ini adalah perhitungan *degree of freedom orthogonal array*.

$$L_9 (3^4)$$

$$\begin{aligned} \text{Derajat Kebebasan} &= (\text{Banyak Faktor}) \times (\text{Banyak Level} - 1) \\ &= 4 \times (3-1) \\ &= 8 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa desain *orthogonal array* $L_9 (3^4)$ sesuai dengan *degree of freedom* faktor-faktor kontrol pada penelitian. Dalam penelitian ini terdapat 4 faktor terkendali dengan masing-masing faktor memiliki 3 level faktor dan tidak ada interaksi antar faktor. Dengan jumlah faktor dan level yang ada dapat ditentukan jumlah eksperimen yang harus dibuat sesuai dengan *orthogonal array* $L_9 (3^4)$ adalah 9 kali eksperimen. Untuk replikasi guna mengurangi tingkat kesalahan dan meningkatkan ketelitian data percobaan adalah sebanyak 3 kali replikasi, dengan mempertimbangkan waktu dan juga biaya yang terbatas dalam penelitian ini. Sehingga sampel yang akan dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 27 sampel. Berikut merupakan tabel dari matriks *orthogonal* $L_9 (3^4)$ yang telah tersedia.

Tabel 4.4 Matriks *Orthogonal Array* $L_9 (3^4)$

No. Eksperimen	Faktor Kontrol			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

4.2 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap pelaksanaan eksperimen berisikan tentang penjelasan proses pembuatan papan partikel hingga pengujian kuat lentur papan partikel.

4.2.1 Pembuatan Papan Partikel dengan Eksperimen Taguchi

Dalam tahap ini maka akan dibuat sampel papan partikel yang terdiri dari faktor-faktor kontrol dengan acuan campuran bahan yang digunakan yaitu penugasan pada tabel

orthogonal array, sehingga campuran bahan sudah terperinci dari bahan mana saja yang akan digunakan dan seberapa banyak bahan yang akan digunakan . untuk mempermudah dalam pembuatan sampel papan partikel maka jumlah bahan akan dihitung dalam jumlah berat gram (g).

Berikut ini merupakan langkah-langkah pembuatan papan partikel :

1. Menyiapkan bahan pembuatan papan partikel

Untuk mempermudah dalam pembuatan papan partikel maka semua bahan diukur dalam berat gram dilakukan pada semua eksperimen. Pengukuran berat bahan menggunakan timbangan digital. Khusus untuk air 10 ml air akan sama dengan 10 g air. Untuk mengetahui berat dari setiap papan partikel maka diasumsikan dari setiap papan partikel pada eksperimen ke-1 ini sejumlah 160 g, pada Tabel 4.5 akan menampilkan contoh perhitungan bahan baku dari eksperimen ke-1.

Tabel 4.5 Contoh perhitungan bahan baku eksperimen ke- 1

Bahan Baku	Berat (g)	Total Berat (g)
Serbuk Kayu	80	160
<i>Adhesive</i>	40	
Air	40	

2. Pencampuran bahan dan pengadukan bahan adonan papan partikel

Untuk pencampuran bahan-bahan yang digunakan untuk membuat papan partikel dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama yaitu mencampurkan bubuk *adhesive* dan air sebagai bahan perekat cair. Tahap kedua yaitu mencampurkan bahan perekat cair dicampurkan dengan serbuk kayu dengan merata keseluruh bagian serbuk kayu.

3. Mencetak adonan papan partikel

Setelah adonan tercampur rata antara perekat dan serbuk kayu selanjutnya adalah memasukan adonan kedalam cetakan besi dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 2 cm dan dilakukan pemadatan dengan menggunakan alat press manual dengan tekanan 25 kg/cm² selama 4 jam.

4. Proses pengeringan papan partikel

Proses ini dilakukan dengan cara memasukan cetakan beserta adonan papan partikel yang telah dicetak ke dalam oven dengan suhu 100 °C. Lama proses pengeringan sesuai dengan level faktor yang telah tertera sebelumnya. Setelah proses pengeringan selesai cetakan papan partikel didinginkan, setelah cetakan dingin papan partikel siap dikeluarkan dari cetakan dan dapat dilakukan pengujian kuat lentur.

4.2.2 Pengujian Kuat lentur Papan Partikel Eksperimen Taguchi

Untuk pengujian kuat lentur papan partikel dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Kontruksi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya pada tanggal 14 Maret 2016.

Pengujian kuat lentur papan partikel menggunakan alat *press machine* dan *load cell*.

Rumus yang digunakan untuk mengetahui kuat lentur atau keteguhan lentur adalah:

$$\text{Kuat lentur (Kgf/cm}^2\text{)} = \frac{3BS}{2LT^2}$$

dengan:

B adalah beban maksimum (Kgf)

S adalah jarak sangga (cm)

L adalah lebar (cm)

T adalah tebal (cm)

Berikut contoh perhitungan kuat lentur pada eksperimen 1 replikasi 1:

$$\text{Kuat lentur (Kgf/cm}^2\text{)} = \frac{3.20.15}{2.20.0,67^2}$$

$$\text{Kuat lentur (Kgf/cm}^2\text{)} = \frac{900}{17,96}$$

$$\text{Kuat lentur (Kgf/cm}^2\text{)} = 50,12$$

Begitu juga perhitungan kuat lentur untuk eksperimen 2 sampai 9 dan gambar cara pengujian terdapat pada gambar 4.22 a dan b.

Data hasil pengujian kuat lentur papan partikel eksperimen Taguchi terdapat pada tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil kuat lentur papan partikel eksperimen Taguchi

Eksperimen	Replikasi	Beban Maksimum (kgf)	Ketebalan (cm)	Kuat Lentur (kgf/cm ²)
1	1	20	0,67	50,12
	2	22	0,7	50,51
	3	24	0,75	48,00
2	1	25	0,7	57,40
	2	24	0,7	55,10
	3	26	0,71	58,02
3	1	28,5	0,63	80,78
	2	29	0,6	90,63
	3	29	0,65	77,22
4	1	25	1	28,13
	2	27	0,9	37,50

Eksperimen	Replikasi	Beban Maksimum (kgf)	Ketebalan (cm)	Kuat Lentur (kgf/cm ²)
	3	28	0,96	34,18
5	1	30	0,85	46,71
	2	30,5	0,8	53,61
	3	30	0,86	45,63
6	1	31	0,87	46,08
	2	32	0,8	56,25
	3	32	0,8	56,25
7	1	28	0,92	37,22
	2	30	1	33,75
	3	29	0,9	40,28
8	1	35	0,8	61,52
	2	35,5	0,85	55,28
	3	35	0,78	64,72
9	1	48,5	0,82	81,15
	2	47,5	0,8	83,50
	3	47	0,8	82,62

Pada Tabel 4.6 di tampilkan hasil pengujian kuat lentur pada papan partikel yang di hasilkan dari eksperimen Taguchi. Perbedaan hasil yang ditampilkan disebabkan karena pada eksperimen 1 sampai 9 menggunakan campuran yang berbeda, sehingga hasil eksperimen yang dikeluarkan juga berbeda.

4.3 Tahap Analisis Hasil Eksperimen

Pada tahap analisis hasil eksperimen ini berisikan tentang pengolahan data mengacu pada perhitungan yang telah ditentukan oleh Taguchi.

4.3.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data yang telah dikumpulkan selanjutnya akan diolah dengan menggunakan dua cara yaitu analisis varians untuk data pada rata-rata eksperimen (*mean*) dan analisis varians untuk data pada *signal to noise ratio* (SNR). Untuk analisis varians data rata-rata (*mean*) eksperimen digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan rata-rata. Sedangkan untuk analisis varians data pada *signal to noise ratio*

digunakan untuk mencari faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu karakteristik kualitas.

4.3.1.1 Perhitungan Nilai Rata-rata

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.3.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen bahwa tujuan dicarinya nilai rata-rata (*mean*) yaitu untuk mengetahui *setting level* optimal pada eksperimen ini. Berikut ini merupakan perhitungan dari nilai rata-rata dan juga nilai SNR.

Rumus perhitungan nilai rata-rata:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

Dengan,

μ : nilai rata-rata

y_i : nilai sampel ke- i

n : jumlah sampel

Contoh Perhitungan nilai rata-rata untuk hasil eksperimen ke-1, sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$\mu = \frac{1}{3} (50,12 + 50,51 + 48)$$

$$\mu = 49,54$$

Seperti perhitungan eksperimen ke-1 maka pada eksperimen ke-2 sampai ke-9 menggunakan langkah yang sama sehingga didapatkan semua nilai rata-rata dari semua eksperimen yang tersedia. Perhitungan keseluruhan dicantumkan pada tabel 4.7.

Pada tabel 4.7 berikut ini merupakan tabel dari seluru nilai rata-rata eksperimen dari eksperimen ke-1 sampai eksperimen ke-9.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai rata-rata

No. Eksperimen	Faktor Kontrol				Replikasi (kgf/cm ²)			Rata-rata
	A	B	C	D	1	2	3	
1	1	1	1	1	50,12	50,51	48,00	49,54
2	1	2	2	2	57,40	55,10	58,02	56,84
3	1	3	3	3	80,78	90,63	77,22	82,88
4	2	1	2	3	28,13	37,50	34,18	33,27
5	2	2	3	1	46,71	53,61	45,63	48,65
6	2	3	1	2	46,08	56,25	56,25	52,86
7	3	1	3	2	37,22	33,75	40,28	37,08
8	3	2	1	3	61,52	55,28	64,72	60,51
9	3	3	2	1	81,15	83,50	82,62	82,42

Setelah diketahui nilai dari rata-rata maka langkah selanjutnya yaitu menganalisis dengan menggunakan analisis variansi untuk nilai rata-rata dengan tujuan mencari *setting level* tertinggi dengan variansi yang rendah.

4.3.1.2 Perhitungan *Analysis of Variance* Nilai rata-rata

Taguchi menggunakan *analysis of variance means* untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon. *Analysis of variance means* merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal guna meminimalkan penyimpangan rata-rata. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan *analysis of variance means*:

1. Menghitung nilai rata-rata semua eksperimen

Perhitungan nilai rata-rata semua eksperimen menggunakan rumus sebagai berikut ini :

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

$$\bar{Y} = \frac{50,12 + 50,51 + 48,00 \dots + 81,15 + 83,50 + 82,62}{27}$$

$$\bar{Y} = \frac{1512,15}{27}$$

$$\bar{Y} = 56,01$$

2. Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor dan pembuatan tabel respon

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

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

$$\bar{Y}_{A1} = \frac{49,54 + 56,84 + 82,88}{3}$$

$$\bar{Y}_{A1} = \frac{189,26}{3}$$

$$\bar{Y}_{A1} = 63,09$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.8.

3. Membuat *response tabel* dan *response graph* untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi

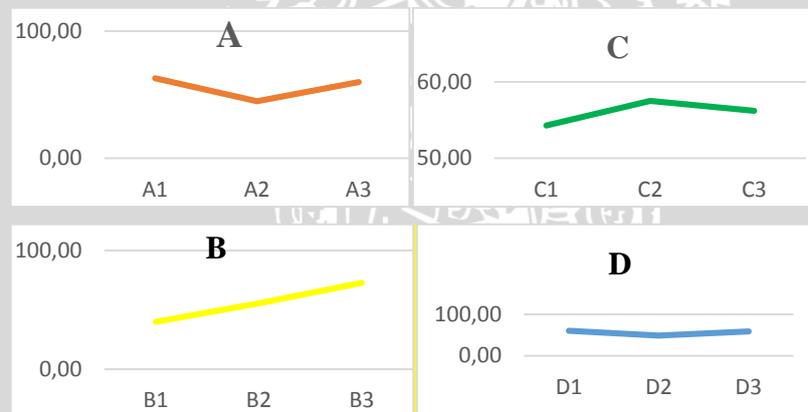
Response tabel dibuat dengan menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor kemudian mengurutkan perbedaan level faktor-faktor dari yang terbesar sampai yang terkecil. Tujuannya adalah untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon yaitu kuat lentur pada papan partikel. Pada tabel 4.8 merupakan tabel respon kuat lentur untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi.

Tabel 4.8 Tabel respon kuat lentur untuk nilai rata-rata eksperimen Taguchi

Level Faktor	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	63,09	39,96	54,30	60,21
Level 2	44,93	55,33	57,51	48,93
Level 3	60,00	72,72	56,20	58,88
Selisih	18,16	32,75	3,21	11,28
Ranking	2	1	4	3

Untuk faktor A nilai tertinggi terdapat pada level 1 yaitu 63,09 faktor B level 3 yaitu 72,72, faktor C level 2 yaitu 57,51 dan faktor D level 1 yaitu 60,21 nilai tertinggi pada tiap level diberi tanda highlight kuning. Selanjutnya nilai tertinggi dari setiap faktor akan dikurangi pada nilai terendah pada setiap faktor, nilai faktor terendah pada faktor A adalah level 2 yaitu 44,93, faktor B level 1 39,96, faktor C level 1 54,30 dan faktor D level 2 48,93. Setelah nilai tertinggi pada setiap faktor dikurangi dengan nilai terendah pada setiap faktor maka di dapatkan nilai hasil pengurangan yang nanti akan di urut dari yang terbesar hingga terkecil sehingga di dapatkan ranking pada setiap faktor.

Response graph untuk nilai rata-rata digambarkan pada Gambar 4.2 berikut ini,



Gambar 4.25 Respon Graph Nilai Rata-rata

Pemilihan nilai yang terbaik berdasarkan dari kriteria karakteristik kualitas yaitu *larger the better* yang artinya karakteristik kualitas dengan nilai atau target tidak nol dan terbatas. (Soejanto, 2009). Atau dengan kata lain nilai yang mendekati suatu nilai yang ditentukan adalah terbaik.

Dari perhitungan tabel respon di atas, didapatkan salah satu level dari masing masing faktor yang mendekati 82 kg/cm² yaitu Faktor A Level 1 (Serbuk kayu 80 gr), Faktor B Level 3 (*Adhesive* 84 gr), Faktor C Level 2 (Air 60 gr), Faktor D Level 1 (Pengeringan 10 menit).

4. Menghitung nilai total *Sum of Square* atau Jumlah Kuadrat Total (SS_{total})

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

$$SS_{total} = 50,12^2 + 50,51^2 + 48^2 \dots + 81,15^2 + 83,50^2 + 82,62^2$$

$$SS_{total} = 92279,67$$

5. Menghitung *Sum of Square due to Mean* atau Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata (SS_{mean})

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

n = Jumlah eksperimen x Jumlah replikasi

$$n = 9 \times 3 = 27$$

$$\bar{y} = \frac{\text{Total Kuat Tekan}}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{50,12 + 50,51 + 48,00 \dots + 81,15 + 83,50 + 82,62}{27}$$

$$\bar{y} = \frac{1512,15}{27}$$

$$\bar{y} = 56,01$$

$$SS_{mean} = 27 \times (56,01)^2$$

$$SS_{mean} = 27 \times 3136,60$$

$$SS_{mean} = 84688,12$$

6. Menghitung *Sum of Square due to Factors* atau Jumlah Kuadrat karena Faktor-Faktor (SS_A)

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk *Sum of Square due to Factors A*

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SS_{mean}$$

$$SS_A = (63,09^2 \times 9) + (44,93^2 \times 9) + (60,00^2 \times 9) - 84688,12$$

$$SS_A = 1699,77$$

Begitu pula dengan perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat pada faktor B, C, dan D

7. Menghitung *Sum of Square due to Error* atau Jumlah Kuadrat karena Error (SS_e)

$$SS_e = SS_{total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D$$

$$SS_e = 92279,67 - 84688,12 - 1699,77 - 4833,78 - 46,78 - 684,35$$

$$SS_e = 326,86$$

8. Membuat hipotesis awal

a. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

H_1 : Ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

b. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat lentur papan partikel

H_1 : Ada pengaruh faktor B terhadap kuat lentur papan partikel

c. H0: Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat lentur papan partikel

H1: Ada pengaruh faktor C terhadap kuat lentur papan partikel

d. H0: Tidak ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

H1: Ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

9. Membuat Tabel ANOVA nilai rata-rata

a. Menentukan Derajat Kebebasan

Misal untuk faktor A:

$$DFA = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DFA = (3 - 1) = 2$$

b. Menghitung Derajat Kebebasan Total

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

$$DFT = (27 - 1) = 26$$

c. Menghitung Mean Sum of Square atau Rata-rata Jumlah Kuadrat

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat A

$$MSA = \frac{MSA}{DFA}$$

$$MSA = \frac{1699,77}{2}$$

$$MSA = 849,88$$

Begitu pula dengan perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat pada faktor B, C, D dan e.

10. Menghitung Nilai Rasio (*F-Ratio*)

Berikut ini adalah contoh perhitungan *F-Ratio* A

$$F \text{ ratio } A = \frac{MSA}{MSe}$$

$$DFe = DFT - (DFA + DFB + DFC + DFD)$$

$$DFe = 26 - (2 + 2 + 2 + 2) = 18$$

$$MSe = \frac{SSe}{DFe}$$

$$MSe = \frac{326,86}{18}$$

$$MSe = 18,16$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{849,88}{18,16}$$

$$F \text{ ratio } A = 46,80$$

Begitu pula dengan perhitungan *F-Ratio* pada faktor B, C, dan D

11. Menghitung Pure Sum of Square pada masing-masing faktor (*SS'*)

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MSe)$$

$$SS'A = SSA - (DFA \times MSe)$$

$$SS'A = 1699,77 - (2 \times 18,16) = 1663,45$$

Begitu pula dengan perhitungan *Pure Sum of Square* pada faktor B, C, dan D.

Sedangkan untuk perhitungan $SS'e$ adalah sebagai berikut:

$$SS'e = SST - (SS'A + SS'B + SS'C + SS'D)$$

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

$$SST = 92279,7 - 84688,1 = 7591,55$$

$$SS'e = 7591,55 - (1663,45 + 4797,47 + 10,47 + 648,03)$$

$$SS'e = 7591,55 - 7119,42 = 472,14$$

12. Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Rho% A*

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

$$Rho \% A = \frac{1663,45}{7591,55} \times 100\%$$

$$Rho \% A = 21,91 \%$$

Begitu pula dengan perhitungan *Rho %* pada faktor B, C, D dan e

Tabel *Analysis of Variance (ANOVA)* rata-rata disajikan pada Tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.9 *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata

Sumber	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Rho %	F Tabel 0,05 (2;18)
A	1699,77	2	849,88	46,80	1663,45	21,91	3,55
B	4833,78	2	2416,89	133,10	4797,47	63,19	3,55
C	46,78	2	23,39	1,29	10,47	0,14	3,55
D	684,35	2	342,17	18,84	648,03	8,54	3,55
Eror	326,86	18	18,16	1	472,14	6,22	
SST	7591,55	26	291,98		7591,55		
Mean	84688,1	1					
SS Total	92279,7	27					

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas adalah:

a. H0: Tidak ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

H1: Ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

Kesimpulan: F-Ratio = 46,80 \geq F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55; maka H0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

b. H0: Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat lentur papan partikel

H1: Ada pengaruh faktor B terhadap kuat lentur papan partikel

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 133,10 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (2;18) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor B terhadap kuat lentur papan partikel

c. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat lentur papan partikel

H_1 : Ada pengaruh faktor C terhadap kuat lentur papan partikel

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 1,29 \leq F\text{-Tabel } F_{0,05} (2;18) = 3,55$; maka H_0 diterima artinya tidak ada pengaruh faktor C terhadap kuat lentur papan partikel

d. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

H_1 : Ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 18,84 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (2;18) = 3,55$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

Pada hipotesa di atas, dapat diketahui bahwa faktor A, B dan D memiliki nilai $F\text{-Ratio} \geq F\text{-Tabel } (F_{0,05} (2;18) = 3,55)$. Sehingga dapat dikatakan bahwa faktor A, B dan D memiliki pengaruh terhadap kuat lentur papan partikel. Sedangkan faktor C memiliki nilai $F\text{-Ratio}$ lebih kecil dari nilai $F\text{-Tabel } (F_{0,05} (2;18) = 3,55)$ maka faktor C tidak berpengaruh signifikan dalam kuat lentur papan partikel. Sedangkan untuk nilai persen kontribusi (Rho %) diketahui bahwa faktor yang memiliki persen kontribusi terbesar adalah Faktor B yaitu *adhesive* sebesar 63,19%, selanjutnya Faktor A yaitu Serbuk kayu sebesar 21,91 %, Faktor D yaitu Pengeringan sebesar 8,54 % dan faktor dengan kontribusi terkecil adalah faktor C yaitu Air sebesar 0,14 %.

Persen kontribusi atau (Rho %) adalah persentase dari jumlah kuadrat suatu sumber yang sesungguhnya terhadap jumlah kuadrat total. (Soejanto, 2009). Pada Tabel 4.9 di atas diketahui bahwa Rho % eror adalah sebesar 6,22% dari jumlah kuadrat total, maka dari itu dapat pula diketahui total persen kontribusi seluruh faktor adalah sebesar 93,78%. Dapat disimpulkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh yang besar terhadap kuat lentur papan partikel adalah Faktor B (*Adhesive*) dan Faktor A (Serbuk Kayu), sedangkan Faktor D (Pengeringan) sedikit memiliki pengaruh kuat lentur dan Faktor C (Air) tidak memiliki pengaruh terhadap kualitas kuat lentur.

13. *Pooling Up*

Pada perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) sebelumnya, diketahui bahwa $F\text{-ratio}$ dari ke empat faktor hanya tiga faktor yang lebih dari F tabel ($F_{0,05} (2; 18) = 3,35$) yang menunjukkan bahwa 3 faktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat lentur papan partikel. Dalam melakukan *pooling*, disarankan untuk menggunakan setengah derajat kebebasan dari matriks *orthogonal* yang digunakan dalam eksperimen untuk menjadikan desain menjadi kokoh (Belavendram, 1995).

Dikarenakan matriks *orthogonal* yang digunakan pada penelitian ini adalah L9 (3⁴) yaitu terdapat empat faktor terkontrol maka hanya diperlukan dua faktor perkiraan yang paling berpengaruh dan dua faktor lainnya dilakukan *pooling*.

Dua faktor yang memiliki pengaruh paling besar adalah Faktor B (*Adhesive*) dan Faktor A (Serbuk Kayu) dengan persen kontribusi masing-masing 63,19% dan 21,91%. Sedangkan Faktor D (Pengeringan) dan Faktor C (Air) masing-masing memiliki persen kontribusi sebanyak 8,54% dan 0,14 %, sehingga kedua faktor ini harus di *pooling up*. Berikut ini adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor D dan C.

$$a. SS(\text{pooled } e) = SSe + SSC + SSD$$

$$SS(\text{pooled } e) = 326,86 + 46,78 + 684,35$$

$$SS(\text{pooled } e) = 1057,99$$

$$b. DF(\text{pooled } e) = DFe + DFC + DFD$$

$$DF(\text{pooled } e) = 18 + 2 + 2 = 22$$

$$c. MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{Pooled } e)}{DF(\text{Pooled } e)}$$

$$= \frac{1057,99}{22}$$

$$= 48,09$$

Tabel 4.10 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk data variabel setelah dilakukan *pooling up*.

Tabel 4.10 *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai rata-rata *pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	F Ratio	SS'	Rho %	F Tabel 0,05 (2;22)
A		1699,79	2	849,89	46,81	1603,62	21,12	3,44
B		4833,60	2	2416,80	133,12	4737,44	62,41	3,44
C	Y	46,80	2	23,40	-	-	-	3,44
D	Y	684,23	2	342,12	-	-	-	3,44
Eror	Y	326,79	18	18,15	-	-	-	
Pooled e		1057,82	22	48,08	1	1250,15	16,47	
SST		7591,21	26	291,97		7591,21	100	
Mean		84688,29	1					
SS Total		92279,50	27					

Pengujian hipotesa dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan *pooling* terhadap faktor A dan B adalah sebagai berikut.

1. H₀: Tidak ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

H₁: Ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 46,81 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (2;22) = 3,44$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor A terhadap kuat lentur papan partikel.

2. H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap kuat lentur papan partikel

H_1 : Ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

Kesimpulan: $F\text{-Ratio} = 133,12 \geq F\text{-Tabel } (F_{0,05} (2;22) = 3,44$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor D terhadap kuat lentur papan partikel

Pada hipotesa di atas, dapat diketahui bahwa Faktor A dan B memiliki nilai $F\text{-Ratio} \geq F\text{-Tabel } (F_{0,05} (2;22) = 3,44)$. Sehingga dapat dikatakan bahwa Faktor A dan B memiliki pengaruh terhadap kuat lentur papan partikel.

Berdasarkan hasil perhitungan ulang *Analysis of Variance (ANOVA)* yang ditunjukkan pada Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan adalah Faktor A (Serbuk kayu) dan Faktor B (*Adhesive*) dilihat dari persen kontribusi (*Rho %*) yaitu masing-masing 21,12 % dan 62,41%.

Menurut Belavendram (1995), jika persen kontribusi eror rendah (kurang dari 50%) maka dapat diasumsikan bahwa tidak ada faktor yang berpengaruh signifikan hilang dari eksperimen. Namun jika persen kontribusi eror tinggi (50% atau lebih) maka dapat diasumsikan bahwa beberapa faktor yang berpengaruh signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan bahwa terdapat perhitungan eror/kesalahan yang besar dalam eksperimen tersebut. Dari pernyataan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen karena persen kontribusi eror pada hasil perhitungan *pooling of (ANOVA)* kurang dari 50% yaitu 16,47% dari jumlah kuadrat total dan persentase jumlah kuadrat/persen kontribusi (*Rho%*) dari faktor-faktor berpengaruh signifikan sebesar 83,53%.

4.3.1.3 Perhitungan Nilai SNR

Dalam penelitian ini karakteristik kualitas yang diamati adalah kuat lentur papan partikel dengan satuan Kgf, dimana kuat lentur papan partikel yang dihasilkan diharapkan memiliki nilai yang semakin besar semakin baik dan dapat memenuhi kuat lentur yang tertera pada SNI. Dicarinya nilai *signal to noise ratio* (SNR) untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. Dari penjelasan tersebut maka jenis karakteristik kualitas pada penelitian ini yaitu *larger the better* Berikut ini merupakan rumus dari SNR *larger the better*.

$$\eta = -\text{LOG}_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Contoh perhitungan nilai SNR untuk hasil eksperimen ke 1, sebagai berikut:

$$\eta = -\text{LOG}_{10} \left(\frac{1}{3} x \left(\frac{1}{50,1^2} + \frac{1}{50,5^2} + \frac{1}{48^2} \right) \right)$$

$$\eta = -\text{LOG}_{10} (0,00041)$$

$$\eta = 33,9$$

Seperti perhitungan eksperimen ke-1, maka pada eksperimen ke-2 sampai eksperimen ke-9 menggunakan langkah yang sama sehingga didapatkan semua nilai SNR dari semua eksperimen yang tersedia. Untuk perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) eksperimen selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 4.11 dibawah ini

Tabel 4.11 Hasil perhitungan *Signal to Noise Ratio*

Eks.	Replikasi			1/n	1/y ² ₁	1/y ² ₂	1/y ² ₃	Σ(1/y ² _{1,2,3})	(1/n)*Σ(1/y ² _{1,2,3})	SNR(LTB)
	1	2	3							
1	50,1	50,5	48,0	0,3	0,00040	0,00039	0,00043	0,00122	0,00041	33,9
2	57,4	55,1	58,0	0,3	0,00030	0,00033	0,00030	0,00093	0,00031	35,1
3	80,8	90,6	77,2	0,3	0,00015	0,00012	0,00017	0,00044	0,00015	38,3
4	28,1	37,5	34,2	0,3	0,00126	0,00071	0,00086	0,00283	0,00094	30,3
5	46,7	53,6	45,6	0,3	0,00046	0,00035	0,00048	0,00129	0,00043	33,7
6	46,1	56,3	56,3	0,3	0,00047	0,00032	0,00032	0,00110	0,00037	34,3
7	37,2	33,8	40,3	0,3	0,00072	0,00088	0,00062	0,00222	0,00074	31,3
8	61,5	55,3	64,7	0,3	0,00026	0,00033	0,00024	0,00083	0,00028	35,6
9	81,1	83,5	82,6	0,3	0,00015	0,00014	0,00015	0,00044	0,00015	38,3

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

Dalam metode Taguchi terdapat konsep rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*) untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor. *Signal to Noise Ratio* (SNR) diformulasikan sedemikian hingga peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen (Soejanto, 2009). Dapat dikatakan perhitungan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) bertujuan untuk mengetahui faktor- faktor mana saja yang mempengaruhi nilai variansi pada eksperimen ini. SNR yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SNR – *large the better* yang memiliki karakteristik semakin besar semakin baik.

Membuat Tabel *Respon Signal Noise Ratio* (SNR)

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A}\bar{1}) = \frac{\sum \text{SNR level 1 pada faktor A}}{3}$$

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A}\bar{1}) = \frac{33,9+35,1+38,3}{3}$$

$$\text{Faktor A dengan level pertama } (\bar{A}\bar{1}) = 35,76$$

Untuk perhitungan faktor lainnya dapat dilihat pada tabel respon yang disajikan pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Tabel respon *Signal to Noise Ratio*

Level Faktor	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	35,76	31,82	34,61	35,30
Level 2	32,76	34,78	34,55	33,58
Level 3	35,07	36,99	34,43	34,71
Selisih	3,01	5,17	0,17	1,71
Ranking	2	1	4	3

Tabel respon rata-rata digunakan untuk mencari level faktor optimal yang mempengaruhi rata-rata nya, sedangkan tabel respon *Signal to Noise Ratio* digunakan untuk mencari level faktor yang mempengaruhi variansinya. Untuk faktor A nilai tertinggi terdapat pada level 1 yaitu 35,76 faktor B level 3 yaitu 36,99, faktor C level 1 yaitu 34,61 dan faktor D level 1 yaitu 35,30 nilai tertinggi pada tiap level diberi tanda *highlight* kuning. Selanjutnya nilai tertinggi dari setiap faktor akan dikurangi pada nilai terendah pada setiap faktor, nilai faktor terendah pada faktor A adalah level 2 yaitu 32,76, faktor B level 1 31,82 faktor C level 3 34,43 dan faktor D level 2 33,58. Setelah nilai tertinggi pada setiap faktor dikurangi dengan nilai terendah pada setiap faktor maka di dapatkan nilai hasil pengurangan yang nanti akan di urut dari yang terbesar hingga terkecil sehingga di dapatkan ranking pada setiap faktor.

1. Mengolah data ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) *Pooled*

a. Menghitung nilai total *Sum of Square* atau Jumlah Kuadrat Total (SS_{total})

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

$$SS_{total} = 33,9^2 + 35,1^2 + 38,3^2 \dots + 31,3^2 + 35,6^2 + 38,3^2$$

$$SS_{total} = 10791,2$$

b. Menghitung *Sum of Square due to Mean* atau Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata (SS_{mean})

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

$$n = \text{Jumlah eksperimen} = 9$$

$$\bar{Y} = \frac{\text{Total nilai SNR}}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{33,9 + 35,1 + 38,3 \dots 31,3 + 35,6 + 38,3}{9}$$

$$\bar{Y} = \frac{310,8}{9}$$

$$\bar{Y} = 34,5$$

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

$$SS_{mean} = 9 \cdot (34,5)^2$$

$$SS_{mean} = 10731,4$$

- c. Menghitung *Sum of Square due to Factors* atau Jumlah Kuadrat karena Faktor- Faktor (SSA).

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Sum of Square due to Factors A*

$$SSA = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) + ((\bar{A3})^2 \times n3) - SS_{mean}$$

$$SSA = (35,76^2 \times 3) + (32,76^2 \times 3) + (35,07^2 \times 3) - 10731,4$$

$$SSA = 14,9$$

Begitu pula dengan perhitungan *Sum of Square due to Factors* pada faktor B, C, dan D.

- d. Menghitung *Sum of Square (pooled e)*

$$SS(\text{pooled } e) = SST - SSA - SS_B$$

Untuk perhitungan SST adalah sebagai berikut:

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

$$SST = 10791,2 - 10731,4$$

$$SST = 59,87$$

Sehingga,

$$SS(\text{pooled } e) = 59,87 - 14,86 - 40,40$$

$$SS(\text{pooled } e) = 4,60$$

- e. Membuat Tabel ANOVA

1. Menentukan Derajat Kebebasan

Misal untuk faktor A:

$$DFA = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DFA = (3 - 1) = 2$$

2. Menghitung Derajat Kebebasan Total

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

$$DFT = (9 - 1) = 8$$

3. Menghitung Derajat Kebebasan Pooled e

$$DF(\text{pooled } e) = DFT - DFC - DFD$$

$$DF(\text{pooled } e) = 8 - 2 - 2 = 4$$

4. Menghitung *Mean Sum of Square* atau Rata-rata Jumlah Kuadrat

Berikut ini adalah contoh perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat A

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

$$MSA = \frac{14,86}{2}$$

$$MSA = 7,43$$

Begitu pula dengan perhitungan Rata-rata Jumlah Kuadrat pada faktor B, C, dan D

Untuk perhitungan $MS(Pooled e)$ adalah sebagai berikut:

$$MS(pooled e) = \frac{SS Pooled e}{DF pooled e} = \frac{4,60}{4}$$

$$MS(pooled e) = 1,15$$

5. Menghitung Nilai Rasio (F -Ratio) - Pooled

Berikut ini adalah contoh perhitungan F -Ratio A hasil *pooling* faktor

$$F \text{ ratio } A = \frac{MSA}{MS (pooled e)}$$

$$F \text{ ratio } A = \frac{7,43}{1,15}$$

$$F \text{ ratio } A = 6,46$$

Begitu pula dengan perhitungan F -Ratio pada faktor B

6. Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS') – Pooled

$$SS' \text{ faktor} = SS \text{ faktor} - (DF \text{ faktor} \times MS(pooled e))$$

$$SS'A = SSA - (DFA \times MS(pooled e))$$

$$SS'A = 14,19 - (2 \times 1,15)$$

$$SS'A = 12,56$$

Begitu pula dengan perhitungan SS' pada faktor B

Sedangkan untuk perhitungan $SS'(pooled e)$ adalah sebagai berikut:

$$SS'(pooled e) = SST - SS'A - SS'B$$

$$SS'(pooled e) = 59,87 - 12,56 - 38,10$$

$$SS'(pooled e) = 9,21$$

7. Menghitung *Percent Contribution (Rho%)* masing-masing faktor

Berikut ini adalah contoh perhitungan $Rho\%$ A

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

$$Rho \% A = \frac{12,56}{59,87} \times 100\%$$

$$Rho \% A = 20,98 \%$$

Begitu pula dengan perhitungan $Rho \%$ pada faktor B dan *pooled e*

Tabel 4.13 dibawah ini merupakan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk data variabel setelah *pooling up*.

Tabel 4.13 *Analysis of Variance (ANOVA)* nilai SNR – *pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Rho%
A		14,86	2	7,43	6,46	12,56	20,98
B		40,40	2	20,20	17,55	38,10	63,63
C	Y	0,05	2	0,02	-	-	-
D	Y	4,56	2	2,28	-	-	-
Pooled e		4,60	4	1,15	1	9,21	15,38
SST		59,87	8	7,48		59,87	100
Mean			1				
Sstotal			9				

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai SNR di atas, dilakukan *pooling* setengah derajat kebebasan dari L_93^4 yaitu terdapat 2 faktor yang dilakukan *pooling* yaitu faktor C dan D, faktor tersebut dipilih karena mempunyai nilai SS terendah dari ke empat faktor lainnya dan dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh dengan kontribusi besar adalah Faktor A selanjutnya Faktor B. Dalam eksperimen ini, perhitungan SNR digunakan untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi. Faktor lain juga memiliki pengaruh terhadap kuat lentur namun tidak sebesar Faktor A dan Faktor B. Pada Perhitungan persentase kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi *error* adalah sebesar 15,38 %, yang artinya tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen.

4.3.2 Penentuan *Setting Level Optimal*

Menurut Belavendram (1995) mengenai rekomendasi level yang optimal, bahwa terdapat dua tahap dalam meningkatkan karakteristik kualitas yaitu mengurangi variansi dan menyesuaikan target sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tabel 4.14 berikut ini adalah tabel yang menunjukkan perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen Taguchi terhadap karakteristik kualitas yang diamati dalam penelitian ini.

Tabel 4.14 Tabel perbandingan pengaruh faktor pada eksperimen Taguchi

Faktor	Rata –Rata \bar{Y}	Variansi σ	Pengaruh	<i>Setting Level</i> yang dipilih
A	2	2	Berpengaruh dan kontribusi besar	A1
B	1	1	Berpengaruh dan kontribusi besar	B3
C	4	4	Berpengaruh dan kontribusi kecil	C2
D	3	3	Berpengaruh dan kontribusi kecil	D1

Keterangan Tabel 4.14

(1) : *rank*

Penjelasan pemilihan setting level adalah sebagai berikut.

1. Faktor B dan A keduanya memberikan pengaruh dan kontribusi yang besar. Keduanya sama-sama mempengaruhi nilai rata-rata dan variansinya dilihat dari tabel anova rata-rata dan SNR pada *F ratio* memiliki nilai lebih besar dari *F* tabel yang memiliki terdapat pengaruh dan kontribusi yang besar. Pemilihan level faktor dilihat dari tabel respon rata-rata maupun SNR dan dipilih Faktor B Level 3 dan A level 1.
2. Faktor D dan Faktor C keduanya memberikan pengaruh secara keseluruhan namun memberikan kontribusi yang kecil dilihat dari tabel *F ratio* pada faktor C anova rata-rata dan SNR lebih kecil terhadap *F* tabel, namun karena pemilihan *pooling* menggunakan dua faktor terkecil maka faktor D dan C dianggap memiliki kontribusi terkecil dibandingkan faktor A dan B. Pemilihan level faktor D dan C sebenarnya tidak terlalu berpengaruh terhadap kuat lentur. Dilihat dari perhitungan ANOVA pada nilai rata-rata maupun SNR, Faktor D dan C dilakukan dengan melihat *rank* pada tabel respon dan SNR. Sehingga terpilih Faktor D Level 1, Faktor C Level 2.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penjelasan di atas adalah bahwa kombinasi level faktor yang optimal adalah Faktor A Level 1 (Serbuk Kayu: 80g), Faktor B Level 3 (*Adhesive*: 84g), Faktor C Level 2 (Air: 60g), Faktor D Level 1 (Pengeringan: 10 menit).

4.3.3 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan Nilai Rata-rata dan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Tahap selanjutnya setelah mengetahui setting level optimum adalah membuat perkiraan kondisi optimal. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi nilai rata-rata proses dan *signal to noise ratio* (SNR) proses yang diharapkan pada level optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat eksperimen Taguchi. Sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level faktor optimal yang didapat. Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tercakup dengan beberapa persentase kepercayaan tertentu.

Berdasarkan hasil perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA), faktor yang berpengaruh dan memiliki kontribusi besar pada kuat lentur papan partikel adalah A Level 1 (Serbuk Kayu: 80g) dan Faktor B Level 3 (*Adhesive*: 84g).

Berikut ini adalah perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan.

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

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

Nilai rata-rata seluruh data (\bar{y}) = 56,01

- b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$\mu_{predicted}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

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

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (A1 - \bar{y}) + (B3 - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = 56,01 + (63,09 - 56,01) + (72,72 - 56,01)$$

$$\mu_{predicted} = 79,80 \text{ kg/cm}^2$$

- c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MS \text{ Pooled } e. \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

Perhitungan untuk $neff$:

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

$$neff = \frac{9 \times 3}{V_{\mu} + V_A + V_B}$$

$$neff = \frac{9 \times 3}{1+2+2}$$

$$neff = 5,4$$

Maka perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata adalah sebagai berikut:

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MS \text{ Pooled } e. \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{F_{0,05,1,22} \cdot 48,08 \cdot \left[\frac{1}{5,4} \right]}$$

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{4,3 \cdot 48,08 \cdot 0,185}$$

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{38,25}$$

$$CI \text{ mean} = \pm 6,18$$

Maka interval kepercayaan nilai rata-rata untuk proses optimal:

$$\mu_{predicted} - CI \text{ mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI \text{ mean}$$

$$79,80 - 6,18 \leq \mu_{predicted} \leq 79,80 + 6,18$$

$$73,62 \leq \mu_{predicted} \leq 85,98$$

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

- a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai *signal to ratio* (SNR) seluruh data Nilai SNR seluruh data ($\bar{\Pi}$) = 34,5

- b. Perhitungan nilai prediksi rata-rata

$\mu_{predicted}$ = Estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{predicted} = \bar{\eta} + (\text{faktor terpilih } 1 - \bar{\eta}) + \dots + (\text{faktor terpilih } n - \bar{\eta})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{\eta} + (A1 - \bar{\eta}) + (B3 - \bar{\eta})$$

$$\mu_{predicted} = 34,5 + (35,76 - 34,5) + (36,99 - 34,5)$$

$$\mu_{predicted} = 38,22$$

- c. Perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MS \text{ Pooled } e. \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

Perhitungan untuk $neff$:

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

$$neff = \frac{9}{V_{\mu} + V_A + V_B}$$

$$neff = \frac{9}{1+2+2}$$

$$neff = 1,8$$

Maka perhitungan interval kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MS \text{ Pooled } e. \left[\frac{1}{neff} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05, 1,4, 1,15} \cdot \left[\frac{1}{1,8} \right]}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{7,71 \cdot 1,15 \cdot 0,556}$$

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{4,93}$$

$$CI_{SNR} = \pm 2,22$$

Maka interval kepercayaan nilai SNR untuk proses optimal:

$$\mu_{predicted} - CI \text{ SNR} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI \text{ SNR}$$

$$38,22 - 2,22 \leq \mu_{predicted} \leq 38,22 + 2,22$$

$$36 \leq \mu_{predicted} \leq 40,33$$

4.4 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan tahap validasi hasil dari *setting* faktor dan level yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya. Dalam eksperimen konfirmasi menentukan *setting* level terbaik dari faktor-faktor yang signifikan merupakan tugas utama dari eksperimen ini. Untuk faktor-faktor yang mempunyai kontribusi yang kecil

tetap dimasukkan dalam eksperimen ini dengan mengambil level yang terbaik. Eksperimen konfirmasi didalamnya terdapat perhitungan rata-rata, *signal to noise ratio*, perkiraan selang kepercayaan dan analisis hasil eksperimen konfirmasi.

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting level* optimal yang sudah didapatkan sebelumnya yaitu kombinasi level faktor yang optimal adalah Faktor A Level 1 (Serbuk Kayu: 80g), Faktor B Level 3 (*Adhesive*: 84g), Faktor C Level 2 (Air: 60g), Faktor D Level 1 (Pengeringan: 10 menit).

Tabel 4.15 berikut ini adalah data hasil eksperimen konfirmasi sebanyak 10 sampel produk dengan level faktor optimal.

Tabel 4.15 Data hasil eksperimen konfirmasi

Eksperimen	Beban Maksimum (kg)	Ketebalan (cm)	Kuat lentur (kgf/cm ²)
1	26	0,65	69,23
2	29	0,6	90,63
3	30,5	0,6	95,31
4	29	0,6	90,63
5	30	0,6	93,75
6	30	0,62	87,80
7	26	0,65	69,23
8	30	0,6	93,75
9	24	0,63	68,03
10	30	0,6	93,75

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata yang ditransformasikan ke nilai SNR, perhitungan interval kepercayaan dan membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dengan eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan nilai rata-rata dan di transformasikan ke dalam SNR

a. Nilai hasil rata-rata:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{10} (69,23 + 90,63 + 95,31 \dots + 93,75 + 68,03 + 93,75)$$

$$\bar{Y} = 85,21$$

b. Nilai hasil perhitungan SNR *larger the better*

$$\eta = -\text{LOG}_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

$$\eta = -\text{LOG}_{10} \left(\frac{1}{10} x \left(\frac{1}{69,23^2} + \frac{1}{90,63^2} + \frac{1}{95,31^2} + \dots + \frac{1}{93,75^2} + \frac{1}{68,03^2} + \frac{1}{93,75^2} \right) \right)$$

$$\eta = -\text{LOG}_{10} (0,00014)$$

$$\eta = 38,36$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

a. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata kuat lentur

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MS \text{ Pooled } e. \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{F_{0,05,1,22} \cdot 48,08 \cdot \left[\frac{1}{5,4} + \frac{1}{10} \right]}$$

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{4,3 \cdot 48,08 \cdot 0,285}$$

$$CI \text{ mean} = \pm \sqrt{58,92}$$

$$CI \text{ mean} = \pm 7,67$$

Sehingga, interval kepercayaan untuk nilai rata-rata eksperimen konfirmasi kuat lentur papan partikel adalah

$$\mu_{\text{predicted}} - CI \text{ mean} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI \text{ mean}$$

$$85,21 - 7,67 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 85,21 + 7,67$$

$$77,54 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 92,88$$

b. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR)

$$CI \text{ SNR} = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \cdot MS \text{ Pooled } e. \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI \text{ SNR} = \pm \sqrt{F_{0,05,1,4} \cdot 1,15 \cdot \left[\frac{1}{1,8} + \frac{1}{10} \right]}$$

$$CI \text{ SNR} = \pm \sqrt{7,71 \cdot 1,15 \cdot \left[\frac{1}{1,8} + \frac{1}{10} \right]}$$

$$CI \text{ SNR} = \pm \sqrt{5,76}$$

$$CI \text{ SNR} = \pm 2,40$$

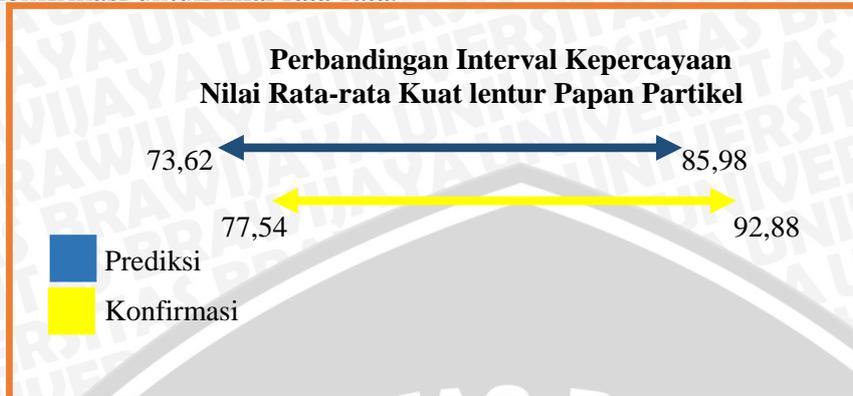
Maka interval kepercayaan eksperimen konfirmasi untuk *signal to noise ratio* (SNR) adalah:

$$\mu_{\text{predicted}} - CI \text{ mean} \leq \mu_{\text{predicted}} \leq \mu_{\text{predicted}} + CI \text{ mean}$$

$$38,36 - 2,40 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 38,36 + 2,40$$

$$35,96 \leq \mu_{\text{predicted}} \leq 40,76$$

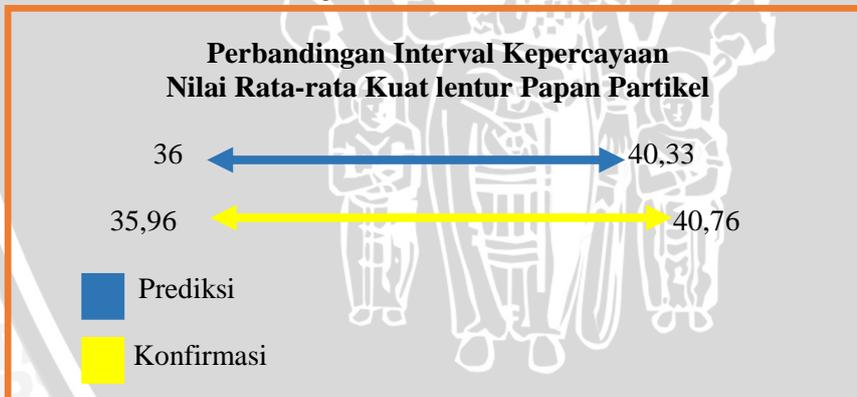
3. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi
 - a. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata.



Gambar 4.26 Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai rata-rata

Berdasarkan Gambar 4.26 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai rata-rata dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Gambar diatas menjelaskan bahwa hasil dari eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval hasil optimal dan keputusan diterima.

- b. Membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi untuk nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR).



Gambar 4.27 Perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR

Gambar 4.27 menunjukkan bahwa hasil eksperimen konfirmasi untuk nilai SNR dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Berdasarkan perbandingan interval kepercayaan prediksi dan eksperimen konfirmasi berdasarkan nilai rata-rata maupun SNR, dapat disimpulkan bahwa keputusan diterima. Artinya hasil dari eksperimen Taguchi dapat digunakan dan *setting level* optimal yaitu berupa rasio

komposisi bahan baku dapat dijadikan acuan dalam eksperimen pembuatan papan partikel.

4.5 Analisis dan Pembahasan

Pada bab sebelumnya telah dibahas bahwa tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah mendapatkan standar bahan baku utama papan partikel dengan kuat lentur terbesar. Kuat lentur minimal yang ditentukan mengadopsi standar SNI 03-2105-2006.

4.5.1 Analisis Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata dan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Berikut ini akan dibahas mengenai perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai rata-rata maupun nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR). Perhitungan ANOVA pada nilai rata-rata dilakukan untuk melihat faktor-faktor yang berpengaruh signifikan dan tidak berpengaruh signifikan, serta berapa persen kontribusi masing-masing faktor terhadap nilai rata-rata kuat lentur. Sedangkan perhitungan ANOVA pada nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah untuk melihat faktor-faktor yang berpengaruh signifikan dan tidak berpengaruh signifikan, serta berapa persen kontribusi masing-masing faktor terhadap nilai variansi kuat lentur. Sehingga dapat diperoleh faktor-faktor berpengaruh signifikan dalam desain eksperimen yang kokoh terhadap gangguan (*noise*).

1. *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata

Melihat Tabel 4.9, dapat diketahui bahwa seluruh faktor memiliki nilai F-Ratio \geq F-Tabel ($F_{0,05} (2;18) = 3,55$). Sehingga dapat dikatakan bahwa seluruh faktor memiliki pengaruh terhadap kuat lentur papan partikel. Sedangkan untuk nilai persen kontribusi (Rho %) diketahui bahwa faktor yang memiliki persen kontribusi terbesar adalah Faktor B (*Adhesive*) sebesar 63,19%, selanjutnya diikuti Faktor A (Serbuk Kayu) sebesar 21,91%, Faktor D (Pengeringan) sebesar 8,54% dan faktor dengan persen kontribusi terkecil yaitu Faktor C (Air) sebesar 0,14%. Untuk persen kontribusi dari *error* adalah sebesar 6,22% dari kuadrat total, sehingga total persen kontribusi seluruh faktor adalah sebesar 93,78%. Dapat disimpulkan bahwa faktor yang memiliki pengaruh yang besar terhadap kuat lentur kursi papan partikel adalah Faktor B (*Adhesive*) dan Faktor A (Serbuk kayu), sedangkan Faktor D (Pengeringan) dan Faktor C (Air) berpengaruh kecil terhadap kuat lentur.

Untuk membuat desain yang kokoh terhadap gangguan (*noise*) faktor-faktor yang tidak berpengaruh signifikan, maka dilakukan *pooling*. Dengan melakukan *pooling*

faktor yang tidak signifikan, sebenarnya adalah memperlakukan seolah-olah faktor itu tidak diikuti sertakan dalam eksperimen dan jumlah kuadratnya adalah bagian dari jumlah kuadrat karena eror (S_{Se}). Pada perhitungan ANOVA nilai rata-rata ini, Faktor yang tidak berpengaruh signifikan dan harus *dipooling* adalah Faktor D dan C. Dengan mempertimbangkan nilai kontribusi paling rendah yaitu masing-masing 8,54% dan 0,14%. Selain melihat besarnya persen kontribusi, pertimbangan dalam melakukan *pooling* menurut Belavendram (1995) disarankan untuk menggunakan setengah derajat kebebasan dari matriks orthogonal yang digunakan dalam eksperimen untuk menjadikan desain menjadi kokoh. Dikarenakan matriks *orthogonal* yang digunakan pada penelitian ini adalah L₉ (3⁴) yaitu terdapat empat faktor terkontrol maka hanya diperlukan dua faktor perkiraan yang paling berpengaruh dan dua faktor lainnya dilakukan *pooling*.

Pada saat melakukan *pooling*, maka harus dihitung jumlah kuadrat *error* karena faktor-faktor yang tidak berpengaruh signifikan atau SS(*pooled e*) yaitu menambahkan jumlah kuadrat eror (S_{Se}) dengan jumlah kuadrat faktor D (SSD) dan jumlah kuadrat eror faktor C (SSC). Dan didapatkan SS(*pooled e*) adalah sebesar 1057,82. Selanjutnya adalah dilakukan pula perhitungan terhadap *degree of freedom error* karena faktor-faktor yang tidak signifikan atau DF(*pooled e*) yaitu dengan menambahkan *degree of freedom error* dengan *degree of freedom* faktor D dan faktor C. Dan didapatkan DF(*pooled e*) adalah sebesar 22. Setelah didapatkan nilai SS(*pooled e*) dan DF(*pooled e*), maka bisa diketahui nilai ini MS(*pooled e*) yaitu sebesar 48,08. Perhitungan SS(*pooled e*) dan DF(*pooled e*) ini untuk membantu menghitung jumlah kuadrat sesungguhnya terhadap faktor-faktor yang berpengaruh signifikan sehingga dapat pula diketahui besar dari persen kontribusi setelah dilakukan *pooling*.

Pada Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa faktor-faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan setelah dilakukan *pooling* adalah Faktor B (*Adhesive*) dan Faktor A (Serbuk kayu) dilihat dari persen kontribusi (Rho %) yaitu masing-masing 62,41% dan 21,12 %. Persen kontribusi eror nya adalah sebesar 16,47%. Menurut Belavendram (1995), jika persen kontribusi *error* rendah (kurang dari 50%) maka dapat diasumsikan bahwa tidak ada faktor yang berpengaruh signifikan hilang dari eksperimen. Namun jika persen kontribusi *error* tinggi (50% atau lebih) maka dapat diasumsikan bahwa beberapa faktor yang berpengaruh signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan bahwa terdapat perhitungan eror/kesalahan yang besar dalam

eksperimen tersebut. Sedangkan Soejanto (2009), dalam bukunya mengatakan bahwa aturan umum berlaku jumlah kuadrat *pooled error* boleh mencapai 50% dari jumlah kuadrat total untuk setengah derajat kebebasan (df) dalam matriks *orthogonal* (OA). Sedangkan persen kontribusi dari semua faktor berpengaruh signifikan diharapkan memiliki nilai yang lebih besar atau sama dengan 50%, dengan nilai tersebut berarti faktor-faktor penting dalam eksperimen telah dilibatkan. Dari pernyataan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen karena persen kontribusi eror pada hasil perhitungan *pooling of* (ANOVA) kurang dari 50% yaitu 16,47% dari jumlah kuadrat total dan persentase jumlah kuadrat/ persen kontribusi (Rho%) dari faktor-faktor berpengaruh signifikan sebesar 83,53%.

2. *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Larger the better*, yang artinya memiliki karakteristik semakin besar semakin baik. Perhitungan nilai SNR dilakukan pada setiap eksperimen dengan tiga repikasi, sehingga didapatkan sembilan data SNR yang akan diolah pada perhitungan ANOVA nilai SNR. Pertimbangan dilakukannya *pooling* adalah melihat *rank* dari masing-masing faktor, dimana faktor D dan C berada pada *rank* yang paling rendah. Pada Perhitungan persentase kontribusi menunjukkan bahwa persen kontribusi *error* adalah sebesar 15,38%, yang artinya tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen. Dari kedua perhitungan ANOVA terhadap nilai rata-rata dan SNR, disimpulkan bahwa faktor B dan A mempengaruhi nilai rata-rata dan nilai variansinya. Sedangkan faktor D dan C tidak mempengaruhi nilai rata-rata maupun variansinya.

4.5.2 Analisis Penentuan Setting Level Berdasarkan Nilai Rata-rata dan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Pada penelitian ini, penentuan *setting level* optimal dilihat dari tabel respon rata-rata maupun *Signal to Noise Ratio* (SNR). Tabel respon rata-rata digunakan untuk mencari level faktor optimal yang mempengaruhi rata-rata nya, sedangkan tabel respon *Signal to Noise Ratio* (SNR) digunakan untuk mencari level faktor yang mempengaruhi variansinya. Dengan melihat *rank* masing-masing faktor pada tabel respon rata-rata maupun SNR, maka didapatkan rekap hasil seperti pada Tabel 4.14. Pada Faktor A dan B keduanya memberikan pengaruh dan kontribusi yang besar serta

mempengaruhi nilai rata-rata dan variansinya. Pada tabel respon rata-rata dan SNR, Faktor A berada pada *rank* 2 dan Faktor B berada pada *rank* 1 yang artinya Faktor A dan B memiliki pengaruh lebih terhadap nilai rata-rata dan variansi dari kuat lentur. Sedangkan Faktor D dan Faktor C keduanya memberikan pengaruh dan kontribusi yang kecil, pemilihan level faktor D dan C sebenarnya tidak terlalu berpengaruh terhadap kuat lentur. Dilihat dari perhitungan ANOVA pada nilai rata-rata maupun SNR, Faktor D dan C memberikan pengaruh/kontribusi yang kecil sehingga dilakukan *pooling*. Namun pada pemilihan level Faktor D dan C dilakukan dengan melihat *rank* pada tabel respon rata-rata dan SNR. Sehingga terpilih Faktor B Level 3, Faktor C Level 2.

Sehingga didapatkan level faktor optimal pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.16 *Setting level* optimal

Faktor	Setting level yang dipilih	Komposisi
A (Serbuk kayu)	1	80 g
B (<i>Adhesive</i>)	3	84 g
C (Air)	2	60 g
D (Pengeringan)	1	10 menit

4.5.3 Analisis Eksperimen Konfirmasi terhadap Prediksi Kondisi Optimal

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah melakukan eksperimen konfirmasi yaitu untuk memvalidasi hasil dari *setting* faktor dan level yang telah dihasilkan pada perhitungan sebelumnya. Caranya adalah dengan membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi baik nilai rata-rata maupun nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR). Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa rata-rata pada eksperimen konfirmasi masih berada dalam interval hasil optimal/interval kepercayaan eksperimen Taguchi. Tabel 4.17 berikut ini adalah interval kepercayaan yang merupakan interpretasi hasil ukuran kuat lentur spesimen uji papan partikel.

Tabel 4.17 Prediksi dan optimasi kondisi optimal eksperimen Taguchi dan konfirmasi

Respon (Kuat lentur)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-rata	79,8	$79,8 \pm 6,18$
	SNR	38,22	$38,22 \pm 2,22$
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata	85,21	$85,21 \pm 7,67$
	SNR	38,36	$38,38 \pm 2,40$