

**MENENTUKAN STANDAR *SETTING***  
**PARAMETER MESIN LAMINASI DENGAN METODE**  
***TAGUCHI* UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS HASIL**  
**PRODUKSI *ALU METALLIZED BOARD***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu ( S1 ) Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Disusun Oleh:

**SIMBAR KUMAMBANG**

**NIM 31602000121**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNOLOGI**  
**INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

**2023**

**DETERMINE OF SETTING STANDARDS  
LAMINATING MACHINE PARAMETER USING TAGUCHI  
METHOD TO IMPROVE THE QUALITY PRODUCTION  
RESULTS OF ALU METALLIZED BOARD**

**FINAL PROJECT REPORT**

Proposed to complete the requirement to obtain a Bachelor's Degree (S1) at  
Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,  
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Arranged by :

**SIMBAR KUMAMBANG**

**NIM 31602000121**

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING FACULTY OF  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

Laporan Tugas Akhir dengan judul “MENENTUKAN STANDAR *SETTING* PARAMETER MESIN LAMINASI DENGAN METODE TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS HASIL PRODUKSI *ALU METALLIZED BOARD*” ini disusun oleh :

Nama : Simbar Kumambang  
NIM : 3160 2000 121  
Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh Dosen Pembimbing pada :

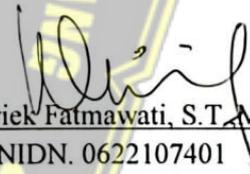
Hari : Jumat  
Tanggal : 16 Agustus 2024

Pembimbing I



Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng  
NIDN. 061603760

Pembimbing II



Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng  
NIDN. 0622107401

Mengetahui,  
Ketua-Program Studi Teknik Industri

  
Wiwiek Fatmawati, S.T., M.Eng  
NIDN. 0622107401  


**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

Laporan Tugas Akhir dengan judul “MENENTUKAN STANDAR *SETTING* PARAMETER MESIN LAMINASI DENGAN METODE TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS HASIL PRODUKSI *ALU METALLIZED BOARD*” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari : Jumat  
Tanggal : 16 Agustus 2024

TIM PENGUJI

Penguji I



Muhammad Sagaf, S.T., M.T  
NIDN. 0623037705

Penguji II



Nurwidiana, S.T., M.T  
NIDN. 0604027901

Ketua Penguji



Muhammad Sagaf, S.T., M.T  
NIDN.0623037705

## SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Simbar Kumambang  
NIM : 3160 2000 121  
Judul Tugas Akhir : MENENTUKAN STANDAR *SETTING* PARAMETER  
MESIN LAMINASI DENGAN METODE TAGUCHI  
UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS HASIL  
PRODUKSI *ALU METALLIZED BOARD*

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu ( S1 ) Teknik Industri tersebut adalah **ASLI** dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 20 Juli 2024

Yang Menyatakan,



Simbar Kumambang

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Simbar Kumambang

NIM : 3160 2000 121

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul :

**MENENTUKAN STANDAR *SETTING* PARAMETER MESIN *LAMINASI*  
DENGAN METODE TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS  
HASIL PRODUKSI *ALU METALLIZED BOARD***

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung Semarang serta memberikan hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta atau Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Semarang, 20 Juli 2024

Yang Menyatakan,



7000  
REPUBLIK INDONESIA  
METERAI  
TEMPEL  
448ALX120297076

Simbar Kumambang

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Dengan menghaturkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, ku persembahkan karya ilmiah ini kepada :*

- 1. Bapak, Ibu, dan Istri tercinta yang telah berjuang untuk menjadikan penulis manusia yang berguna dan terima kasih telah memberikan kasih sayang dan doa yang tidak pernah terputus.*
- 2. Diri saya sendiri, Simbar Kumambang yang sudah ingin berjuang dan merayakan untuk diri sendiri dengan kesibukan kerjaan yang luar biasa.*
- 3. Dosen pembimbing I Bapak Akhmad Syakhroni, S.T.,M.Eng dan Dosen pembimbing II Ibu Wiwiek Fatmawati, S.T.,M.Eng yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, waktu, dan dukungan dengan penuh kesabaran dalam proses penyusunan laporan ini*
- 4. Teman – teman Teknik Industri Kelas Mitra angkatan 2021 yang senantiasa menjadi teman di saat suka maupun duka*
- 5. Kampusku Unissula*
- 6. PT. Pura Barutama Unit Metallizing, Kudus, Jawa Tengah, Indonesia*



**HALAMAN MOTTO**

*Ad Maiora Natus Sum “Aku dilahirkan untuk melakukan hal – hal yang lebih besar”*

*Kolose 3 : 23 “ Apapun juga yang kamu perbuat, perbuatlah dengan segenap hatimu untuk Tuhan bukan untuk manusia”*

*Selalu ada alasan kenapa hal besar terjadi di hidup kita, Ingatlah dan tetap percaya bahwa selalu ada pelangi sehabis hujan*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “MENENTUKAN STANDAR *SETTING* PARAMETER MESIN LAMINASI DENGAN METODE TAGUCHI UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS HASIL PRODUKSI *ALU METALLIZED BOARD*”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan perkuliahan di Universitas Islam Sultan Agung Semarang program studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan bukan hanya karena usaha penulis, tetapi juga atas bantuan dan dukungan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan kali ini, penulis hendak berterima kasih kepada :

1. Bapak, Ibu, dan Istri atas doa, dukungan, dan nasehatnya.
2. Rekan kerja di PT PRB Jateng yang telah dengan sukarela berbagi data untuk Tugas Akhir.
3. Bapak Akhmad Syakhroni selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, bantuan, koreksi, arahan dan keluangan waktu serta dorongan untuk segera menyelesaikan laporan ini.
4. Ibu Wiwiek Fatmawati selaku Kaprodi Teknik Industri Unissula dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, bantuan, koreksi, arahan dan keluangan waktu serta dorongan untuk segera menyelesaikan laporan ini.
5. Seluruh dosen Teknik Industri Unissula yang telah menyampaikan ilmu – ilmu Teknik Industri yang bermanfaat, baik teori maupun praktek.
6. Mas Evan, Mas Tri, dan Mbak Linda selaku tenaga pendukung prodi Teknik Industri Unissula, yang telah memberikan informasi dan solusi yang bermanfaat untuk kelancaran kegiatan perkuliahan.
7. Teman-teman angkatan 2021 kelas Mitra Teknik Industri, Mas Rizal, Mas Zuqi, Mbak Aulia, Mas Mada, dan Mbak Okta.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari masih belum sempurna, baik dari segi bahasa maupun hal-hal yang terkandung didalamnya. Penulis berharap mendapat saran dan masukan yang membangun sebagai bentuk perbaikan dan pengembangan dari tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya dan menjadi sebuah karya yang dapat ikut mengembangkan ilmu pengetahuan.

Penulis

Juli 2024



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR ISTILAH.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	20
2.2.1 Alu Metallized Board.....	20
2.2.2 Proses Laminasi.....	21

2.2.3. Kualitas .....	23
2.2.4. Design of Experiment ( DoE ) .....	23
2.2.5 Metode Taguchi / Robust Design .....	25
2.2.6 Orthogonal Array .....	28
2.2.7 <i>Signal to Noise Rasio</i> ( S/N Ratio ) .....	31
2.2.8 Annova ( Analisis Variasi ) .....	33
2.2.9 Ekperimen Konfirmasi.....	33
2.2.10 <i>Waste</i> (pemborosan) .....	33
2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis .....	34
2.3.1 Hipotesis .....	34
2.3.2 Kerangka Teoritis .....	34
BAB III.....	36
METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Pengumpulan Data.....	36
3.2 Teknik Pengumpulan Data .....	36
3.3 Pengujian Hipotesa.....	37
3.4 Metode Analisis.....	38
3.5 Pembahasan.....	38
3.6 Penarikan kesimpulan.....	38
3.7 Diagram Alir.....	39
BAB IV .....	40
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	40
4.1 Pengumpulan Data.....	40
4.1.1 Gambaran Umum Proses Laminasi <i>Water Base</i> di Mesin Grota.....	40
4.1.2 Data jumlah kecacatan produk ( <i>waste</i> ).....	41
4.1.3 Identifikasi Karakteristik Kualitas .....	42

4.1.4	Data Standart Parameter Mesin Laminasi .....	43
4.1.5	Penentuan Faktor .....	44
4.1.6	Penentuan <i>Setting Level</i> Faktor.....	47
4.1.7	Penentuan Notasi <i>Orthogonal Array</i> .....	48
4.1.8	Pelaksanaan Ekperimen .....	50
4.2	Pengolahan Data.....	51
4.2.1	Menghitung Nilai Rata-rata dan <i>S/N Ratio</i> Pada Setiap <i>Level</i> Faktor .51	
4.2.2	Menghitung Analisis Statistik Terhadap Nilai Rata- rata.....	52
4.2.3	Perhitungan Anova Untuk Nilai Rata – rata .....	54
4.2.4	Menghitung Analisis Statistik Terhadap Nilai <i>S/N Ratio</i> .....	56
4.2.5	Perhitungan Anova untuk nilai <i>S/N Ratio</i> .....	58
4.2.6	Eksperimen Korfirmasi atau Uji Verifikasi .....	61
4.3	Analisa dan Interpretasi.....	64
4.3.1	Analisis Terhadap Konsep Metode Taguchi.....	64
4.3.2	Analisis Variansi Respon Terhadap Nilai Pengukuran Rata-Rata.....	64
4.3.3	Analisis Variansi Respon Terhadap Nilai <i>S/N Ratio</i> .....	64
4.3.4	Hasil <i>Setting Level</i> Optimal .....	65
4.4	Pembuktian Hipotesa.....	66
BAB V	.....	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	.....	69

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> – Hasil laporan <i>waste</i> proses laminasi.....	3
<b>Tabel 2.1</b> – Tinjauan Pustaka .....	10
<b>Tabel 2.2</b> – Bentuk standar <i>orthogonal array</i> dari Taguchi.....	29
<b>Tabel 2.3</b> – <i>Orthogonal Array</i> L4 ( $2^2$ ).....	30
<b>Tabel 2.4</b> – <i>Orthogonal Array</i> L9 ( $3^4$ ).....	30
<b>Tabel 2.5</b> – <i>Orthogonal Array</i> L8 ( $2^7$ ).....	30
<b>Tabel 4.1</b> – Data <i>Existing</i> parameter mesin dan hasil pengukuran <i>sample</i> .....	41
<b>Tabel 4.2</b> – Data <i>Level</i> Faktor .....	48
<b>Tabel 4.3</b> – Matrik <i>Orthogonl Array</i> L <sub>9</sub> ( $3^4$ ) .....	49
<b>Tabel 4.4</b> – Tabel <i>setting</i> parameter percobaan L <sub>9</sub> ( $3^4$ ) .....	49
<b>Tabel 4.5</b> – Hasil ekperimen pengujian <i>bonding strenght</i> .....	50
<b>Tabel 4.6</b> – Hasil perhitungan rata – rata dan <i>S/N Ratio</i> .....	51
<b>Tabel 4.7</b> – Tabel pengaruh respon terhadap nilai rata – rata .....	53
<b>Tabel 4.8</b> – Tabel perhitungan Anova untuk nilai rata-rata.....	56
<b>Tabel 4.9</b> – Tabel pengaruh respon terhadap nilai S/N Ratio.....	57
<b>Tabel 4.10</b> – Tabel perhitungan Anova untuk nilai rata-rata.....	60
<b>Tabel 4.11</b> – Hasil <i>setting</i> parameter optimal.....	62
<b>Tabel 4.12</b> – Hasil pengukuran ekperimen konfirmasi .....	62
<b>Tabel 4.13</b> – Hasil <i>setting</i> parameter Optimal.....	66

## DAFTAR ISTILAH

<i>TMB</i>	: <i>Transfer Metallized Board</i> ( kertas karton yang dilapisi alumunium yang diuapkan ).
<i>AMB</i>	: <i>Alu Metallized Board</i> ( kertas karton yang dilapisi alumunium foil ).
<i>CMB</i>	: <i>Cello Metallized Board</i> (kertas karton yang dilapisi <i>PET Metallized Film</i> ).
<i>Bonding strength</i>	: Tingkat nilai daya rekat antara <i>metallized</i> dengan <i>paper board</i> pada proses laminasi.
<i>Delaminasi</i>	: Terpisahnya dua material karena gagalnya proses laminasi akibat <i>bonding stenght</i> / daya rekat kurang terpenuhi ( kurang ari 1,5 newton )
<i>Tape Test</i>	: Metode cara pengetesan kekuatan daya rekat <i>metallized</i> dengan <i>paper board</i> dengan selotip.
<i>Packaging</i>	: Kemasan yang membungkus suatu produk.
<i>Flatness</i>	: Kerataan atau kelurusan suatu permukaan kertas.
<i>Rotogravure</i>	: Teknik mencetak dimana gambar master cetak menggunakan silinder tabung yang berputar.
<i>Metallizing</i>	: Proses metalisasi pada <i>film</i> dari kawat aluminium yang diuapkan pada ruang <i>vacum</i> sehingga permukaan <i>film</i> menjadi warna metalik.
<i>Pond</i>	: Proses pembuatan bentuk kertas dengan cara <i>dipress</i> dengan pisau sesuai <i>design</i> yang diinginkan ( <i>cutting</i> dan <i>creassing</i> ).
<i>Zunh Cup</i>	: Alat untuk mengukur viskositas lem dengan volume cup 44 ml.

## ABSTRAK

PT. PBM salah satu unit dari Pura Group yang berlokasi di Kota Kudus, Jawa Tengah. Berjenis perusahaan percetakan *packaging* yang menggunakan bahan utama *paper* dan *paper board* yang menampilkan efek *metallized* dari aluminium sehingga tampilan kertas nampak cerah (*glossy*) untuk menambah *prestige* suatu kemasan. Ada 2 jenis produk yang diproduksi yaitu *Alu Metallized Board (AMB)* dan *Cello Metallized Board (CMB)*. Dua jenis produk tersebut mempunyai proses utama yang sama yaitu proses laminasi dimana menggabungkan antara bahan Aluminium dan *paper board* dengan perekat sebagai pengikat. Berdasarkan data dari *Quality Control*, data *sampling* hasil produksi untuk produk *Alu Metallized Board* berbahan kertas ivory sering mengalami ketidakstabilan pada standar kualitas *bonding strength* (kekuatan menempel antara bahan aluminium foil dengan permukaan kertas). Diperkuat dengan data *waste* produk karena produk *hold* (karantina) dari bulan Juli 2022 - Desember 2022 karena *bonding strength* dibawah nilai standar mencapai 2,29 % dari total *waste* keseluruhan 7,12 %. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui atau mendapatkan konfigurasi parameter *setting* Mesin Laminasi yang paling optimal untuk memenuhi standar kualitas *bonding strength* dengan perancangan eksperimen metode *Taguchi* sehingga proses produksi menjadi stabil dan mengurangi potensi *waste* atau status *hold* pada produk.

Untuk memperoleh konfigurasi *setting* parameter mesin laminasi, yang harus dilakukan adalah menentukan faktor dan level faktor yang akan dibuat menjadi matrik *orthogonal array* Taguchi. Matrik tersebut digunakan untuk melakukan eksperimen dimesin laminasi sebagai konfigurasi *setting* parameter. Pada percobaan eksperimen ini matrik *orthogonal array* yang dipakai yaitu  $L_9(3^4)$  dimana terdiri dari 3 level 4 faktor dengan jumlah percobaan 9 kali. Empat faktor diambil berdasarkan pengaruh langsung terhadap *bonding strength* dan bisa terukur langsung saat produksi (*Speed* mesin, *drying temperature*, tekanan *press*, dan viskositas lem), tiga level diambil berdasarkan *range* standar acuan parameter pada mesin (*minimal*, *middle*, dan *maksimal*).

Saat dilakukan percobaan eksperimen, hasil *sample* diukur dengan *bonding tester* pada tiga area (kiri, tengah, kanan) masing – masing tiga kali pengulangan. Setelah mendapatkan hasil pengukuran nilai *bonding strength*, akan dianalisa perhitungan berdasarkan nilai rata – rata dan nilai *S/N Ratio*, kemudian dikonfirmasi dengan perhitungan tabel *Annova* yang nantinya akan mengetahui konfigurasi *setting* optimal yang terpilih dan penerimaan hipotesis. Setelah dilakukan pengujian konfirmasi atau uji verifikasi dan dinyatakan  $T_{hitung} > T_{tabel}$  maka, konfigurasi *setting* parameter mesin yang terpilih untuk mendapatkan nilai *bonding strength* maksimum adalah A1 (*Speed* mesin 50 m/menit), B3 (*Drying temperature* 100° C), C2 (tekanan *press* laminasi 5 Bar), dan D3 (Viskositas lem 2,2 ml/detik).

**Kata Kunci:** *Bonding Strength, Konfigurasi Parameter Mesin, Metode Taguchi.*

## ABSTRACT

*PT. PBM is one of the units of the Pura Group located in Kudus City, Central Java. This is a packaging printing company that uses paper and paper board as the main material, which displays the metallized effect of aluminum so that the appearance of the paper looks bright (glossy) for the prestige of a packaging. There are 2 types of products, namely AluTransfer Metallized paper Board ( AMB ) and Cello Metallized paper Board ( CMB ). These three types of products have the same main process, namely the laminasi process which combines Aluminium materials and paper board with adhesive as a binder. Based on data from Quality Control, production sampling data for Transfer Metallized paper Board products made from ivory paper often experience instability in quality standards, namely bonding strength (sticking strength between the metallized material and the paper surface). Strengthened by product waste data because product hold (quarantine) from July 2022 - December 2022 because bonding strength is below the standard value reaching 2.29% of the total waste of 7.12% and there are several complaints from customers on TMB products made from ivory regarding the product sent due to the uneven flatness of the paper. The purpose of this research is to find out or getting optimum configure of the Laminating Machine parameter settings to meet QC quality standard Bonding strength by designing of experimental Taguchi method so that the production process becomes stable and reduces the potential waste or hold status in products.*

*To get the configuration of laminating machine parameter settings, what must be done is to determine the factors and factor levels that will be made into a Taguchi orthogonal array matrix. This matrix is used to carry out experiments on lamination machines as parameter setting configurations. In this experimental trial, the orthogonal array matrix used was  $L_9(3^4)$  which consisted of 3 levels of 4 factors with a total of 9 trials. Four factors are taken based on their direct influence on bonding strength and can be measured directly during production (machine speed, drying temperature, pressing pressure, and glue viscosity), three levels are taken based on the standard range of reference parameters on the machine (minimum, mid, and maximum).*

*When conducting experimental trials, the sample results were measured with a bonding tester in three areas (left, middle, right) three times each. After obtaining the bonding strength value measurement results, the calculations will be analyzed based on the average value and S/N Ratio value and then confirmed by calculating the Anova table which will then determine the optimal setting configuration selected and the acceptance of the hypothesis. After a confirmation test or verification test is carried out and it is stated that  $T_{count} > T_{table}$ , the selected machine parameter setting configuration to obtain the maximum bonding strength value is A1 (machine speed 50 m/minute), B3 (drying temperature  $100^{\circ}$  C), C2 ( Laminating Pressure 5 bar ), and D3 (viscosity of glue 2.2 ml/sec).*

**Keywords:** *Bonding Strength, Configure of Machine Parameters, Taguchi Method.*

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

*Metallized paper board* merupakan sebuah produk untuk *packaging* yang terbuat dari bahan utama kertas yang dilapisi oleh aluminium dimana produk tersebut nantinya digunakan sebagai bahan utama untuk dicetak yang selanjutnya dibentuk menjadi *packaging* yang menampilkan kesan *glossy*. Produk tersebut akan dikirim dalam bentuk *roll* atau lembaran ke pabrik percetakan offset atau *rotogravure*. Sebuah produk tidak lepas yang namanya kemasan atau *packaging* karena *packaging* sebagai tempat pengisian produk yang membuat produk menjadi tahan terhadap kondisi lingkungan, *handling*, dan menambah nilai jual (*prestige*) produk didalamnya.

Setiap perusahaan industri manufaktur harus mampu bertahan dan bisa mengikuti perkembangan terhadap dunia manufaktur dengan perusahaan lain. Keuntungan dalam bisnis merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi setiap perusahaan yang ingin sukses karena merupakan dasar perusahaan dikatakan dalam keadaan sehat atau tidak. Meningkatkan kualitas produksi dan mengurangi biaya operasional adalah suatu hal yang penting dan utama untuk setiap perusahaan manufaktur karena berhubungan langsung dengan keuntungan perusahaan, oleh karena itu perusahaan harus bisa meningkatkan produktifitas dan keuntungan tanpa mengorbankan kualitas dari produk yang dihasilkan. Besarnya keuntungan ditentukan oleh *cost report* yang baik yang meliputi biaya rendah dalam keseluruhan operasional kegiatan perusahaan dari mulai bahan awal sampai barang jadi. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai keuntungan dan beban perusahaan adalah jumlah penjualan, *waste*, dan barang *hold* suatu produksi. *Waste* merupakan material sisa yang tidak diinginkan saat proses produksi berdasarkan acuan standar kualitas, sedangkan barang *hold* adalah status *suspect* kerana tidak sesuai standar kualitas. Setiap proses produksi pasti selalu menghasilkan sebuah *waste*. Dalam upaya menganalisa, mengevaluasi, dan mengurangi *waste*, untuk meningkatkan

pendapatan perusahaan salah satu hal yang harus dilakukan perusahaan manufaktur adalah menganalisa tentang *root cause* setiap proses produksi yang dilalui sampai barang jadi, sehingga kualitas produk meningkat. Dengan kualitas yang lebih baik harapannya bisa memberikan kepercayaan terhadap *buyer* sehingga penjualan produk bisa meningkat.

Salah satu perusahaan yang terlibat dalam industri manufaktur ini adalah PT. PBM yang mempunyai sistem bisnis *Job order (make to order)*, dimana produksi dilakukan setelah ada pesanan atau PO dari *buyer*. Produk *Metallized Paper Board* ada 2 jenis yaitu *Alu Metallized Board* dan *Cello Metallized Board* yang mempunyai proses utama yaitu proses laminasi, dimana proses laminasi proses yang paling *critical*. Proses laminasi adalah proses menggabungkan aluminium foil ke permukaan *paper* atau *paper board* dengan menggunakan perekat atau lem. Oleh karena itu perancangan eksperimen ini difokuskan pada proses laminasi. Proses *setting* parameter mesin perlu dilakukan karena setiap produk yang dikerjakan pada mesin yang sama berbeda – beda berdasarkan komposisi spesifikasi produknya yang berbeda. Berdasarkan laporan data *sampling* pengecekan QC kualitas hasil produksi untuk produk *Alu Metallized Board* berbahan kertas Ivory 210 gsm sering mengalami ketidakstabilan. Berdasarkan hasil spesifikasi produk yang sudah divalidasi oleh R&D, QC, dan manajemen, standar kualitas untuk produk *Alu Metallized Board* berbahan kertas Ivory adalah *bonding strength* minimal 1,5 *Newton*, visual *glossy*, hasil laminasi halus tanpa ada *defect*. Nilai *bonding strength* diangka 1,5 newton didapat berdasarkan hasil *trial* proses cetak dan *ponz* pada customer. Produk *Alu Metallized Board* berbahan kertas Ivory belum bisa semua tercapai, terutama pada standar kualitas *bonding strength* jika melihat dari data QC dan hasil *sampling* pensortiran. Salah satu penyebabnya adalah setiap kali produksi *setting* parameter mesin dari setiap operator berubah mengikuti kondisi mesin dan pengecekan awal jalan mesin. Dilihat dari panduan resmi *setting* parameter mesin laminasi, standar yang dipakai dalam menjalankan mesin *range*-nya terlalu jauh, yaitu suhu pengeringan 80–100° C, viscositas perekat 4,4 ml/detik – 2,2 ml/detik dengan alat ukur *Zahn Cup* 44 ml diameter lubang 4 mm, tekanan *press* laminasi 3 – 6 bar dan *Speed* mesin 50 - 60 meter/menit. Parameter tersebut diperoleh dari

pertimbangan kualitas yang lain juga. Sebagai contoh suhu maksimal di angka 100° karena saat proses pengeringan dengan suhu diatas itu akan terjadi efek *blissing* atau *rainbow*, viskositas lem maksimal diangka 2,2 ml/detik karena diatas itu operasional *cylinder coating* jadi cepat kering. Oleh karena itu standar *setting* parameter mesin perlu dikerucutkan guna memperoleh hasil *setting* parameter yang presisi sehingga proses produksi kualitas *bonding stenght* bisa maksimal dan seragam saat dikerjakan oleh beberapa operator, serta menganalisa *root cause* masalah proses produksi menjadi lebih mudah dan tidak semu. Kondisi mesin saat proses *setting* parameter mesin saat mengerjakan produk *Alu Metallized Board* mengacu pada *setting* mesin produksi yang terakhir ( *existing* ) dimana *setting* tersebut masih masuk diantara *range* acuan parameter mesin, tetapi hasil dipengecakan QC masih ada beberapa yang dibawah standar. Saat hasil awal jalan produksi sudah dinyatakan sesuai oleh QC, maka *setting* parameter mesin akan dicatat dilembar *Inline control* untuk acuan produksi selanjutnya. Dari penarikan data bagian pensortiran untuk masalah yang diangkat untuk dievaluasi pihak produksi adalah

1. Barang *hold* karena daya rekat kurang dari 1,5 newton dari bulan Juli 2022 - Desember 2022 mencapai 1,935% dari total *waste* keseluruhan 8,96%.

**Tabel 1.1** - Hasil laporan *waste* proses laminasi bulan Juli – Desember

No.	Bulan	Persentase jumlah <i>Waste</i> bulan Juli 2022 - Desember 2022 (%) Produk <i>Alu Metallized Board</i> berbahan kertas Ivory						Total <i>Waste</i> (%)
		<i>Board Mark</i>	Nglinting	Delaminasi	Tatu	<i>Buble</i>	<i>Scratch</i>	
1	Juli	3,14	2,54	<b>2,98</b>	0,52	0,47	0,25	9,9
2	Agustus	2,87	3,47	<b>1,3</b>	0,45	0,7	0,11	8,9
3	September	4,67	2,43	<b>0,78</b>	0,22	1,21	0,13	9,44
4	Oktober	2,94	2,22	<b>1,34</b>	0,12	0,2	0,17	6,99
5	November	4,12	1,67	<b>3,22</b>	0,21	0,22	0,23	9,67
6	Desember	1,31	4,92	<b>1,99</b>	0,13	0,33	0,19	8,87
<b>Total ( rata - rata )</b>		<b>3,175</b>	<b>2,875</b>	<b>1,935</b>	<b>0,275</b>	<b>0,521</b>	<b>0,18</b>	<b>8,96</b>

2. Data laporan *sampling* QC dalam satu gulungan pengecekan *bonding strength* mempunyai selisih nilai yang cukup banyak yaitu 1.0 newton – 1,85 newton.
3. *Range* acuan resmi *setting* parameter mesin untuk pengerjaan produk *Alu Metallized Board* terlalu banyak, sehingga harus dikerucutkan atau diperkecil *range* nya.
4. Sudah ada beberapa keluhan dari *customer* pada produk *Alu Metallized Board* berbahan kertas Ivory mengenai produk yang dikirim oleh PT. PBM yang tidak stabil pada *bonding strength* saat proses cetak dan *pond*.

Pada penelitian ini penulis akan mencari kombinasi *setting* parameter mesin yang optimal dari proses mesin laminasi untuk produk *Alu Metallized Board* lewat perancangan eksperimen supaya bisa mencapai kualitas maksimal pengukuran *bonding strength* dengan komposisi bahan baku *existing* (*Ivory board*) yang seharusnya *problem* delaminasi atau daya rekat kurang dari 1,5 newton tidak terjadi pada proses laminasi. Untuk itu akan menggunakan sebuah metode teknik perancangan eksperimen guna mendapatkan *setting* parameter mesin terbaik berdasarkan hasil pengukuran.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka diambil perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara untuk mendapatkan konfigurasi *setting* parameter mesin laminasi yang optimal untuk mendapatkan pengukuran *bonding strength* yang maksimal pada produk *Alu Metallized Board* ?
2. Berapa konfigurasi terbaik *setting* parameter Mesin Laminasi Grota ?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup yang berhubungan dengan proses pengujian, dibuat dengan maksud untuk menghindari ketidaksesuaian dari tujuan yang akan dicapai, sehingga penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Proses yang dipakai untuk eksperimen adalah proses Laminasi *water base* Mesin Grota.
2. Produk yang dipakai untuk eksperimen adalah *Alu Metallized Board*.
3. Alat pengukuran nilai *bonding strength* di lab QC PT. PBM.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui atau mendapatkan konfigurasi *setting* parameter mesin laminasi yang paling ideal (optimum) guna mendapatkan nilai kualitas *bonding strength* yang maksimal.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Sebagai upaya pengembangan *setting* parameter mesin saat mengerjakan sebuah produk sehingga bisa dijadikan sebuah instruksi kerja dalam menjalankan mesin produksi.
2. Tercapainya proses produksi yang lebih baik yang selanjutnya akan dipakai sebagai acuan parameter mesin laminasi saat mengerjakan produk *Alu Metallized Board* berbahan kertas Ivory.
3. Dengan kualitas yang meningkat harapannya bisa memberikan kepercayaan terhadap *buyer* sehingga penjualan produk bisa meningkat.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Agar dapat lebih membantu dalam memahami hal-hal yang akan peneliti bahas dalam tugas akhir ini, maka penulis membagi per bab mengenai apa saja yang akan dimuat dalam tugas akhir ini. Sistematika tersebut yaitu :

##### 1.6.1 Bab I Pendahuluan

Pada bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan yang akan diteliti, perumusan masalah yang akan diselesaikan, pembatasan masalah, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan dari penelitian dan sistematika penulisan laporan yang menjabarkan kerangka penulisan dari penelitian ini.

##### 1.6.2 Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

Pada bab ini berisi teori-teori tentang produk *Alu Metallized Board*, alur proses, kualitas, perancangan eksperimen (DoE), dan metode taguchi sebagai tool yang akan digunakan penelitian ini. Pada bab ini memuat tinjauan pustaka terkait penelitian (metode Taguchi) yang sudah dilakukan sebelumnya, sehingga dari teori tersebut dapat dijadikan sebagai dasar acuan dalam menjawab atau menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini.

### **1.6.3 Bab III Metode Penelitian**

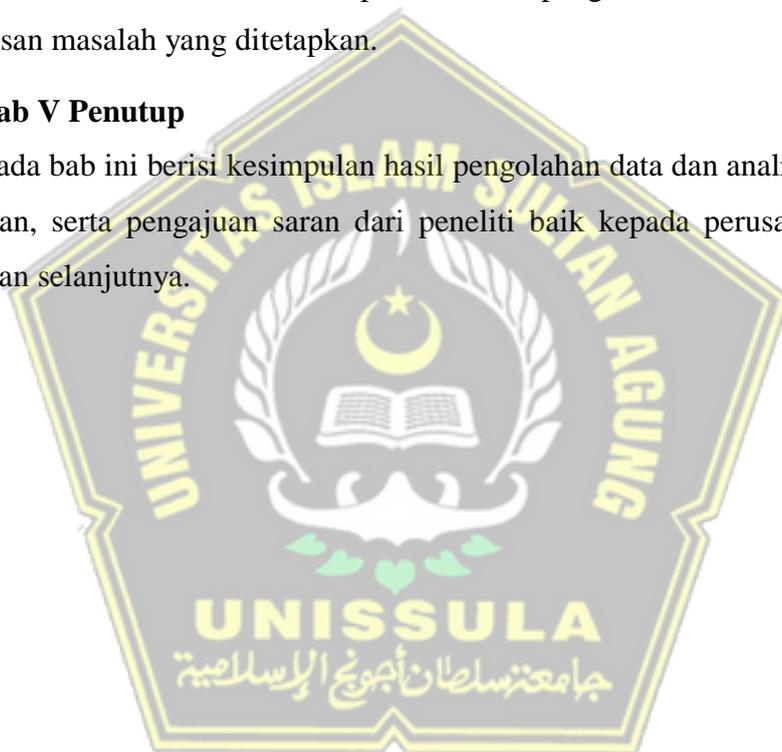
Pada bab ini berisi tentang uraian metode dan tahapan-tahapan terstruktur yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Penelitian diuraikan secara sistematis sehingga mempermudah dalam penyelesaian permasalahan.

### **1.6.4 Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Pada bab ini berisi uraian data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan serta cara pengolahan data yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian serta analisis dan interpretasi hasil pengolahan data sesuai dengan perumusan masalah yang ditetapkan.

### **1.6.5 Bab V Penutup**

Pada bab ini berisi kesimpulan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, serta pengajuan saran dari peneliti baik kepada perusahaan maupun penelitian selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada pembahasan ini, akan dibahas mengenai hasil penelitian perancangan eksperimen atau penelitian eksperimen yang sudah dilakukan menggunakan metode *Taguchi* lewat jurnal – jurnal diantaranya adalah :

2.1.1 Penelitian pertama dilakukan oleh (Yulianti, 2017). Studi kasus di PT. Asia Pacific Fibers, Tbk untuk menentukan Parameter Setting Mesin 5 yang memproduksi Benang Silkra Tipe 81/84 dengan menggunakan metode *Taguchi* untuk mencapai kualitas nilai denier”. Adanya pengembangan produk baru dan proses baru pada pengembangan benang silkra sehingga *setting* parameter mesin harus ditentukan untuk jalannya proses produksi sampai menjadi barang jadi. Ada 3 faktor – faktor terkendali dan tidak terkendali yaitu faktor terkendali *Frequensi Gear Pump*, *Winding Speed* dan *Temperature Downtherm Boiler*, sedangkan faktor tidak terkendali yaitu ekstrimnya suhu ruangan, pemadaman listrik, dan terjadi kerusakan mesin. Hasil kualitas *Denier* diperoleh dari setting parameter mesin, yang harus dilakukan pertama yaitu menentukan faktor dan level yang dibuat menjadi tabel matriks *ortogonal array*. Matrik tersebut akan dipakai untuk melakukan pengujian eksperimen disetiap percobaannya. Tabel matrik *ortogonal array* yang dipakai yaitu L4(23), 3 faktor dan 2 level. Setelah mendapatkan hasil nilai kualitas *denier* dalam percobaan Taguchi maka disimpulkan tingkat rata-rata dan S/N ratio akan mengetahui atau mendapatkan *setting level* optimal yaitu A2 dengan nilai 38.3 Hz pada factor *Frequensi Gear Pump*, B1 dengan nilai 3126 meter/menit pada faktor *Winding Speed*, dan C2 dengan nilai *Temperature* 296 derajat Celcius pada factor *Downtherm Boiler*.

2.1.2 Penelitian kedua dilakukan oleh (Yuliana, 2016). Studi kasus di PT. Ebako Nusantara untuk menganalisis dalam pengendalian kualitas produk Furniture menggunakan metode *SQC* dan *Taguchi*. Tujuan perancangan eksperimen ini adalah untuk menentukan *setting* parameter dan menentukan model pengaturan

yang tepat dalam menganalisis faktor produk cacat untuk mengendalikan kualitas produk *furniture*, kemudian mengidentifikasi apa saja yang mempengaruhi produk cacat, dan melakukan perhitungan uji coba. Metode yang dipakai dalam studi kasus ini dapat diselesaikan melalui analisis kualitas produk cacat adalah metode *SQC (Statistical Quality Control)* dan *Taguchi*. Dimana *SQC* dan *Taguchi* digunakan untuk mengendalikan kualitas produksi dan menyarankan usulan dengan menggunakan *setting* parameter yang di perhitungkan. Dari hasil penelitian, terdapat 5 faktor kriteria meliputi *size fit*, *glue fit*, *surface smooth*, *hole*, dan *color of*. Dari perhitungan faktor-faktor menggunakan diagram *pareto* didapatkan hasil cacat terbanyak adalah *color of* dengan nilai 36,57%, kecacatan *Color Of* karena tidak melewati batas kontrol atas (UCL) dan batas kontrol bawah (LCL) sehingga masih berada pada batas kendali. Berdasarkan hasil diagram sebab akibat (*fishbone diagram*) *Color Of* pada bagian *Finishing*, dibuat kuisioner faktor yang mempunyai nilai 11 – 15 digunakan untuk penentuan level dan *Orthogonal Array (OA)*. Selanjutnya penyebab atau faktor yang paling berpengaruh terhadap produk cacat *furniture* dari hasil eksperimen dan perhitungan uji *Anova* maka *setting* optimal yang dapat diusulkan yaitu faktor A (kecepatan semprot pada mesin *spray*) adalah 900 mm/detik, faktor B (jenis *thinner* yang digunakan) adalah THPU-2712-06, Faktor C (perlakuan proses pewarnaan) adalah dengan tangki ditutup dan Faktor D (pengecekan suhu) adalah suhu 30 derajat Celcius.

2.1.3 Penelitian ketiga dilakukan oleh (Kurniawan, 2010) Studi kasus pada UKM PT. Dua Saudara untuk meningkatkan kualitas produk kerupuk Palembang dengan menggunakan metode *Taguchi*. Tujuan perancangan eksperimen ini adalah untuk meningkatkan kualitas dari produk kerupuk yang dibuat. Permasalahan yang dialami oleh PT. Dua Saudara adalah adanya perbedaan cita rasa dan kemampuan mengembang dari kerupuk tersebut. Itu terjadi karena adanya perbedaan komposisi garam, penyedap rasa, vetsin, ketumbar, lamanya penggukusan, bawang putih dan suhu minyak pada pengorengan kedua. Karakteristik yang digunakan adalah *signal to noise ratio (SNR)* menggunakan *Large the better*, karena semakin besar nilai yang didapat maka akan semakin baik. Sehingga dapat ditentukan kombinasi optimum dari faktor dan level yang berpengaruh terhadap cita rasa dan

kemampuan mengembang dari produk kerupuk. Selanjutnya penyebab atau faktor yang paling berpengaruh dari hasil eksperimen dan perhitungan uji Anova maka komposisi pembuatan kerupuk yang terbaik (cita rasa dan kemampuan mengembang) dapat diusulkan yaitu suhu minyak pada pengorengan kedua adalah  $170^{\circ}\text{C}$ , jumlah garam sebanyak 73 gram, jumlah penyedap rasa sebanyak 5 gram, jumlah vetsin sebanyak 5 gram, jumlah ketumbar sebanyak 6 gram, jumlah bawang putih sebanyak 20 gram dan lamanya pengukusan adalah 19 menit. Sehingga setelah dilakukannya eksperimen jumlah konsumen yang menyukai kerupuk Palembang naik sebesar 67% dari sebelumnya 37%.

2.1.4 Penelitian keempat dilakukan oleh (Sidi & Wahyudi, 2013), Penelitian eksperimen ini untuk mengetahui optimasi kebulatan pada proses bubut CNC menggunakan metode *Taguchi*. Eksperimen itu dilakukan pada mesin bubut CNC dan bahan yang digunakan untuk percobaan adalah baja St.60 dengan ukuran panjang 100 mm dan diameter 25,4 mm. Perancangan ini dilakukan dengan mempertimbangkan parameter pemotongan yaitu kecepatan potong (*Cutting Speed*), laju pemakanan (*Feeding*) dan kedalaman potong (*Depth of Cut*). Ketiga parameter tersebut dijadikan sebagai jumlah level factor. Menggunakan *Matrik Orthogonal* jumlah level 3 yaitu  $L_9(3^4)$ ,  $L_{27}(3^{13})$ ,  $L_{81}(3^{40})$ . Dari hasil perancangan eksperimen untuk mengetahui tingkat kebulatan maksimum yang dihasilkan mesin CNC menggunakan perhitungan S/N rasio dan analisis varian, dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling signifikan untuk parameter *setting* pada proses membubut material berbahan St.60 adalah kecepatan potong 60 m/min, gerak pemakanan 0.2 mm/rev, kedalaman pemakanan 0.125 mm.

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka

No.	Judul Penelitian	Sumber	Nama Peneliti	Permasalahan	Metode	Hasil penelitian
1	“Perancangan eksperimen untuk meningkatkan kualitas produk kerupuk Palembang dengan metode <i>Taguchi</i> ”	Skripsi Studi kasus UKM Dua Saudara Tahun 2010 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif kasi Riau Pekanbaru	Indra Kurniawan (10252020463)	PT. Dua saudara ingin meningkatkan kualitas krupuk berdasar keluhan dari <i>customer</i> . Ada 34 keluhan yaitu menggembang 22 kali, renyah 18 kali, goreng 7 kali, daya serap minyak 6 kali, ketahanan 5 kali, ketebalan 5 kali	Perancangan Eksperimen <i>Taguchi</i>	Kesimpulan komposisi resep terbaik dalam pembuatan krupuk Palembang dalam segi rasa dan tingkat menggembang 1. Suhu minyak = 170°C, 2. Garam = 73 gr, 3 penyedap rasa = 5 g 4. Vetsin = 5 gr 5. Ketumbar = 6 gr 6 Bawang putih = 20 gr 7. Lama pengukusan = 15 mnt

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

2	<p>“Aplikasi metode <i>Taguchi</i> untuk mengetahui optimasi kebulatan proses bubut CNC”</p>	<p>Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 4, No.2 Tahun 2013:101-108  ISSN 0216-468X  Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya</p>	<p>Pranowo Sidi, Muhammad Thoriq Wahyudi</p>	<p>Mengetahui nilai optimum pada proses pemesianan ( CNC ) terhadap tingkat kebulatan benda kerja pada material St. 60 menggunakan dial indicator berdasarkan CS, Feeding, dan DOC</p>	<p>Perancangan Eksperimen <i>Taguchi</i></p>	<p>Didapatkan sebuah kesimpulan parameter mesin yang ideal setelah dilakukan pengujian eksperimen saat <i>setting</i> mesin CNC pada materia st.60 <i>Cutting speed</i> 60 m/mnt <i>Feeding</i> 0,2 mm/rev <i>Depth of Cut</i> 0,125 mm</p>
---	--	--	--	--	--	---

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

3	<p>“Penentuan parameter settingmesin 5 pada produksi benang silkra tipe 81/84 menggunakan metode <i>Taguchi</i> untuk mencapai nilai kualitas diinginkan”</p>	<p>Skripsi Studi kasus di PT. Asia Pasific Fiber, Tbk SNaTIPs-2018 Universitas Islam Sultan Agung Semarang</p>	<p>Astin Yuliyanti (31601300735) Brav Deva Bernadhi</p>	<p>Adanya pengembangan produk dan proses baru pada pengembangan benang silkra sehingga <i>setting</i> parameter mesin harus ditentukan untuk jalannya proses produksi sampai menjadi barang jadi pada PT. Asia Pasific Fiber, Tbk</p>	<p>Perancangan Eksperimen <i>Taguchi</i></p>	<p>Didapatkan sebuah kesimpulan <i>setting</i> parameter mesin produksi pembuat benang silkra yang sesuai dengan standar yang diinginkan. <i>Setting Level optimum</i> adalah A2: nilai 38,3 Hz B1: nilai 3126 m/mnt C2: nilai 297° C</p>
---	---	--	---	---	--	---

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

4	<p>“Analisis pengendalian kualitas produk <i>furniture</i> menggunakan metode <i>statistical Quality Control</i> ( <i>SQC</i> ) dan <i>Taguchi</i> pada PT. Ebako Nusantara”</p>	<p>Skripsi Studi kasus di PT. Ebako Nusantara SNaTIPs-2018 Universitas Islam Sultan Agung Semarang</p>	<p>Eka Yuliana (31601601271)</p>	<p>Dengan permasalahan yang dialami oleh perusahaan yaitu sulit dalam menentukan <i>setting</i> parameter dan menentukan model pengaturan yang tepat dalam menganalisis faktor produk cacat untuk mengendalikan kualitas produknya,</p>	<p>Statistical Quality Control ( <i>SQC</i> ) dan <i>Taguchi</i></p>	<p>Jenis kecacatan yang paling dominan pada produk <i>furniture</i> jenis Meja adalah cacat <i>Color Of</i> sebesar 36,57% . jumlah rata-rata produk cacat mengalami penurunan setelah dilakukan eksperimen <i>Taguchi</i> dan eksperimen konfirmasi</p>
---	--	--	----------------------------------	---	--	--

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

5	“Optimasi kualitas <i>hallow block</i> dengan metode <i>Taguchi</i> ”	Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster) Vol. 6, No.01 Tahun 2017, hal 61- 68 FMIPA Untan Pontianak	Suwarno, Naomi Nesyana Debataraja, Setyo Wiria Rizky	Kualitas <i>hallow block</i> yang rendah karena permukaan produk yang kasar dan terdapat bagian yang tidak rata. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas kuat tekan <i>hallow block</i> dan komposisi bahan terbaik	Perancangan eksperimen  Metode <i>Taguchi</i>	Faktor pengaruh pada kuat tekan <i>hallow block</i> adalah berat pasir, berat semen, interaksi berat semen-pasir, volume air, dan lama pengguncangan. Pada eksperimen <i>Taguchi</i> hasil pengujian kuat tekan <i>hallow block</i> diperoleh rata-rata sebesar $20,00 \pm 0,21$ kg/cm <sup>2</sup> . Nilai tersebut sudah memenuhi kualitas yang ditetapkan SNI 03-0349-1989 yaitu minimal 17 kg/cm <sup>2</sup>
---	---	--	---	--	---	---

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

6	<p>“Penerapan aplikasi Metode <i>Taguchi</i> untuk analisis pengendalian kualitas produksi Crude sawit”</p>	<p>Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Vol. 5, No.01 Tahun 2016, hal 47-59 Fakultas Teknik Universitas Medan Area</p>	<p>Hanizal, Sutrisno, Andre Hasudungan Lubis, Solly Aryza</p>	<p>PT. Perkebunan Nusantara II PKS Pagar Merbau masih menghasilkan produk yang bervariasi dan sering tidak memenuhi standar mutu perusahaan. Penelitian untuk menentukan kombinasi terbaik untuk membuat CPO</p>	<p>Perancangan eksperimen  Metode <i>Taguchi</i></p>	<p>Dengan metode <i>Taguchi</i> dalam upaya peningkatan kualitas, dapat disimpulkan bahwa kombinasi pengaturan <i>level</i> optimal adalah pada kadar FFA: faktor tekanan didih 2,8 kg/cm<sup>2</sup>, faktor suhu unit klarifikasi pada level 1, 85°C dan faktor suhu didih pada <i>level</i> 2, 135 oC</p>
---	---	---	---	--	--	--

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

7	<p>“Penerapan Metode <i>Taguchi</i> untuk memperbaiki ketidakrataan benang 100% kapas di mesin <i>Ring Spinning</i>”</p>	<p>Jurnal keilmuan dan Aplikasi Teknik UNISTEK Vol. 5, No. 2, Tahun 2018 Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang</p>	<p>Giyanto, Indarto Harsadi, Berli Aditya</p>	<p>Ketidakrataan benang akan mudah putus pada tempat tempat yang tipis sehingga akan mempengaruhi efisiensi produksi dan hasil visual kain yang kurang bagus. Untuk itu diadakan penelitian terhadap penurunan ketidakrataan benang</p>	<p>Perancangan eksperimen Metode <i>Taguchi</i></p>	<p>Kesimpulan <i>setting</i> optimal untuk menurunkan nilai ketidakrataan benang adalah:  1. Beban <i>front top roller</i> 10 kg  2. Diameter <i>front top roller</i> 28,5  3. <i>Roller gauge</i> 44 x 62 mm  4. <i>Tensor gauge</i> 6,4 mm  Dengan <i>setting</i> optimal nilai ketidakrataan benang turun menjadi 3,95% dari eksperimen memakai <i>setting</i> awal.</p>
---	--	---	---	---	---	---

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

8	<p>“Meningkatkan mutu produk plastik dengan Metode <i>Taguchi</i>”</p>	<p>Jurnal Teknik Industri Vol. 13, No. 01 Tahun 2012, Hal 93-100 Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang</p>	<p>Moh. Hartono</p>	<p>Kurangnya kualitas mutu produk plastik, sehingga melakukan eksperimen <i>Taguchi</i> yang mengkombinasikan komposisi material bijih plastik murni dan plastik (PP) daur ulang dengan tekanan dan temperatur agar menghasilkan kekuatan tarik plastik yang lebih baik</p>	<p>Perancangan eksperimen Metode <i>Taguchi</i></p>	<p>Dari eksperimen <i>Taguchi</i>, diperoleh komposisi mutu terbaik adalah terdiri dari bijih plastik murni 70% dan plastik daur ulang 30% dari volume produk. Dari hasil Uji tarik kombinasi material 30% daur ulang, <i>temperature</i> 180 °C dan tekanan 6,5 atm menghasilkan kekuatan tarik rata-rata nilai rasio sebesar 59, 9255</p>
---	--	--	-------------------------	---	---	---

Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

9	<p>“Metode <i>Taguchi</i> – PCR Topsis untuk optimasi energi dan kecepatan grafir mesin laser”</p>	<p>Politeknosains Vol. 18, No. 1 Maret 2019 ISSN 1829-6181 Program studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta</p>	<p>Adi Nugroho, Adhi Setya Hutama</p>	<p>Menggunakan metode <i>Taguchi</i> untuk optimasi titik fokus laser, tekanan gas, dan kecepatan potong untuk meminimalkan kekasaran dan laju pemotongan pada material SUS 316L, dilakukan uji optimasi untuk menentukan parameter yang sesuai untuk mendapatkan kekasaran grafir yang dibutuhkan</p>	<p>Perancangan eksperimen  Metode <i>Taguchi</i></p>	<p>Metode <i>Taguchi</i> dengan PCR-TOPSIS dapat untuk mengetahui kombinasi parameter mesin laser engraving untuk mendapatkan kekasaran permukaan, waktu proses dan konsumsi energi yang minimal. Optimasi parameter kecepatan grafir adalah 200 mm/s, energi yang dikeluarkan 10% dan jarak <i>nozzle</i> terhadap permukaan benda 10 mm</p>
---	--	--	---------------------------------------	--	--	---

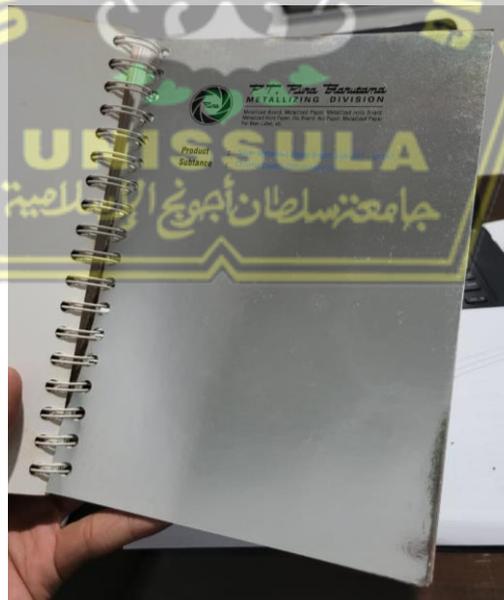
Tabel 2.1 - Tinjauan Pustaka ( lanjutan )

10	<p>“Penentuan setting optimum pada proses Heat Treatment untuk meningkatkan kulaitas kekerasan baja dengan metode <i>Taguchi</i>” Tahun 2019, hal 90-98</p>	<p>Jurnal ilmiah Teknik Industri Vol. 7, No. 02, Jurusan teknik industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon</p>	<p>Maria Ulfah, Putro Ferro Ferdinant, Riska Apriliani</p>	<p>Adanya upaya untuk meningkatkan kualitas baja dengan meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus dari komponen. Upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan proses heat treatment, tujuannya untuk mendapatkan struktur yang keras</p>	<p>Perancangan eksperimen Metode <i>Taguchi</i></p>	<p>Setting level faktor optimum proses <i>heat treatment</i> untuk meningkatkan kualitas kekerasan baja yaitu dengan menggunakan <i>holding time</i> 30 menit, temperatur 900° C, dan media pendingin dengan air. Faktor yang paling berkontribusi terhadap kualitas baja yaitu faktor temperatur sebesar 30,53%</p>
----	---	---	--	--	---	--

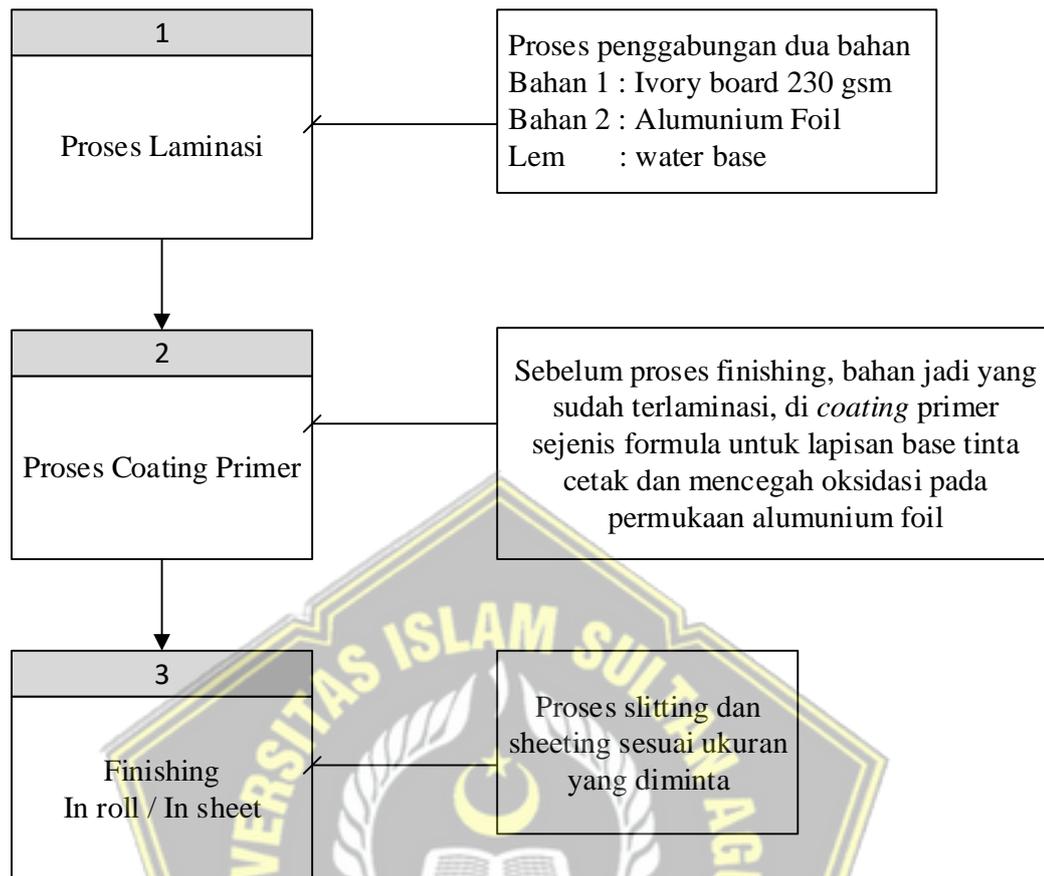
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Alu Metallized Board

*Alu Metallized Board* merupakan produk dengan bahan utama kertas yang dilapisi oleh metal yang berbahan utama aluminium lewat proses metallizing dan laminasi (Pura, 2021). Produk tersebut terbagi atas 2 jenis yaitu yang pertama *TMP (transfer metallizing paper)* yang mempunyai *gramature* kertas kurang dari 150 *gsm*, yang kedua *TMB (transfer metallizing Board)* yang mempunyai *gramature* kertas lebih dari 150 *gsm*. *Metallized Paper & Board* PT. PBM tidak hanya menanamkan efek aluminium pada kertas atau *paper board* tetapi juga menampilkan tampilan halus dan super cerah (*glossy*) yang tidak dapat ditemukan pada proses lainnya. Efek *glossy* ini menyampaikan kualitas dan nilai tinggi, memungkinkan produk menonjol dibandingkan pesaingnya. *Metallized Paper and Board* PT. Pura dapat diembos untuk menciptakan tekstur yang unik, dipotong lembaran, dilaminasi atau dilapisi dengan perekat untuk memenuhi setiap kebutuhan. Produk ini dirancang ramah lingkungan dengan menggunakan teknologi *transfer metallized* yang mudah didaur ulang (Pura, 2021).



**Gambar 2.1** - Contoh produk *Alu Metallized Board*



Gambar 2.2 - Alur proses produksi Alu Metallized Board

### 2.2.2 Proses Laminasi

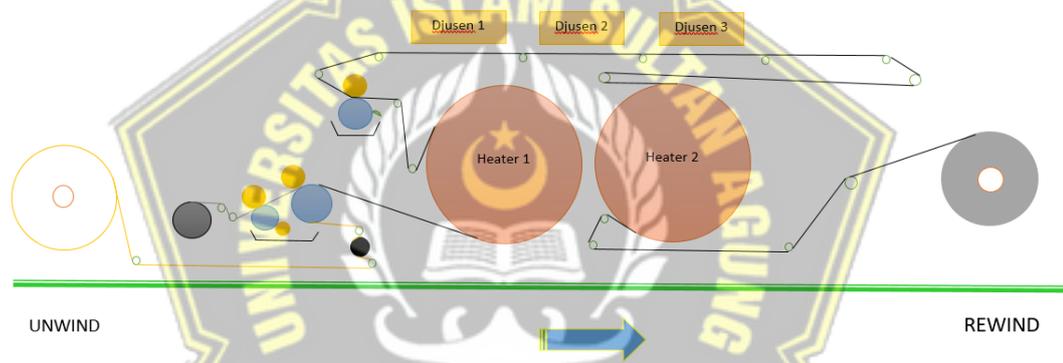
Proses laminasi adalah proses dimana dua atau lebih kemasan fleksibel digabungkan bersama menggunakan bahan pengikat. *Substrat* yang menyusun jaring dapat terdiri dari *film*, kertas, atau aluminium foil (Bobst, 2019). Dalam dunia percetakan *packaging*, proses laminasi sangat penting karena dalam proses laminasi tempat menggabungkan struktur komposisi suatu kemasan itu sendiri. Jenis material-material yang akan diproses laminasi tergantung produk didalamnya yang sebelumnya sudah melalui pengujian dan *trial* oleh R&D.

Dalam proses laminasi kemasan terdiri 3 jenis (Bobst, 2019), yaitu

- Laminasi kering (*Dry Lamination*) : Proses dimana waktu penggabungan antara dua bahan terjadi ketika perekat dalam posisi setengah kering atau sudah melewati proses *driying* sebelum titik temu kedua bahan, biasanya perekat menggunakan dasar *solvent base*.

- b. Laminasi basah ( *Wet lamination* ) : Proses dimana waktu penggabungan antara dua bahan terjadi ketika perekat dalam posisi basah atau belum melewati proses *drying*. Proses *drying* dilakukan ketika sudah terlaminasi menjadi satu, biasanya perekat menggunakan dasar *Water base*.
- c. Laminasi lilin ( *Extrusion lamination* ) : Proses dimana waktu penggabungan antara dua bahan menggunakan lelehan resin ( bijih plastik ) yang dipanaskan melalui proses *extruder* ( *die* ). Proses perekatan hanya mengandalkan panas dari lelehan bijih plastik tersebut, biasanya menggunakan resin berjenis LDPE, LLDPE, PP, Surlyn, dll.

Mesin laminasi yang akan dipakai merupakan jenis mesin laminasi tipe *water base* yang mempunyai nama Mesin Grotta.



Gambar 2.3 – Jalur bahan proses Laminasi



Gambar 2.4 – Mesin Grotta laminasi *water base*

### 2.2.3. Kualitas

Suatu produk dikatakan bermutu bagi seseorang kalau produk tersebut dapat memenuhi kebutuhannya. Dengan kata lain yang dimaksud dengan kualitas adalah kesesuaian produk terhadap spesifikasi yang diharapkan oleh konsumen sebagai pemakai produk, sehingga konsumen merasakan kepuasan dari produk yang dipakainya. Kualitas produk biasanya diukur berdasarkan karakteristiknya (Putro, 2014). Hal tersebut disebabkan karakteristik produk merupakan gambaran mengenai keinginan dan harapan dari konsumen terhadap produk tersebut. Kualitas suatu produk sangat berhubungan erat dengan kerugian yang harus ditanggung oleh konsumen sebagai pemakai, disebabkan oleh siklus pemakaian dan daya "hidup" produk yang menyebabkan kualitas produk tersebut mengalami penurunan seiring dengan waktu. Produk yang mempunyai kualitas tinggi akan meminimalkan kerugian, dalam arti kerugian yang ditanggung oleh konsumen tetap ada tetapi sedikit. Lain halnya jika produk tersebut mempunyai kualitas yang rendah, sudah pasti kerugian yang ditanggung oleh konsumen sangatlah besar. Dan hal tersebut akan dapat mempengaruhi kepercayaan konsumen terhadap produk tersebut.

Karakteristik kualitas yang terukur menurut *Taguchi* dapat dibagi menjadi 3 kategori (Robert, 1990).

#### a. *Nominal is the best*

Karakteristik kualitas yang menuju suatu nilai target yang tepat pada suatu nilai tertentu. Yang termasuk kategori ini adalah berat, panjang, lebar, kerapatan, ketebalan, diameter, luas, kecepatan, volume, jarak, tekanan, waktu.

#### b. *Smaller the better*

Pencapaian karakteristik dimana apabila semakin kecil (mendekati nol, nol adalah nilai ideal dalam hal ini) semakin baik. Contoh yang termasuk kategori ini adalah: Pemborosan, panas, persen, kontaminasi, hambatan, penyimpangan, kebisingan, produk, gagal, waktu proses, waktu respon, kerusakan.

#### c. *Larger the better*

Pencapaian karakteristik kualitas semakin besar semakin baik (tak terhingga sebagai nilai idealnya). Contoh dari karakteristik ini adalah : kekuatan, kekuatan tarik, efisiensi, kerusakan, ketahanan terhadap korosi.

### 2.2.4. Design of Experiment ( DoE )

*Design of Experiments (DoE)* merupakan salah satu teknik dalam

perencanaan dan perancangan eksperimen yang digunakan untuk meningkatkan kualitas sistem, proses, atau produk (Muttaqin, 2019). Konsep DOE diperkenalkan pertama kali oleh Sir Ronald A. Fisher pada tahun 1930 dan pada tahun-tahun setelahnya berkembanglah metode/teknik eksperimen yang baru. Seperti misalnya orthogonal array atau robust design yang diperkenalkan oleh Taguchi pada tahun 1960. DoE ada karena manusia membutuhkan suatu *tool* untuk perancangan eksperimen yang valid, tidak bias, hasil dapat dipertanggungjawabkan, dan bisa efisien penggunaan sumber daya. DoE digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara output (variabel respon) dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Di dalam DoE terdapat dua jenis variabel utama, yaitu variabel independen (faktor) dan variabel dependen (respon). Variabel independen (faktor) dibagi menjadi dua, yaitu faktor terkontrol (faktor yang dapat dikendalikan) dan faktor tidak terkontrol (noise factor). Tujuan dari perancangan eksperimen adalah untuk mendapatkan informasi tentang kinerja suatu sistem atau proses, maka kita dapat menentukan dan melakukan rekayasa peningkatan proses atau sistem tersebut secara berkelanjutan. Di dalam proses perancangan eksperimen, terdapat kombinasi antara mesin/peralatan, metode, manusia, dan sumber daya lain yang mentransformasi beberapa variabel input menjadi satu atau lebih variabel output (respon). Secara umum, terdapat enam langkah utama dalam melakukan prosedur DoE Langkah pertama adalah menyusun tujuan eksperimen, langkah kedua adalah menentukan variabel - variabel yang terkait, langkah ketiga adalah menentukan desain eksperimen, langkah keempat adalah melakukan eksperimen (pengambilan data), langkah kelima adalah melihat/mengecek apakah data yang diambil sudah konsisten dengan asumsi-asumsi eksperimen, langkah keenam atau yang terakhir adalah menganalisis dan menginterpretasikan hasil eksperimen. Tool dalam perancangan eksperimen ada beberapa yang bisa diterapkan, antara lain adalah faktorial design dan metode Taguchi. Rancangan faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas dua faktor atau lebih. Eksperimen faktorial merupakan eksperimen yang menggunakan lebih dari satu perlakuan atau lebih dari satu variabel/ bebas dan minimal menggunakan 2 faktor. Desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antar level faktor. Pada tiap kombinasi faktor, jumlah

replikasi yang dilakukan sebanyak  $n$ . Dalam desain faktorial, jumlah level di tiap level faktor dan atau jumlah replikasi yang dilakukan mungkin tidak sama. Desain faktorial seperti ini sering disebut unbalanced desain faktorial (Sadikin, 2017). Dalam perancangan eksperimen ini penulis akan menggunakan metode perancangan Taguchi dimana metode ini bisa sebagai *tool* untuk menentukan optimasi *setting* mesin yang paling maksimal sebagai bentuk *Offline Quality Control*. Metode Taguchi dipilih karena bisa hemat biaya dan waktu dalam pelaksanaan eksperimen karena ada faktor variable yang bisa pisahkan sebagai bentuk *noise*. Melihat perancangan yang akan dilakukan di tempat produksi mesin laminasi dimana ada beberapa parameter variable yang tidak terukur contoh suhu lingkungan, kualitas lem, dan kondisi bahan baku yang akan digunakan eksperimen.

### 2.2.5 Metode Taguchi / Robust Design

Metode *Taguchi* pertama kali dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Dr. Genichi Taguchi memiliki latar belakang engineering, juga mendalami statistika dan matematika tingkat lanjut, sehingga ia dapat menggabungkan antara teknik statistik dan pengetahuan engineering. Ia mengembangkan *metode Taguchi* untuk melakukan perbaikan kualitas dengan metode percobaan ‘baru’, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Metode Taguchi merupakan suatu sistem dalam rekayasa kualitas yang mempertimbangkan penghematan biaya eksperimen dengan menerapkan konsep-konsep rekayasa dan statistik. *Metode Taguchi* termasuk salah satu metode dalam *offline quality control* untuk mendesain proses dan produk. Penggunaan *metode Taguchi* sangat membantu informasi statistik tentang kualitas suatu produk dengan menjalankan sejumlah eksperimen yang bertujuan untuk membuat desain proses dan produk dalam membuat suatu produk. Penerapan kegiatan pengendalian kualitas dengan menggunakan *offline quality control* pada perusahaan manufaktur dilakukan untuk membuat suatu desain produk dan proses agar dapat mengurangi kemungkinan timbulnya variansi pada produk akibat adanya gangguan dari faktor-faktor yang tidak terkendali. Kegiatan *offline quality control* akan berusaha untuk meminimalkan penyimpangan

produk dari karakteristik kualitas yang telah ditetapkan sehingga ketika sampai pada konsumen produk akan benar-benar layak untuk digunakan karena sesuai dengan spesifikasi. Tujuan ini akan dapat tercapai jika perusahaan mampu mengidentifikasi adanya faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menyesuaikan faktor-faktor tersebut pada tingkat atau *level* yang sesuai (Belavendram, 1995) dalam (Yulianti, 2017).

*Taguchi* menghasilkan disiplin dan struktur dari desain eksperimen. Hasilnya adalah standarisasi metodologi *design* yang mudah diterapkan oleh *investigator*. Adapun konsep *Taguchi* adalah (Belavendram, 1995) :

- a. Kualitas seharusnya didisain ke dalam suatu produk dan bukan diinspeksi ke dalamnya.
- b. Kualitas dapat diraih dengan baik dengan cara meminimasi deviasi target. Produk tersebut harus dirancang sedemikian rupa hingga dapat mengantisipasi faktor lingkungan yang tak terkontrol.
- c. Biaya dari kualitas seharusnya diperhitungkan sebagai fungsi deviasi dari standar yang ada dan kerugiannya harus diperhitungkan juga kedalam sistem

Kelebihan dari penggunaan *metode Taguchi* adalah :

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

Kekurangan dari penggunaan *metode Taguchi* adalah apabila percobaan ini dilakukan dengan banyak faktor dan interaksi, akan terjadi pembauran beberapa interaksi oleh faktor utama. Akibatnya, keakuratan hasil percobaan akan berkurang, jika interaksi yang diabaikan tersebut memang benar-benar berpengaruh terhadap karakteristik yang diamati (Karuniawan et al., 2022).

Menurut (Robert, 1990), filosofi *Taguchi* dapat dirangkum menjadi 7 elemen dasar (*seven point Taguchi*) :

1. Dimensi penting dari kualitas produk yang diproduksi adalah total kerugian yang diteruskan oleh produk tersebut ke konsumen.
2. Dalam era ekonomi yang penuh persaingan, perbaikan kualitas secara terus menerus dan pengurangan biaya adalah penting untuk dapat bertahan dalam bisnis.
3. Perbaikan yang terus menerus meliputi pengurangan variasi dari karakteristik produk dari nilai target mereka.
4. Kerugian yang diderita konsumen akibat produk yang bervariasi seringkali mendekati proporsi deviasi kuadrat dari karakteristik dari nilai targetnya.
5. Kualitas akhir dan biaya proses produksi ditentukan oleh perluasan yang besar dari *desain engineering* dari produk dan proses produksinya.
6. Variasi dari produk atau proses dapat dikurangi dengan mengeksplorasi efek *nonlinear* dari parameter produk atau proses pada karakteristik.
7. Desain eksperimen statistik dapat digunakan untuk mengidentifikasi setting parameter dari produk atau proses yang akhirnya dapat mengurangi variasi.

Karakteristik kualitas menurut *Taguchi* Setiap produk didesain untuk menghasilkan fungsi tertentu. Beberapa karakteristik pengukuran, biasanya menunjukkan karakteristik kualitas, digunakan untuk mengekspresikan sejauh mana sebuah produk menjalankan fungsinya. Di dalam banyak kasus, karakteristik kualitas biasanya merupakan kuantitas pengukuran tunggal seperti berat, panjang, jam. Beberapa pengukuran subjektif produk seperti “baik”, “buruk”, dan “rendah” juga kerap kali digunakan. Karakteristik kualitas adalah hasil suatu proses yang berkaitan dengan kualitas.

Tahap-tahap dalam desain produk menurut *Taguchi* terdapat 3 tahap untuk mengoptimalkan desain produk atau produksi yaitu :

a. *System Design*

Merupakan tahap pertama dalam desain dan merupakan tahap konseptual pada pembuatan produk baru atau inovasi proses. Konsep mungkin berasal dari percobaan sebelumnya, pengetahuan alam / teknik, perubahan baru atau

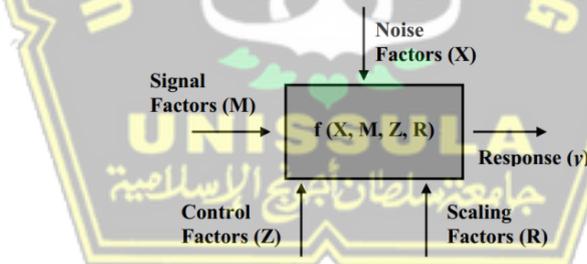
kombinasinya. Tahap ini adalah untuk memperoleh ide-ide baru dan mewujudkannya dalam produk baru atau inovasi proses.

b. *Tolerance Design*

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

c. *Parameter Design*

Tahap ini merupakan pembuatan secara fisik atau prototype matematis berdasarkan tahap sebelumnya melalui percobaan secara statistik. Tujuannya adalah mengidentifikasi setting parameter yang akan memberikan performansi rata-rata pada target dan menentukan pengaruh dari faktor gangguan pada variasi dari target. Faktor-faktor parameter diklasifikasikan menjadi berikut : Faktor *noise* (parameter yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya yang tidak terkendali/sulit diprediksi). Faktor terkendali ( parameter yang nilainya ditentukan yang dianggap mempengaruhi kualitas). Faktor signal (faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang akan diukur dan nilainya konstan). Faktor skala ( faktor penyesuaian dimana bisa mengubah rata-rata level untuk mencapai hubungan fungsional antara faktor signal).



Gambar 2.5 – Faktor – faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas

### 2.2.6 *Orthogonal Array*

*Orthogonal array* adalah suatu matrik yang elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan faktor kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen sedangkan baris merupakan keadaan dari faktor. Jadi *orthogonal array* adalah matrik seimbang dari faktor dan *level*, sedemikian sehingga pengaruh suatu faktor atau *level* *counfounded* dengan pengaruh faktor atau *level* yang lain. Melakukan eksperimen dengan menggunakan *orthogonal array* bertujuan agar dapat dilakukan pengujian terhadap pengaruh beberapa parameter secara efisien

dan merupakan teknik penting dalam perancangan eksperimen. Dalam metode *Taguchi* matrik *Orthogonal array* untuk menentukan jumlah minimal percobaan yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter, sehingga bagian terpentingnya adalah pada pemilihan kombinasi level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen. Notasi  $L_8(2^7)$  diartikan sebagai *orthogonal array* yang mempunyai 7 faktor dengan 2 level dan eksperimen dilakukan 8 kali percobaan. Berikut adalah gambar 2.5 penulisan dan lambang uraian notasi *orthogonal Array*.



**Gambar 2.6** – Notasi *Orthogonal Array*

1. Notasi L ( latin square ) merupakan penyusunan *square* matriks dengan pemisahan faktor-faktor yang berpengaruh, sehingga notasi L menggambarkan informasi *orthogonal array*.
2. Notasi 8 (jumlah baris ) merupakan jumlah eksperimen atau percobaan yang dibutuhkan pada saat menggunakan *orthogonal array*.
3. Notasi 2 ( jumlah level) merupakan jumlah level dari faktor faktor yang digunakan dalam eksperimen.
4. Notasi pangkat 7 (jumlah kolom) merupakan jumlah faktor yang dapat dipelajari dalam *orthogonal array* yang dipilih.

**Tabel 2.2** - Bentuk standar *orthogonal array* dari Taguchi

Campuran	2 level	3 level	4 level	5 level
$L_{18}(2^1 \times 3^7)$	$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^8)$
$L_{32}(2^1 \times 4^9)$	$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^1)$	$L_{64}(4^2)$	-
$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$	$L_{12}(2^1)$	$L_{81}(3^4)$	-	-
$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$	$L_{16}(2^1)$	-	-	-
$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$	$L_{32}(2^3)$	-	-	-

**Tabel 2.3** – *Orthogonal Array*  $L_4(2^2)$

Percobaan	Faktor	
	A	B
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2

Menyatakan *orthogonal array* tersebut terdapat empat kali percobaan eksperimen yang terdiri dari dua faktor dengan jumlah level masing-masing dua.

**Tabel 2.4** – *Orthogonal Array L9 (3<sup>4</sup>)*

Percobaan	Faktor			
	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

Menyatakan *orthogonal array* tersebut terdapat sembilan kali percobaan eksperimen yang terdiri dari empat faktor dengan jumlah level masing-masing tiga.

**Tabel 2.5** – *Orthogonal Array L8 (2<sup>7</sup>)*

Percobaan	Faktor						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1

**Tabel 2.5 – Orthogonal Array L8 (2<sup>7</sup>) (lanjutan)**

5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Menyatakan *orthogonal array* tersebut terdapat delapan kali percobaan eksperimen yang terdiri dari tujuh faktor dengan jumlah level masing-masing dua.

### 2.2.7 Signal to Noise Rasio ( S/N Ratio )

*Signal to Noise Rasio ( S/N Ratio )* adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik yang digunakan untuk mengevaluasi suatu mutu produk, semakin tinggi nilai kerja yang diukur dengan tingginya *Signal to Noise Rasio ( S/N Ratio )* maka sama dengan kerugian yang mengecil. Maksimasi ukuran performansi ini ditunjukkan dengan tingginya nilai *signal* dan rendahnya *noise*, oleh karena itu karakteristik kualitas perlu dikelompokkan dahulu agar diperoleh konsistensi dalam mengambil keputusan terhadap hasil eksperimen yang akan dijalankan. Dalam perancangan kualitas *Taguchi* merekomendasikan karakteristik dari *signal to noise ratio* sebagai berikut :

#### 1. *Smaller the better*

Memiliki karakteristik kualitas yang konstan dan tidak negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai dimana nilai *defect* yang diinginkan adalah 0 ( nilai semakin kecil semakin baik ). Sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$SN_{STB} = - 10 \text{ Log } \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (2.1)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah pengulangan eksperimen

$y_i$  = Data pengamatan ke-  $i$  (  $i = 1,2,3,4,5, \dots, n$  )

#### 2. *Larger the better*

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinu dan tidak negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai dimana nilai target yang diinginkan adalah 0 ( nilai semakin besar semakin baik ). Sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$SN_{LTB} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2.2)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah pengulangan eksperimen

$y_i$  = Data pengamatan ke-  $i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$ )

### 3. *Nominal the best*

Memiliki karakteristik kualitas yang kontinyu dan tidak negatif yang mempunyai nilai dari 0 sampai dimana nilai target yang diinginkan adalah 0. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan, jadi nilai yang mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$SN_{NTB} = 10 \log_{10} \left[ \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (2.3)$$

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

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

Dimana :

$n$  = Jumlah pengulangan eksperimen

$y_i$  = Data pengamatan ke-  $i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$ )

$\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = standar deviasi

### 4. *Signed Target*

Memiliki karakteristik kualitas yang dapat digunakan, baik bernilai positif maupun negatif meskipun target nilai dari karakteristik kualitasnya adalah 0. Sehingga dapat dihitung dengan rumus :

$$SN_{ST} = -10 \log_{10} \sigma^2 \quad (2.4)$$

### 5. *Fraction Defection*

Memiliki karakteristik kualitas yang sebanding dan dinyatakan dalam nilai

pecahan anatar 0 sampai 1. Sehingga dapat dihitung dengan rumus:

$$SNFD = -10 \log_{10} \left( \frac{1}{p} - 1 \right) \quad (2.5)$$

Dimana :

$p$  = nilai kecacatan produk dalam pecahan

### 2.2.8 *Annova* ( Analisis Variasi )

*Annova* adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup atau kelompok (jenis perlakuan). *Annova* ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ahli statistik bernama Ronald Fisher. Anova merupakan singkatan dari *Analysis of variance*. Kelebihan dari *Annova* adalah dapat menguji perbedaan lebih dari dua kelompok. Berbeda dengan *independent sample test* yang hanya bisa menguji perbedaan rerata dari dua kelompok saja (Raharjo, 2012).

*Annova* digunakan sebagai alat analisis untuk menguji hipotesis penelitian yang mana menilai adakah perbedaan rerata antara kelompok. Hasil akhir dari analisis *Annova* adalah nilai *F test* atau *F* hitung. Nilai *F* hitung ini yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai pada tabel *F*. Jika nilai *f* hitung lebih dari *F* tabel, maka dapat disimpulkan bahwa menerima  $H_1$  dan menolak  $H_0$ . Analisis *Annova* sering digunakan pada penelitian eksperimen dimana terdapat beberapa perlakuan.

### 2.2.9 Eksperimen Konfirmasi

Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh selama tahap analisa. Hal ini perlu dilakukan bila digunakan percobaan pemeriksaan dengan resolusi rendah dan berbentuk faktorial fraksional. Eksperimen konfirmasi juga bertujuan untuk melakukan pengujian kombinasi faktor dan level. Setelah diketahui faktor level yang berpengaruh maka dilakukan eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan hasil dari eksperimen sebelumnya. Eksperimen ini bertujuan untuk membuktikan hal yang di dapat sebelumnya.

### 2.2.10 *Waste* (pemborosan )

*Waste* merupakan sisa material yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu prosesproduksi. Dikatakan *waste* apabila sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah, maka bisa dikatakan sebuah pemborosan (Suwarno et al., 2017) . Dalam

dunia manufaktur tidak lepas yang namanya waste yang bisa berupa cairan, gas, dan padatan. Contoh pada industri percetakan seperti PT. PBM mempunyai banyak waste yang muncul akibat dari proses produksi (sisa - sisa formula dan tinta, potongan kertas dan film, sisa bahan baku yang tidak bisa terpakai, dll ). Berikut adalah *seven waste* yang dikembangkan oleh salah satu seorang pimpinan di Toyota, yaitu Mr. Taiichi Ohno sebagai seorang *engineer* yang dipakai dalam *TPS (Toyota Production System)* : Produksi berlebih ( *Over production* ), Menunggu ( *Waiting* ), Memindahkan ( *Transporting* ), *Over* proses ( *Processing* ), Persediaan ( *Inventory* ), Gerakan ( *Motion* ), Cacat ( *Defect* ).

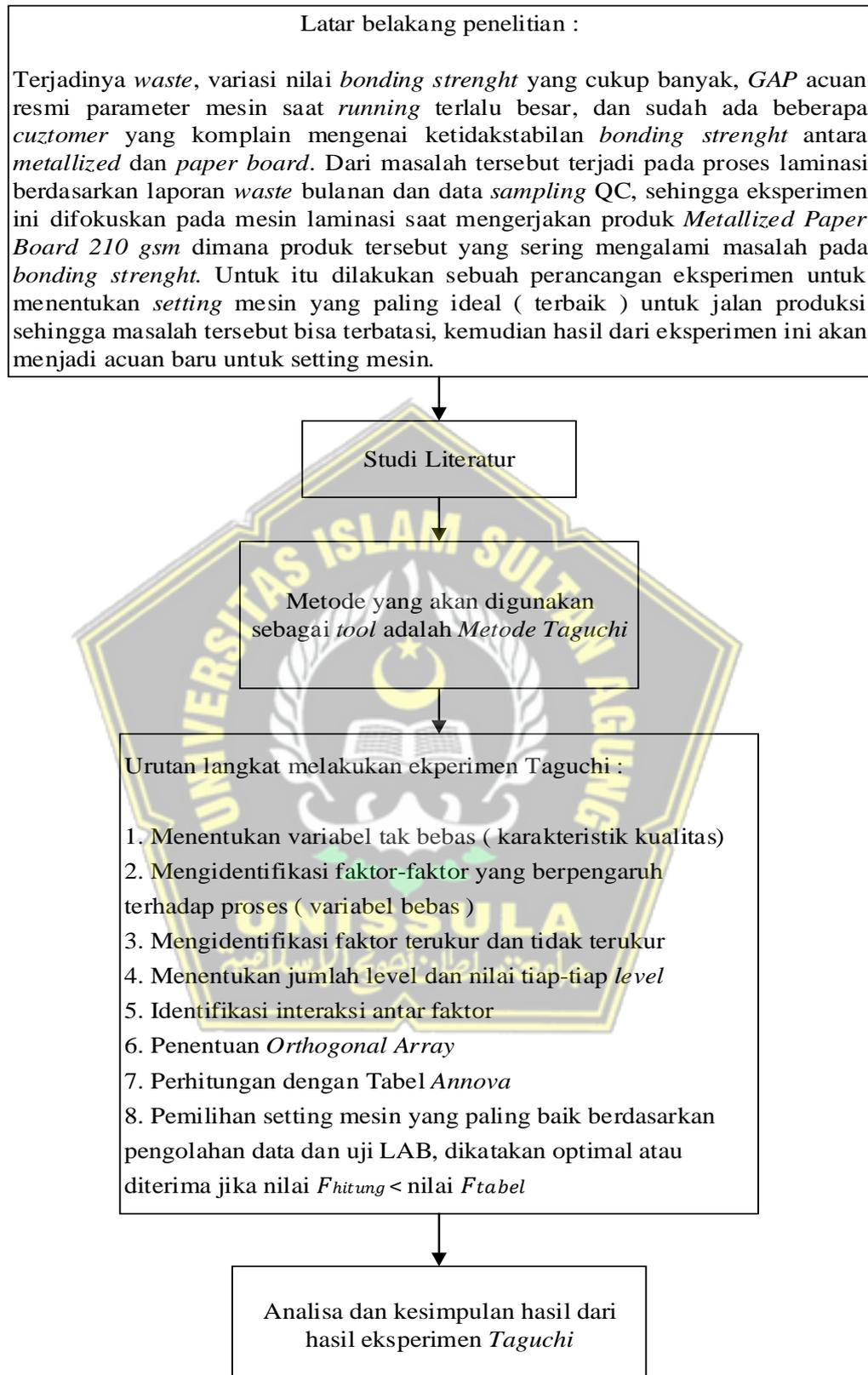
## 2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

### 2.3.1 Hipotesis

Berdasarkan hasil studi literatur dapat diidentifikasi Metode *Taguchi* digunakan untuk melakukan perhitungan untuk mengetahui *level* dan *setting* parameter terbaik untuk perbaikan. Dengan adanya permasalahan yang dihadapi perusahaan, maka diperlukan adanya suatu metode yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut adalah metode *Taguchi* dimana dengan metode tersebut berdasarkan hasil setiap faktor dan level dengan perhitungan *Annova*, parameter dikatakan optimal atau diterima apabila nilai  $F_{hitung} < \text{nilai } F_{tabel}$ . Hipotesis ini nantinya akan diuji dengan menggunakan percobaan eksperimen *Taguchi*. Dari Penelitian yang sudah ada metode *Taguchi* bisa menunjukkan hasil nilai yang optimum dari percobaan atau pengukuran yang sudah dilakukan.

### 2.3.2 Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis merupakan abstraksi hasil dari pemikiran yang menciptakan suatu kerangka atau acuan yang bertujuan untuk menggambarkan rencana dari suatu obyek penelitian, jadi dapat berarti pula suatu konsep teoritis yang menjadi gambaran, acuan, serta rencana dari suatu penelitian dan menjadi landasan bagaimana proses penelitian akan berjalan. Berdasarkan pada obyek penelitian diatas maka kerangka teoritis yang akan dibentuk adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.7** – Kerangka teoritis penelitian

## BAB III

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data untuk melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Rancangan penelitian dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

#### 3.1 Pengumpulan Data

Menentukan topik atau latar belakang yang bisa dijadikan penelitian dengan studi kasus lapangan ( PT. PBM ). Pada tahap ini dilakukan pendalaman materi untuk memecahkan masalah yang dirumuskan berdasarkan studi kasus lapangan. Dari studi literatur ini untuk menemukan cara meminimalkan penyimpangan nilai karakteristik kualitas dari nilai target sehingga didapat nilai optimasi perancangan untuk *setting* mesin yang optimal. Materi yang dibahas dan dipelajari adalah konsep metode perancangan eksperimen dimana *taguchi* sebagai *tool* untuk tujuan perancangan ini.

Menentukan tujuan penelitian, rumusan masalah, dan batasan masalah. Disusun berdasarkan identifikasi masalah saat studi lapangan yang bertujuan untuk mengatasi masalah yang dibahas dapat difokuskan pada suatu masalah pada studi lapangan sehingga bisa mendapatkan solusi untuk pemecahan masalah dan tujuan permasalahan. Batasan masalah disiapkan untuk membatasi permasalahan yang ada agar tidak melebar dan tetap fokus pada pembahasan yang ada, sehingga nantinya hasil pembahasan dalam perancangan eksperimen akan sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditentukan.

#### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pada Tahap pengumpulan data tahap yang akan dilakukan yaitu :

##### a. Studi literatur

Materi yang akan dibahas didapat dari berbagai sumber yaitu jurnal, karya ilmiah, buku, artikel, materi perkuliahan, dan internet yang berhubungan dengan perancangan eksperimen metode *taguchi*.

b. Studi Lapangan

Pengamatan langsung ke lapangan saat proses produksi *lamniasi* dan melakukan wawancara personil produksi dan *quality control* terhadap obyek penelitian sebagai *voice of customer*. Dari hasil studi lapangan didapat data laporan *waste* produksi bulanan pada produk *metallized paper board* dari bulan juli 2022 – Desember 2022, data dokumen acuan instruksi kerja parameter mesin laminasi, dan data *setting* parameter yang sudah berjalan beserta nilai *bonding strenght* nya.

### 3.3 Pengujian Hipotesa

Berikut merupakan urutan metode taguchi yang akan dilakukan :

- a. Mengidentifikasi atau menentukan variabel tak bebas sebagai bentuk karakteristik kualitas produk *metallized peper board* yang akan diukur dalam perancangan ekperimen yang akan dicapai berdasarkan sumber data yang didapatkan dari acuan standart kualitas produk dari QC, standar *setting* parameter mesin laminasi Grotta, dan hasil laporan *waste* produksi.
- b. Menentukan variabel bebas atau faktor faktor parameter yang mempengaruhi kualitas produk. Faktor yang dimaksud adalah faktor terkendali, faktor tak terkendali (*noise*), dan faktor signal. Faktor – faktor tersebut ditentukan sendiri berdasarkan karakteristik produk saat diproses di mesin yang di anggap CTQ (*Critical to Quality*).
- c. Penentuan tingkat setiap level dan jumlah level faktor terkontrol untuk memberikan efek perubahan kualitas yang terlihat saat proses ekperimen mesin berjalan.
- d. Penentuan susunan *orthogonal array* berdasarkan jumlah parameter terkendali dan jumlah level faktor untuk menentukan jumlah percobaan..
- e. Pelaksanaan ekperimen dilaksanakan di mesin Laminasi Grotta sebagai mesin uji pada produk *metallized peper board*. Jumlah percobaan yang akan dilakukan dimesin berdasarkan *orthogonal array* yang telah ditentukan.
- f. Perhitungan skor rata-rata setiap level untuk mengetahui *setting* level optimal yang dapat meminimalkan deviasi dan menentukan *signal to noise ratio* untuk menemukan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap karakteristik kualitas.

g. Analisis hasil

- Analisis statistik untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata dan mencari level optimal.
- Analisis statistik untuk nilai *Signal to Noise Ratio* guna mencari faktor-faktor yang berkontribusi terhadap variabel respon.
- Penentuan *setting* optimal : Dalam penentuan ini menggunakan proses optimasi dua tahap, yaitu mengurangi variasi dan menetapkan target sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- Pemilihan level terbaik : Berisi hal – hal yang disimpulkan dari perhitungan taguchi yang sudah dilakukan dari faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan menetapkannya sebagai settingan mesin yang terbaik.

h. Ekperimen Konfirmasi

Percobaan konfirmasi dilakukan untuk menguji nilai prediksi setting faktor tingkat di bawah kondisi optimal. Jika hasil percobaan konfirmasi dapat menguji hasil prediksi, maka setting level untuk kondisi optimal dapat disimpulkan bahwa memenuhi persyaratan dalam percobaan.

### 3.4 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Kualitatif adalah saat melakukan pengumpulan kriteria dan subkriteria
- b. Kuantitatif adalah saat melakukan perhitungan *Taguchi* berupa penentuan faktor, level dan *Annova* untuk menentukan parameter terbaik.

### 3.5 Pembahasan

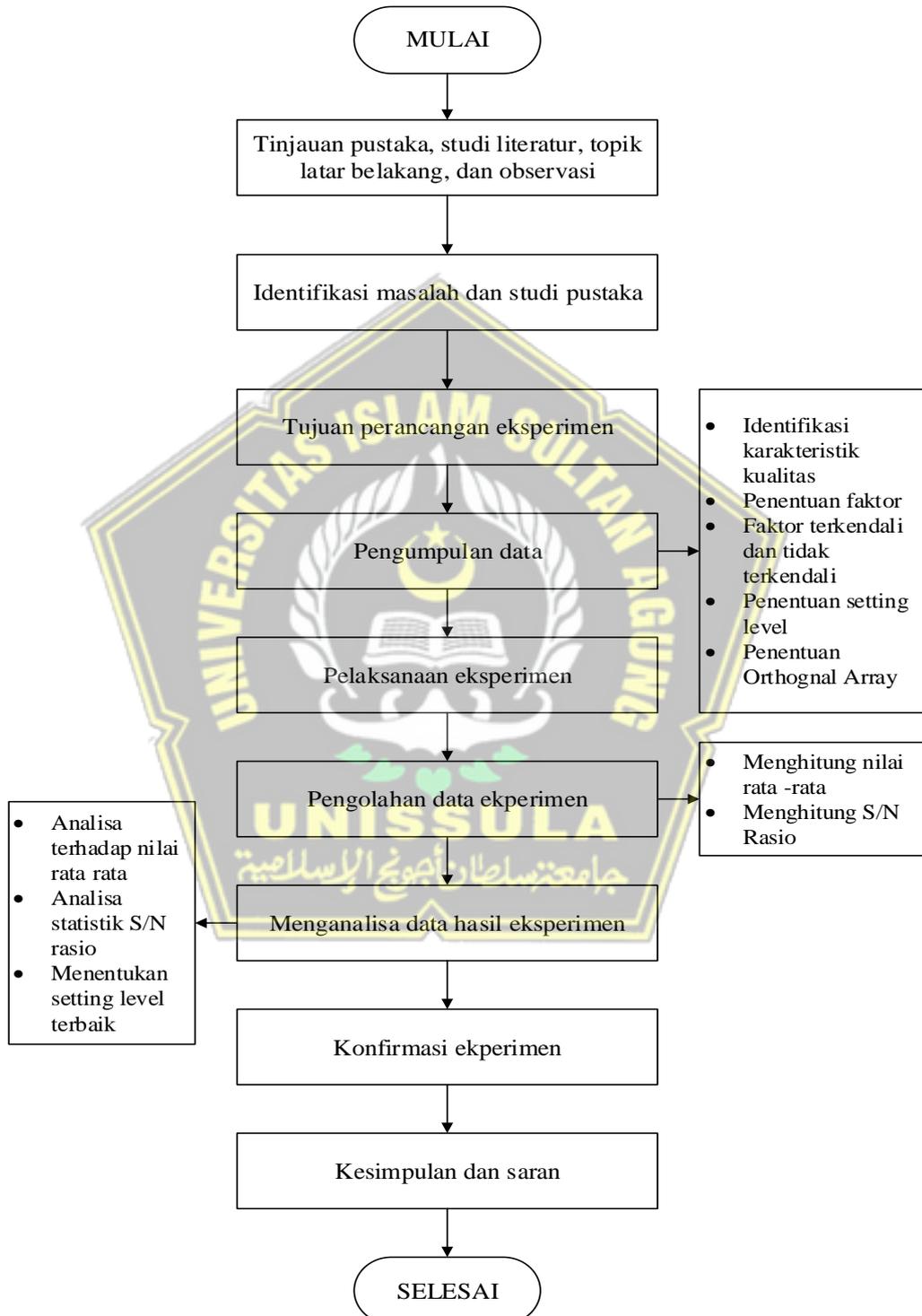
Pada tahap ini dengan data yang sudah didapatkan akan diolah dan akan dihitung dengan menggunakan perhitungan *Taguchi*, sehingga penelitian eksperimen ini mendapatkan hasil yang diinginkan.

### 3.6 Penarikan Kesimpulan

Berisi hal-hal yang dapat disimpulkan dari pengolahan yang telah dilakukan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi, serta menetapkan parameter optimal untuk mengetahui settingan terbaik mesin laminasi berdasarkan eksperimen yang dilakukan dan perhitungan *Taguchi*.

### 3.7 Diagram Alir

Tahap penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat dalam diagram alir yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 3.1 – Diagram alir metode penelitian

## BAB IV

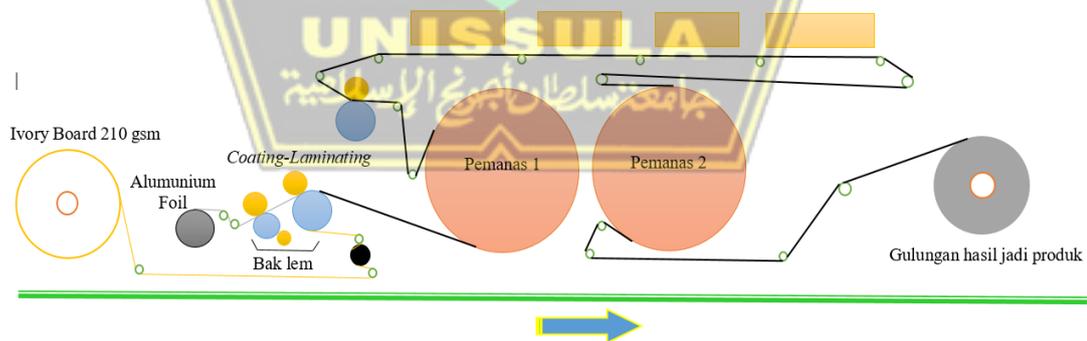
### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengumpulan Data

Dalam memperoleh hasil penelitian tentang perancangan eksperimen untuk meningkatkan kualitas hasil laminasi produk *metallized paper board* di PT. PBM akan dilakukan upaya penelitian untuk menemukan atau menelusuri masalah yang berkaitan kualitas produk *metallized paper board* pada hal *bonding strength* pada saat proses *laminasi*. Adapun hasil penelitian merupakan data yang diolah berdasarkan studi literatur dan studi lapangan.

##### 4.1.1 Gambaran Umum Proses Laminasi *Water Base* di Mesin Grota

Proses produk *Alu Metallized Board* terdapat 3 proses, yaitu proses laminasi, proses *coating* primer, dan proses *finishing*. Dalam proses tersebut, yang paling *critical* adalah proses laminasi dimana proses penggabungan antara bahan aluminium foil dan kertas *ivory board* yang direkatkan oleh *adhesive* atau lem. Oleh karena itu perancangan eksperimen ini difokuskan dalam proses laminasi. Berikut adalah gambaran proses laminasi *water base* produk *Alu Metallized Board* di Mesin Grota :



**Gambar 4.1** – Jalur proses laminasi *water base* Mesin Grota

Mesin Grota merupakan jenis mesin laminasi *water base* dimana pada saat pertemuan dua bahan yang akan rekatkan, lem masih dalam kondisi basah yang selanjutnya akan dikeringkan melalui *dryer*.

Berikut instruksi kerja mesin Grota saat memulai produksi :

1. Pastikan Lembar Kartu Kerja ( perintah kerja ) sudah *relese* di mesin.
2. Siapkan semua bahan : Kertas ivory board, alumunium foil, *adhesive* atau lem.
3. Pastikan semua jenis bahan yang akan digunakan sesuai dengan Kartu Kerja.
4. Persiapan mesin : kebersihan roll – roll, bak lem, *cylinder coating* dan press karet untuk *coating* dan *laminasi*)
5. Naikan semua bahan di AS *Unwind* ( seperti pada gambar 4.1 )
6. Tarik dan sambung bahan sampai ke *Rewinder* ( penggulung ).
7. *Setting* parameter mesin sesuai acuan standar produk *Alu Metallized Board*.
8. Jalankan kurang lebih 50 meter untuk proses pengecekan kualitas oleh QC.
9. Jika hasil pengecekan awal jalan sudah sesuai standar, maka QC berhak *aproove* proses produksi yang sedang dijalankan.
10. Jika hasil belum memenuhi standar kualitas, ulangi proses awal jalan sampai settingan mesin bisa sesuai dengan pengecekan kualitas.

#### 4.1.2 Data Existing Setting Parameter Mesin dan Hasil pengukuran *bonding strenght* sebelum Perancangan Eksperimen

Berikut adalah data *setting* parameter mesin dan hasil pengukuran *bonding test* setiap *roll* turun mesin yang sudah berjalan dari bulan Juli 2022 – Desember 2022.

**Tabel 4.1** – Data Existing parameter mesin dan hasil pengukuran *sample*

Bulan ( 2022 )	No. roll	Parameter Mesin Laminasi				<i>Bonding test</i> Sample roll ( rata – rata )
		<i>Speed</i> (m/menit)	Suhu (°C)	Tekanan (Bar)	Viskositas (ml/detik)	
Juli	Roll 1	55	83	4	2,9	1,35
	Roll 2	55	83	4	4	1,45
	Roll 3	55	92	5	2,6	1,82
	Roll 4	55	92	5	2,75	1,80
	Roll 5	50	92	5	2,6	1,85
Agustus	Roll 1	50	85	4	2,9	1,61
	Roll 2	55	85	5	2,9	1,69
	Roll 3	55	90	5	4,4	1,33

**Tabel 4.1** – Data *Existing* parameter mesin dan hasil pengukuran *sample* ( lanjutan )

September	Roll 1	55	87	4	3,6	1,78
	Roll 2	55	85	4	3,9	1,43
	Roll 3	55	87	5	2,4	1,81
	Roll 4	55	90	5	3,9	1,79
Oktober	Roll 1	55	90	5	2,6	1,62
	Roll 2	55	90	5	4,4	1,39
	Roll 3	55	95	5	2,3	1,61
November	Roll 1	50	92	5	2,6	1,82
	Roll 2	50	92	5	3,15	1,79
	Roll 3	50	92	5	4,4	1,33
Desember	Roll 1	50	85	4	3,9	1,53
	Roll 2	50	85	5	3,9	1,57
	Roll 3	50	85	5	2,3	1,66
	Roll 4	50	80	5	3,9	1,39
	Roll 5	50	85	5	2,6	1,77

Dari tabel diatas menunjukan jenis cacat dan jumlah persentase cacat ( waste ) produk *Alu Metallized Board*, dimana total rata-rata waste cacat produk pada bulan Juli 2022 - Desember 2022 sebesar 8,96 %. Dari keenam jenis cacat diatas, dipilih delaminasi sebagai tujuan perancangan eksperimen ini, hal itu dipilih karena secara pengukuran, delaminasi bisa dites dengan alat ukur yang bisa dibuktikan secara nominal. Delaminasi adalah jenis cacat produk dimana *bonding strength* antara kedua material dibawah standart yaitu kurang dari 1,5 Newton.

#### 4.1.3 Identifikasi Karakteristik Kualitas

Pada produk *Alu metallized board* memiliki 3 kriteria standar kualitas yaitu tidak delaminasi atau *bonding strenght* ( daya rekat ) antara alumunium foil dengan kertas ivory diatas 1,5 Newton, visual *glossy*, dan permukaan *metallized* tanpa ada cacat fisik seperti (*board mark*, nglinting, tatu, *buble*, dan *scratch*). Melihat data spesifikasi produk, *Alu Metallized Board* diaplikasikan untuk *folding box*

*secondary packaging* yang nantinya diproses teknik cetak offset ataupun teknik cetak rotogravure yang setelah itu dibentuk dengan proses *cutting-creasing* (*pond*) sesuai *design* cetak. Oleh karena itu *bonding strenght* antara aluminium foil dan kertas ivory harus diatas 1,5 newton supaya saat diproses *pond* permukaan produk *Alu metallized board* tidak berpotensi timbul retak atau *crack*, jika terjadi delaminasi artinya *bonding strenght* ( daya rekat ) dibawah nilai standar yaitu 1,5 newton. Ketentuan nilai daya rekat harus minimal 1,5 newton berdasarkan hasil dari pengujian R&D yang sudah dibakukan ke dalam standar kualitas QC. Jadi karakteristik kualitas produk *alu metallized board* yang dapat terukur adalah *Larger is better*, dimana semakin besar nilai pengukuran *bonding strenght*, maka kualitas produk menjadi lebih baik.

#### 4.1.4 Data Standar Parameter Mesin Laminasi

Berikut adalah gambar data parameter *setting* mesin setiap produk yang digunakan acuan operator dalam menjalankan mesin.

STANDAR SPESIFIKASI SETTING PARAMETER MESIN LAMINASI												
No.	PREPARAT / PROSES	MESIN	LineSpeed	Pemanas 1	Pemanas 2	Dijusen 1	Dijusen 2	Dijusen 3	Tekanan press	Visc. Lam	Visc. Primer	Visc. Tinta.
			m / mnt	° C	° c	° C	° C	° C	Bar	dkk	dkk	dkk
1	Alu Metz Board Ivory	Grota 1	50 - 60	90 - 100	-	-	-	-	4 - 6	10 - 20	-	-
		Grota 2	50 - 60	80 - 120	-	-	-	-	4 - 6	10 - 20	-	-
		Grota 3	50 - 60	80 - 120	-	-	-	-	4 - 6	10 - 20	-	-
2	Alu Metz Paper	Grota 1	50 - 60	70 - 90	-	-	-	-	4 - 6	7 - 12	-	-
		Grota 2	50 - 60	70 - 90	-	-	-	-	4 - 6	7 - 12	-	-
		Grota 3	50 - 60	70 - 90	-	-	-	-	4 - 6	7 - 12	-	-
3	Cello Metz	Grota 1	40 - 50	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	4 - 6	30 - 40	7 - 10	7 - 10
		Grota 2	40 - 50	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	4 - 6	30 - 40	7 - 10	7 - 10
		Grota 3	40 - 50	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	80 - 100	4 - 6	30 - 40	7 - 10	7 - 10
		Frakental 7	40 - 50	100 - 150	120 - 170	80 - 100	80 - 100	80 - 100	4 - 6	30 - 40	7 - 10	7 - 10
4	Coating Release	Frakental 1	25 - 35	90 - 120	90 - 120	90 - 120	90 - 120	90 - 120	2 - 4	-	St 2, 10 - 13	St 2, 10 - 13
		Frakental 2	25 - 35	90 - 120	90 - 120	90 - 120	90 - 120	90 - 120	2 - 4	-	St 2, 10 - 13	St 2, 10 - 13
5	Kulupas + Primer	Frakental 5	20 - 30	100 - 150	150 - 200	80 - 100	80 - 100	80 - 100	-	-	7 - 10	7 - 10
		Frakental 7	20 - 30	100 - 150	150 - 200	80 - 100	80 - 100	80 - 100	-	-	7 - 10	7 - 10
6	Stamping Dry lam	Frakental 3	10 - 15	-	-	80 - 100	-	-	5 - 6	7 - 10	-	-
		Frakental 6	10 - 15	-	-	80 - 100	-	-	5 - 6	7 - 10	-	-
7	Double Board	Grota 1	25 - 30	80 - 100	90 - 120	-	-	-	Optional	40 - 50	-	-
		Grota 2	25 - 30	80 - 100	90 - 120	-	-	-	Optional	40 - 50	-	-
		Grota 3	25 - 30	80 - 100	90 - 120	-	-	-	Optional	40 - 50	-	-

Gambar 4.2 – Data standar acuan *setting* parameter Mesin Laminasi

Dalam gambar diatas menunjukan parameter *setting* mesin yang nanti digunakan sebagai variabel kontrol perancangan eksperimen *Taguchi*. Terlihat ada empat variabel kontrol dalam produksi produk *Alu Metallized Board* yang nanti akan dijadikan faktor terkendali. Namun melihat *set value* setiap variabel kontrol mempunyai *range* yang cukup banyak.

#### 4.1.5 Penentuan Faktor

Diidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas melalui wawancara dari pihak terkait (produksi) saat proses *Alu metallized board* dimesin laminasi Grotta. Penentuan faktor terbagi menjadi 2, yaitu faktor terkendali dan faktor tak terkendali. Faktor terkendali merupakan faktor yang nilainya dapat diukur dan dapat dikendalikan oleh operator, sedangkan faktor tak terkendali adalah faktor yang sifatnya tiba – tiba dan tidak dapat dikendalikan faktor penyebabnya. Berikut merupakan faktor - faktor dalam proses laminasi *alu metallized board* :

##### 1. Faktor terkendali

Pada faktor terkendali terdapat empat faktor yang mempengaruhi kualitas, yaitu:

##### a. *Line Speed*

*Line speed* merupakan nilai kecepatan *running* mesin yang dihitung dalam meter per menit. *Line speed* harus diperhitungkan secara optimal bukan sekedar angka untuk menaikkan kapasitas hasil produksi, melainkan juga harus mempertimbangkan hasil produksi secara fisik maupun pengetasan LAB. Semakin kencang *line speed*, maka *drying time* saat proses laminasi juga lebih cepat, sehingga berpotensi lem kurang kering, namun jika *line speed* terlalu rendah, akan menimbulkan potensi bentuk fisik produk berubah (melengkung) dan kapasitas hasil produksi menurun. Pada saat *running* mesin mengerjakan produk *alu metallized board* pada parameter mesin menunjukan angka 50 – 60 meter/menit ( gambar 4.2 ). Pada level 1 menggunakan nilai *speed* 50 meter/menit sebagai batas minimal acuan parameter, level 2 menggunakan nilai 55 meter/menit sebagai nilai tengah minimal-maksimal, dan level 3 menggunakan nilai 60 meter/menit sebagai batas maksimal acuan parameter.

Nilai speed maksimal diangka 60 meter/menit dikarenakan menyesuaikan spesifikasi *speed* maksimal mesin atau motor penggerak, sedangkan *speed* minimal diangka 50 meter/menit dikarenakan perhitungan target kapasitas yang ditentukan oleh *management* sebagai variabel penentuan harga produk ke *buyer*.

b. Suhu pemanas ( *drying temperature* )

Suhu pemanas disini merupakan nilai suhu pemanas 1 dan pemanas 2, suhu pemanas ini digunakan untuk mengeringkan hasil laminasi. Proses pengeringan ini dilakukan untuk mematikan sifat lem supaya bisa melekat secara maksimal. Dilihat dari gambar mesin Grota (gambar 4.1), unit pemanas 1 dan pemanas 2 disetting dengan suhu yang sama ( seri ) sehingga variabel nilai pemanas hanya satu nilai saja. Pada saat *running* mesin mengerjakan produk *alu metallized board*, pada panel suhu mesin menunjukan angka  $80^{\circ} - 100^{\circ} \text{ C}$  ( gambar 4.2 ). Pada level 1 menggunakan nilai suhu  $80^{\circ} \text{ C}$  sebagai batas minimal acuan parameter, level 2 menggunakan nilai  $90^{\circ} \text{ C}$  sebagai nilai tengah minimal-maksimal, dan level 3 menggunakan nilai  $100^{\circ} \text{ C}$  sebagai batas maksimal acuan parameter. Nilai suhu maksimal diangka  $100^{\circ} \text{ C}$  dikarenakan untuk mengurangi potensi bentuk fisik kertas yang berubah ( *curly* ) sedangkan nilai suhu minimal diangka  $80^{\circ} \text{ C}$  untuk mecegah potensi lem tidak kering yang mengakibatkan *bonding strenght* dibawah 1,5 newton.

c. Tekanan *press* laminasi

Tekanan *press* laminasi merupakan nilai tekanan saat pertemuan kedua bahan alumunium foil dan kertas Ivory. Tekanan dinotasikan dalam satuan Bar. Sumber tekanan ini berasal dari angin bertekanan yang mendorong *cylinder pneumatic* untuk menekan *roll press* karet ke permukaan alumunium foil sehingga terjadi proses laminasi. Pada saat *running* mesin mengerjakan produk *alu metallized board*, acuan parameter mesin menunjukan regulator cylinder pneumatic pada tekanan 4 – 6 bar. Pada level 1 menggunakan nilai tekanan 4 bar sebagai batas minimal acuan parameter, level 2 menggunakan nilai 5 bar sebagai nilai tengah minimal-maksimal, dan level 3 menggunakan nilai 6 bar sebagai batas maksimal acuan parameter. Nilai tekanan maksimal diangka 6 bar dikarenakan *supply* angin bertekanan dari kompresor mempunyai *output*

maksimal 6 bar saja, sedangkan nilai tekanan minimal diangka 4 bar untuk mecegah potensi permukaan alumunium foil mengalami *buble ( air trap )* pada saat proses laminasi, sehingga visual fisik menjadi kasar terkesan ada bintik.

d. Viskositas lem atau *adhesive*

Viskositas lem merupakan nilai kekentalan suatu lem atau *adhesive* yang akan diproses mesin. Viskositas lem dinotasikan dalam satuan ml/detik dengan alat ukur *Zahn Cup ( canting )* tipe D4212-93 terbuat dari *stainless* dengan ukuran lubang 4,3 mm dan *cup size* 44 ml. Suhu normal yang direkomendasikan pihak R&D untuk mengecek tingkat kekentalan lem saat produksi adalah 27 – 35 derajat celcius. Lem yang digunakan perancangan ekperimen ini mempunyai karakter, semakin encer lem maka semakin berkurang daya rekatnya, begitu pun sebaliknya, semakin kental lem maka semakin baik daya rekatnya. Pada saat running mesin mengerjakan produk *Alu Metallized Board*, acuan parameter mesin menunjukan viskositas 4,4 ml/detik sampai 2,2 ml/detik. Pada level 1 menggunakan nilai viskositas 4,4 ml/detik sebagai batas minimal acuan parameter, level 2 menggunakan viskositas 2,9 ml/detik sebagai nilai tengah minimal - maksimal, dan level 3 menggunakan nilai viskositas 2,2 ml/detik sebagai batas maksimal acuan parameter. Nilai viskositas maksimal diangka 2,2 ml/detik dikarenakan mempertimbangkan tingkat kesulitan operasional mesin saat mengerjakan berbahan alumunium foil, semakin kental lem maka resiko alumunium foil sobek tergulung oleh *cylinder coating* sehingga acuan diberikan maksimal 2,2 ml/detik berdasarkan pengalaman yang sudah berjalan. Kemudian nilai viskositas minimal diangka 4,4 ml/detik karena menyesuaikan karakter daya rekat lem yang direkomendasikan oleh pihak R&D.

2. Faktor tidak terkendali

Faktor tak terkendali pada proses laminasi produk *Alu Metallized board* :

a. Suhu Lingkungan

Suhu lingkungan bisa juga mempengaruhi aktivitas mesin laminasi saat berjalan, dimana lingkungan atau area produksi PT. PBM tidak terkondisi sehingga suhu udara tidak bisa dikontrol. Suhu lingkungan disini bisa mempengaruhi kualitas lem atau *adhesive* saat mesin berjalan dimana saat

kondisi panas lem cenderung mudah menggumpal dan viskositas naik karena menguap. Sebaliknya jika suhu lingkungan produksi terlalu dingin menyebabkan lem susah bereaksi terhadap alumunium foil ( berdasarkan *COA* lem tersebut yang didapat dari *supplyer*).

b. Kondisi Mesin

Karena faktor usia mesin yang digunakan, seringkali terjadi ketidak normalan fungsi-fungsi mekanikal yang mungkin bisa mempengaruhi kualitas saat *running* mesin. Sebagai contoh, putaran motor yang tidak stabil dan tekanan *supply* angin kompresor ke *cylinder pneumatic* yang kadang tiba-tiba naik turun.

c. Kondisi bahan baku

Bahan baku yang digunakan untuk produk *Alu Metallized Board* berupa gulungan, dimana bahan baku yang berupa gulungan susah untuk mengecek kondisi kualitas didalamnya waktu proses *QC incoming* bahan baku. Belum tentu kondisi luar dan dalam kualitasnya bisa sama. Kualitas yang dimaksud pada material alumunium foil adalah tentang kadar minyak yang melapisi permukaan alumunium yang tidak bisa dicek secara *detail* dimana kadar minyak bisa mempengaruhi daya rekat. Minyak yang melapisi alumunium foil berguna untuk mencegah oksidasi.

#### 4.1.6 Penentuan *Setting Level* Faktor

Penentuan faktor ini didasarkan atas operasional mesin dan kondisi karakter produk yang sudah ditentukan, sehingga didapatkan beberapa faktor terkendali yang mempengaruhi kualitas. Empat faktor diambil berdasarkan jumlah pengaruh langsung terhadap *bonding strenght* dan bisa terukur langsung saat produksi yang tertulis pada standar acuan parameter mesin, kemudian tiga level diambil berdasarkan *range* standar acuan parameter pada mesin ( minimal, *middle*, dan maksimal ) supaya mewakili nilai *setting* minimal sampai yang maksimal. Berikut adalah faktor terkendali dari perancangan ekeperimen *Taguchi* :

Tabel 4.2 – Data Level Faktor

Faktor	Level			Satuan
	1	2	3	
<i>Line speed</i>	50	55	60	Meter/menit
Suhu pemanas	80	90	100	° C
Tekanan <i>roll press</i>	4	5	6	Bar
Viskositas lem	4,4	2,9	2,2	ml/detik

#### 4.1.7 Penentuan Notasi *Orthogonal Array*

Penentuan *Orthogonal Array* pada metode *Taguchi* didasarkan pada penentuan faktor dan level serta bentuk standar matrik *orthogonal array Taguchi*. Dilihat dari jumlah faktor dan level yang mempengaruhi kualitas *bonding strenght* pada *Alu metallized board*, berjumlah 4 faktor dan 3 level pada masing masing faktor. Matrik standar untuk eksperimen dengan jumlah level 3 adalah  $L_9(3^4)$ ,  $L_{27}(3^{13})$ , dan  $L_{81}(3^{40})$ . Maka matrik *orthogonal* yang dipilih adalah matriks yang memiliki nilai derajat kebebasan sama atau lebih besar dari nilai derajat kebebasan eksperimen :

$$\text{Level } (q) = 3$$

$$\text{Faktor } (r) = 4$$

$$\text{Derajat bebas } (Dof) = r(q - 1)$$

$$= 4(3 - 1)$$

$$= 4 \cdot 2$$

$$= 8$$

Jadi matrik *orthogonal array* yang di gunakan untuk 4 faktor dan 3 level adalah  $L_9(3^4)$ . Bentuk standar matrik  $L_9(3^4)$  adalah dimana elemen – elemen nya disusun menurut baris dan kolom. Kolom merupakan nilai faktor yang bisa berubah yang berpengaruh terhadap proses, sedangkan baris merupakan jumlah eksperimen yang dikombinasikan faktor dan level. Berikut adalah bentuk standar matrik *orthogonal*  $L_9(3^4)$  :

**Tabel 4.3** – Matrik *Orthogonal Array*  $L_9(3^4)$ 

Pencobaan	Faktor			
	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

Dengan menggunakan matrik  $L_9(3^4)$ , maka jumlah percobaan yang akan dilakukan sebanyak sembilan kali dimana masing-masing percobaan ada tiga kali replikasi. Replikasi tersebut bertujuan untuk menentukan *bonding* rata-rata dalam satu bidang, yaitu sisi tepi kiri, sisi tengah, dan sisi tepi kanan. Berikut penjabaran percobaan eksperimen yang akan dilakukan tabel 4.3 :

**Tabel 4.4** – Tabel *setting* parameter percobaan  $L_9(3^4)$ 

Sample	Parameter <i>setting</i> mesin ( faktor terkendali )			
	<i>Line Speed</i> ( m/mnt )	Suhu Pemanas ( ° C )	Tekanan <i>press</i> ( Bar )	Viskositas ( ml/detik )
1	50	80	4	4,4
2	50	90	5	2,9
3	50	100	6	2,2
4	55	80	5	2,2
5	55	90	6	4,4
6	55	100	4	2,9
7	60	80	6	2,9
8	60	90	4	2,2
9	60	100	5	4,4

#### 4.1.8 Pelaksanaan Ekperimen

Eksperimen ini untuk mengukur nilai *bonding strenght* produk *alu metallized board*. Akan dilakukan berdasarkan tabel 4.4 dimana ada sembilan *sample* dalam sembilan kali percobaan *setting* parameter mesin dan dalam setiap *sample* percobaan terdapat replikasi sebanyak tiga kali pengukuran untuk mewakili *bonding strenght* dalam satu bidang kertas *alu metallized board* yang nanti akan dijadikan nilai rata-rata.

1. Spesifikasi produk :

- Kertas *Ivory board* 210 gsm lebar 55 cm.
- Alumunium Foil tebal 6,5 mikron lebar 55 cm.
- Lem / Adhesive *type* 603 alu ( *microtech* ).

2. Pengecekan sebelum perancangan

- Suhu lingkungan 33,3° C
- Suhu lem 30,7° C
- *Shore* atau nilai kekerasan *roll press* karet 80
- *Cylinder coating Anilox R100 LPCM* ( *Line / cm<sup>2</sup>* )

**Tabel 4.5** – Hasil ekperimen pengujian *bonding strenght*

y	Hasil <i>Bonding Test</i> atau tes daya rekat ( Newton )									Mean
	Tepi kiri			Tengah			Tepi kanan			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1,05	1,06	1,03	0,93	0,92	0,95	1,04	1,05	1,03	1,0066
2	1,81	1,81	1,8	1,75	1,74	1,75	1,83	1,85	1,83	1,7966
3	1,92	1,94	1,94	1,85	1,84	1,82	1,98	2	1,96	1,9166
4	1,52	1,53	1,54	1,5	1,53	1,53	1,65	1,66	1,62	1,5633
5	1,38	1,35	1,36	1,32	1,32	1,35	1,30	1,32	1,3	1,3333
6	1,68	1,66	1,69	1,57	1,56	1,59	1,66	1,66	1,69	1,64
7	0,91	0,94	0,91	0,92	0,94	0,91	1,25	1,23	1,23	1,0266
8	1,57	1,57	1,58	1,51	1,51	1,51	1,56	1,54	1,57	1,5466
9	1,24	1,24	1,22	1,21	1,22	1,23	1,22	1,22	1,21	1,2233

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Menghitung Nilai Rata-rata dan *S/N Ratio* Pada Setiap *Level* Faktor

Untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai *bonding strenght* diperlukan perhitungan dari data *sample* yang telah dites dengan alat ukur. Data hasil eksperimen area sisi kiri, tengah, dan sisi kanan dengan pengulangan masing – masing tiga kali akan dirata-rata dan ditransformasikan ke dalam bentuk rasio ( *S/N Ratio* ). Berikut hasil perhitungan :

a. Perhitungan Rata – rata

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

$$= \frac{1}{9} ( 1,05 + 1,06 + 1,03 + \dots + 1,05 + 1,03 )$$

$$y_l = 1,0066 \dots \text{ (Nilai rata rata yang lain diperoleh cara yang sama)}$$

Lihat pada **tabel 4.5**

b. Perhitungan *S/N Ratio*

Penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas *larger the better*, mengacu pada rumus ( 2.2 ) maka rumus *S/N Ratio* yang digunakan adalah :

$$SN_{LTB} = - 10 \text{ Log } \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\hat{y}_i^2} \right]$$

$$SN_{LTB} = - 10 \text{ Log } \left[ \frac{1}{9} \times \frac{1}{1,006666667^2} \right]$$

$$= 9,6001 \dots \text{ (Nilai } S/N \text{ Ratio lain diperoleh cara yang sama)}$$

Lihat pada **tabel 4.6**

Berikut adalah hasil perhitungan *S/N Ratio* semua hasil pengujian *bonding strenght*:

**Tabel 4.6** – Hasil perhitungan rata – rata dan *S/N Ratio*

y	Nilai <i>Bonding</i> rata - rata	<i>S/N</i> <i>Ratio</i>
1	1,0066	9,6001
2	1,7966	14,6317
3	1,9166	15,1933

**Tabel 4.6** – Hasil perhitungan rata – rata dan *S/N Ratio* ( lanjutan )

4	1,5633	13,4234
5	1,3333	12,0411
6	1,64	13,8393
7	1,0266	9,7710
8	1,5466	13,3303
9	1,2233	11,2933

Nilai rata-rata hasil percobaan dan *S/N Ratio* tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mencari *setting level* optimal, yaitu dimana kondisi dengan nilai yang paling tinggi, karena nilai karakteristik kualitasnya yaitu *nominal the best*.

#### 4.2.2 Menghitung Analisis Statistik Terhadap Nilai Rata- rata

Metode *Taguchi* menggunakan *analysis of means* untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon, yang merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata. Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi (*mean*) yaitu:

- a. Menghitung nilai rata rata seluruh hasil percobaan

Nilai diambil dari 81 kali pengukuran

$$\begin{aligned}\bar{Y} &= \frac{1}{n} \sum y \\ &= \frac{1}{81} ( 1,05 + 1,81 + 1,92 + 1,52 + 1,23 + \dots + 1,57 + 1,21 ) \\ &= 1,4503\end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai rata – rata setiap *level* faktor

Menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Faktor A ( Line speed ) level 1} &= \frac{1}{3} ( 1,0066 + 1,7966 + 1,9166 ) \\ &= 1,5733\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Faktor A ( Line speed ) level 2} &= \frac{1}{3} ( 1,5633 + 1,3333 + 1,64 ) \\ &= 1,5122\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Faktor A ( Line speed ) level 3} &= \frac{1}{3} ( 1,0266 + 1,5466 + 1,2233 ) \\ &= 1,2655\end{aligned}$$

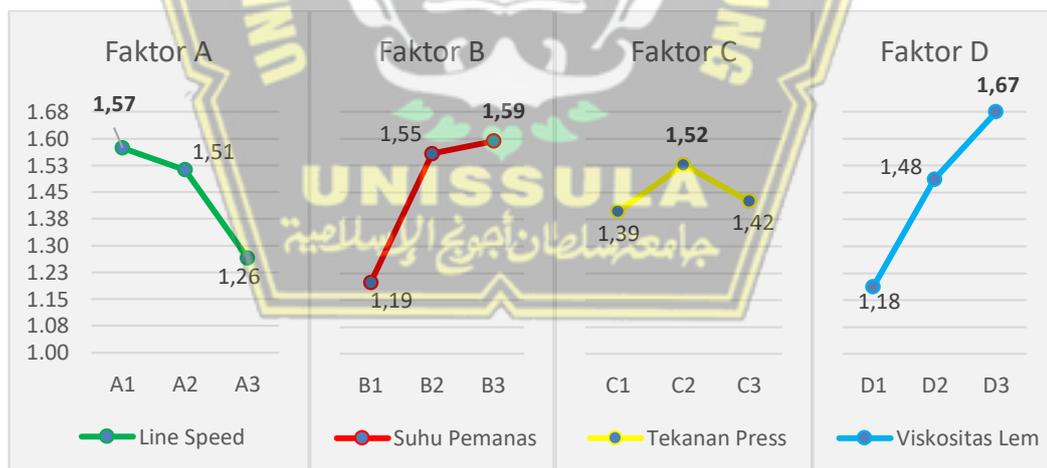
Perhitungan selanjutnya faktor B ( suhu pemanas ), C ( tekanan press ), dan D ( viskositas lem ) dengan cara yang sama.

c. Membuat tabel respon untuk nilai rata – rata

Dari data diatas maka dihitung faktor-faktor yang optimum dengan karakteristik respon kuat bonding semakin besar semakin baik (*larger is the better*), kemudian menentukan rangking berdasarkan delta ( selisih antara nilai atas dan bawah ).

**Tabel 4.7** – Tabel pengaruh faktor terhadap rata – rata respon

Level	Faktor Kontrol			
	A	B	C	D
1	<b>1,5733</b>	1,1988	1,3977	1,1877
2	1,5122	1,5588	<b>1,5277</b>	1,4877
3	1,2655	<b>1,5933</b>	1,4255	<b>1,6755</b>
Delta	0,3078	0,3945	0,13	0,4878
Rangking	3 ( A1 )	2 ( B3 )	4 ( C2 )	1 ( D3 )



**Gambar 4.3** – Grafik analisis respon terhadap nilai rata-rata

Dari table respon mean, kombinasi level faktor optimum yang dicapai pada nilai rata-rata diatas 1,5 newton adalah faktor A1, B3, C2, dan D3. Kemudian melakukan model analisa variasi dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat dan *F-Ratio*.

### 4.2.3 Perhitungan *Annova* Untuk Nilai Rata – rata

a. Hipotesis

$H_0$  : Tidak ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*.

$H_1$  : Ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*.

b. Kriteria pengujian

$H_0$  diterima jika :  $F\text{-Hitung} < F\text{-tabel}$

$H_1$  diterima jika :  $F\text{-Hitung} > F\text{-tabel}$

c.  $SS_{Total}$  ( Jumlah kuadrat total )

$$\begin{aligned} SS_{Total} &= \sum y^2 \\ &= 1,05^2 + 1,81^2 + 1,92^2 + 1,52^2 + 1,38^2 + \dots + 1,57^2 + 1,21^2 \\ &= 178,258 \end{aligned}$$

d.  $SS_{Mean}$  ( Jumlah kuadrat rata-rata )

$$\begin{aligned} SS_{Mean} &= n \times \bar{y}^2 \\ &= 81 \times 1,4503^2 = 170,3895 \end{aligned}$$

e.  $SS_{Faktor A} = n_{A1} \times A1^2 + n_{A2} \times A2^2 + n_{A3} \times A3^2 - SS_{mean}$

$$\begin{aligned} &= 27 \times 1,56277^2 + 27 \times 1,5122^2 + 27 \times 1,2655^2 - 56,7909 \\ &= 1,4253 \end{aligned}$$

$$SS_{Faktor B} = 2,5612$$

$$SS_{Faktor C} = 0,2365$$

$$SS_{Faktor D} = 3,2524$$

$$\begin{aligned} SS_{Error} &= SS_{Total} - SS_{Mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D \\ &= 178,2582 - 170,3895 - 1,4253 - 2,5612 - 0,2365 - 3,2524 \\ &= 0,3931 \end{aligned}$$

f. Derajat bebas

$$\begin{aligned} Df &= \text{Jumlah level} - 1 \\ &= 3 - 1 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Df_{total} &= \text{Jumlah eksperimen} - 1 \\ &= 81 - 1 = 80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Df_{Error} &= DF_{total} - ( Df \times \text{jumlah faktor} ) \\ &= 80 - ( 2 \times 4 ) = 72 \end{aligned}$$

g. *Mean sum of square ( MS )*

Merupakan pembagian antara SS faktor A,B,C, dan D dengan derajat bebas.

$$\begin{aligned}MS_A &= \frac{SS_A}{Df} \\ &= 1,4253 / 2 = 0,7126 \\ MS_B &= 2,5661 / 2 = 1,2806 \\ MS_C &= 0,2365 / 2 = 0,1182 \\ MS_D &= 3,2524 / 2 = 1,6262 \\ MS_{Error} &= SS_{Error} / Df_{Error} \\ &= 0,3931 / 72 = 0,0054\end{aligned}$$

h. *F-Ratio* atau F-Hitung

Merupakan pembagian antara MS faktor A,B,C, dan D dengan MS error

$$\begin{aligned}\text{F-Ratio A} &= \frac{MS_A}{MS_{Error}} \\ &= 0,7126 / 0,0054 = 130,5047 \\ \text{F-Ratio B} &= 1,2806 / 0,0054 = 234,5137 \\ \text{F-Ratio C} &= 0,1182 / 0,0054 = 21,6567 \\ \text{F-Ratio D} &= 1,6262 / 0,0054 = 297,7992\end{aligned}$$

## i. Jumlah kuadrat sesungguhnya ( SS' )

$$\begin{aligned}SS'_A &= SS_A - ( Df \times MS_{error} ) \\ &= 1,4253 - ( 2 \times 0,0054 ) \\ &= 1,4143 \\ SS'_B &= 2,5503 \\ SS'_C &= 0,2256 \\ SS'_D &= 3,2415 \\ SSt &= SS_{error} + SS_A + SS_B + SS_C + SS_D \\ &= 0,3931 + 1,4253 + 2,5612 + 0,2365 + 3,2524 \\ &= 7,8686 \\ SS'_{Error} &= SSt - SS'_A - SS'_B - SS'_C - SS'_D \\ &= 7,8686 - 1,4143 - 2,5503 - 0,2256 - 3,2415 \\ &= 0,4368\end{aligned}$$

## j. F- Tabel

$$N1 = k - 1 \quad k = \text{Jumlah level} \\ = 3 - 1 = 2$$

$$N2 = n - k \quad n = \text{Jumlah total pengukuran} \\ = 81 - 3 = 78$$

Lihat tabel titik persentase distribusi F untuk probabilitas 0,05 / 5% .

Jadi F-Tabel adalah ( 2, 78, 5% ) = **3,11**

Dari perhitungan diatas dibuat tabel *Annova* sebagai berikut :

**Tabel 4.8** – Tabel perhitungan *Annova* untuk nilai rata-rata

Sumber	SS	Df	MS	F-Hitung	SS'	F-Table
Faktor A	1,4253	2	0,7126	<b>130,5047</b>	1,4143	<b>3,11</b>
Faktor B	2,5612	2	1,2806	<b>234,5137</b>	2,5503	<b>3,11</b>
Faktor C	0,2365	2	0,1182	<b>21,6567</b>	0,2256	<b>3,11</b>
Faktor D	3,2524	2	1,6262	<b>297,7992</b>	3,2415	<b>3,11</b>
Error	0,3931	72	0,0054	<b>1</b>	0,4368	<b>3,11</b>
SSt	7,8686	80	3,743			
$SS_{mean}$	170,3895	1				
$SS_{total}$	59,4284	80				

Dari tabel di atas menunjukan  $H_0$  : Tidak ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*, sedangkan  $H_1$  : Ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*. Syarat penolakan  $H_0$  adalah jika  $F\text{-Hitung} > F\text{-tabel}$ , maka dari tabel diatas  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$  sehingga faktor A,B,C, dan D berpengaruh terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*.

#### 4.2.4 Menghitung Analisis Statistik Terhadap Nilai S/N Ratio

Metode *Taguchi* menggunakan *analysis of means* untuk mencari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai rata-rata respon, yang merupakan metode yang digunakan untuk mencari *setting level* optimal yang dapat meminimalkan penyimpangan nilai rata-rata. Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi (*mean*) yaitu:

- a. Menghitung nilai rata rata hasil perhitungan *S/N Ratio* seluruh hasil percobaan. Nilai diambil dari 9 kali pengukuran :

$$\begin{aligned}\bar{Y} &= \frac{1}{n} \sum y \\ &= \frac{1}{9} ( 9,6001 + 14,6317 + 15,1933 + \dots\dots\dots, + 11,2933 ) \\ &= 12,5693\end{aligned}$$

- b. Menghitung nilai rata – rata *S/N Ratio* setiap level faktor

Menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Faktor A ( Line speed ) level 1} &= \frac{1}{3} ( 9,6001 + 14,6317 + 15,1933 ) \\ &= 13,1417\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Faktor A ( Line speed ) level 2} &= \frac{1}{3} ( 13,423 + 12,041 + 13,839 ) \\ &= 13,1013\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Faktor A ( Line speed ) level 3} &= \frac{1}{3} ( 9,771 + 13,3303 + 11,2933 ) \\ &= 11,4648\end{aligned}$$

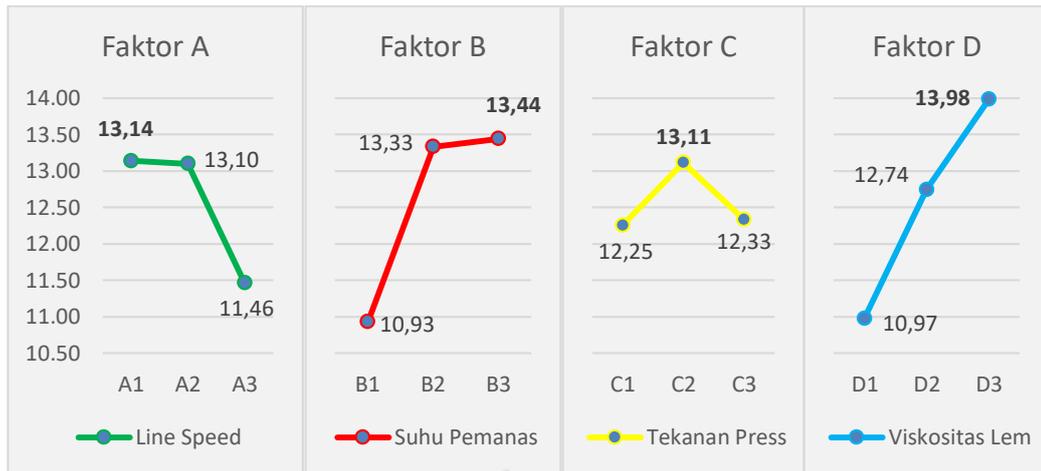
Perhitungan selanjutnya faktor B ( suhu pemanas ), C ( tekanan press ), dan D ( viskositas lem ) dengan cara yang sama.

- c. Membuat tabel respon untuk nilai *S/N Ratio*

Dari data diatas maka dihitung faktor-faktor yang optimum dengan karakteristik respon kuat *bonding* semakin besar semakin baik (*the larger is the better*), kemudian menentukan rangking berdasarkan delta.

**Tabel 4.9** – Tabel pengaruh respon terhadap nilai *S/N Ratio*

Level	Faktor Kontrol			
	A	B	C	D
1	<b>13,1417</b>	10,9315	12,2566	10,9782
2	13,1013	13,3344	<b>13,1161</b>	12,7473
3	11,4648	<b>13,4419</b>	12,3351	<b>13,9823</b>
Delta	1,6769	2,5104	0,8595	3,0041
Rangking	3 ( A1 )	2 ( B3 )	4 ( C2 )	1 ( D3 )



**Gambar 4.4** – Grafik analisis respon terhadap nilai *S/N Ratio*

Dari tabel respon *mean*, kombinasi level faktor optimum yang dicapai pada nilai rata-rata diatas 1.5 newton adalah faktor A1, B3, C2, dan D3. Kemudian melakukan model analisa variasi dua arah yang terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat dan F-Ratio.

#### 4.2.5 Perhitungan *Annova* untuk nilai *S/N Ratio*

a. Hipotesis

$H_0$  : Tidak ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*

$H_1$  : Ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*

b. Kriteria pengujian

$H_0$  diterima jika :  $F\text{-Hitung} < F\text{-tabel}$

$H_1$  diterima jika :  $F\text{-Hitung} > F\text{-tabel}$

c.  $SS_{Total}$  ( Jumlah kuadrat total )

$$\begin{aligned}
 SS_{Total} &= \sum y^2 \\
 &= 9,6001^2 + 14,6317^2 + 15,1933^2 + \dots, + 11,2933^2 \\
 &= 1454,5059
 \end{aligned}$$

d.  $SS_{Mean}$  ( Jumlah kuadrat rata-rata )

$$\begin{aligned}
 SS_{Mean} &= n \times \bar{y}^2 \\
 &= 9 \times 12,5693^2 \\
 &= 1421,8913
 \end{aligned}$$

e.  $SS_{Faktor A} = n_{A1} \times A1^2 + n_{A2} \times A2^2 + n_{A3} \times A3^2 - SS_{mean}$

$$= 3 \times 172,7042^2 + 3 \times 171,644^2 + 3 \times 131,4416^2 - 1421,8913$$

$$= 5,4785$$

$$SS_{Faktor B} = 12,0743$$

$$SS_{Faktor C} = 1,3416$$

$$SS_{Faktor D} = 13,6663$$

$$SS_{Error} = SS_{Total} - SS_{Mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D$$

$$= 1454,5058 - 1421,8913 - 5,4785 - 12,0743 - 1,3416 - 13,6663$$

$$= 0,0535$$

f. Derajat bebas

$$Df = \text{Jumlah level} - 1$$

$$= 3 - 1 = 2$$

$$Df_{total} = \text{Jumlah eksperimen} - 1$$

$$= 81 - 1 = 80$$

$$Df_{Error} = DF_{total} - (Df \times \text{jumlah faktor})$$

$$= 80 - (2 \times 4) = 72$$

g. Mean sum of square (MS)

Merupakan pembagian antara SS faktor A,B,C, dan D dengan derajat bebas,

$$MS_A = \frac{SS_A}{Df}$$

$$= 5,4785 / 2 = 2,7392$$

$$MS_B = 12,0743 / 2 = 6,0371$$

$$MS_C = 1,3416 / 2 = 0,6708$$

$$MS_D = 13,6663 / 2 = 6,8331$$

$$MS_{Error} = SS_{Error} / Df_{Error}$$

$$= 0,0535 / 72 = 0,00074$$

h. F-Ratio atau F-Hitung

Merupakan pembagian antara MS faktor A,B,C, dan D dengan MS error

$$F\text{-Ratio A} = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$= 2,7392 / 0,00074 = 3684,1744$$

$$\text{F-Ratio B} = 6,0371 / 0,00074 = 8119,6843$$

$$\text{F-Ratio C} = 0,6708 / 0,00074 = 902,2314$$

$$\text{F-Ratio D} = 6,8331 / 0,00074 = 9190,2343$$

i. Jumlah kuadrat sesungguhnya (  $SS'$  )

$$SS'_A = SS_A - (Df \times MS_{error})$$

$$= 5,4785 - (2 \times 0,00074)$$

$$= 5,4770$$

$$SS'_B = 12,0729$$

$$SS'_C = 1,3401$$

$$SS'_D = 13,6648$$

$$SS_t = SS_{error} + SS_A + SS_B + SS_C + SS_D$$

$$= 0,0535 + 5,4785 + 12,0743 + 1,3416 + 13,6663$$

$$= 32,6145$$

$$SS'_{Error} = SS_t - SS'_A - SS'_B - SS'_C - SS'_D$$

$$= 32,6145 - 5,4770 - 12,0729 - 1,3401 - 13,6648$$

$$= 0,0594$$

j. F- Tabel

$$N1 = k - 1 \quad k = \text{Jumlah level}$$

$$= 3 - 1 = 2$$

$$N2 = n - k \quad n = \text{Jumlah total pengukuran}$$

$$= 81 - 3 = 78$$

Lihat tabel titik persentase distribusi F untuk probabilitas 0,05 / 5% .

Jadi F-Tabel adalah ( 2, 78, 5% ) = **3,11**

Dari perhitungan diatas dibuat tabel *Annova* sebagai berikut :

**Tabel 4.10** - Tabel perhitungan *Annova* untuk nilai *S/N Ratio*

Sumber	SS	Df	MS	F-Hitung	SS'	F-Table
Faktor A	5,4785	2	2,7392	<b>3684,1744</b>	5,4770	<b>3,11</b>
Faktor B	12,0743	2	6,0371	<b>8119,6843</b>	12,0729	<b>3,11</b>

**Tabel 4.10** - Tabel perhitungan *Annova* untuk nilai *S/N Ratio* ( lanjutan )

Faktor C	1,3416	2	0,6708	<b>902,2314</b>	1,3401	<b>3,11</b>
Faktor D	13,6663	2	6,8331	<b>9190,2343</b>	13,6648	<b>3,11</b>
Error	0,0535	72	0,00074	<b>1</b>	0,0594	<b>3,11</b>
SSt	32,6145	80				
SS <sub>mean</sub>	1421,8913	1				
SS <sub>total</sub>	1454,5058	80				

Dari tabel di atas menunjukkan  $H_0$  : Tidak ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*, sedangkan  $H_1$  : Ada pengaruh faktor terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*. Syarat penolakan  $H_0$  adalah jika  $F\text{-Hitung} > F\text{-tabel}$ , maka dari tabel diatas  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$  sehingga faktor A,B,C, dan D berpengaruh terhadap nilai pengukuran *bonding strenght*.

#### 4.2.6 Eksperimen Konfirmasi atau Uji Verifikasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan hasil dari eksperimen sebelumnya. Eksperimen ini bertujuan untuk membuktikan parameter optimum yang dihasilkan sebelumnya. Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level akan ditetapkan. Sebaliknya, jika hasil eksperimen verifikasi jauh dari hasil prediksi maka dikatakan rancangan belum memadai. Pada eksperimen konfirmasi ini ditetapkan faktor dan level pada kondisi optimal atau yang mempunyai nilai tertinggi yaitu Faktor A1, B3, C2, dan D3 ( berdasarkan tabel respon rata rata atau *S/N Ratio* ). Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level ditetapkan pada kondisi optimal yaitu faktor A1, B3, C2, dan D3 dan konfirmasi diambil 3 area ( tepi kiri, tengah, dan tepi kanan ) dengan kondisi lingkungan dan mesin yang kurang lebih sama dengan kondisi waktu pengujian awal. Eksperimen verifikasi dilakukan untuk dibandingkan dengan hasil prediksi respon. Jika prediksi respon dan eksperimen verifikasi cukup dekat satu sama lain maka dapat disimpulkan bahwa rancangan cukup memadai. Berikut adalah hasil setting parameter optimal dan hasil pengujian ulang ( hasil eksperimen konfirmasi ) :

**Tabel 4.11** – Hasil *setting* parameter optimal

Faktor		Level	Nilai
A	Line Speed	1	50 m/menit
B	Suhu Pemanas	3	100° C
C	Tekanan Roll Press	2	5 Bar
D	Viskositas Lem	3	2,2 ml/detik

**Tabel 4.12** – Hasil pengukuran eksperimen konfirmasi

Pencobaan	Hasil Pengukuran ( N )			Mean
	1	2	3	
Kiri	1,90	1,93	1,89	1,915
Tengah	1,87	1,84	1,86	1,87
Kanan	2,10	2,10	2,10	2,10
Rata – Rata total ( $\mu$ )	1,9616			
Nilai Variansi ( $\bar{\sigma}$ )	0,0148			
Standar Deviasi	0,1218			
<i>S/N Ratio</i>	24,1328			

a. *Mean* ( Rata – rata )

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \frac{1}{n} \sum y \\ &= \frac{1}{9} ( 1,90 + 1,87 + 2,10 + \dots + 1,86 + 1,98 ) \\ &= 1,9616\end{aligned}$$

b. Perhitungan Nilai Variansi dan Standar deviasi

$$\begin{aligned}\bar{\sigma} &= \frac{1}{n-1} \sum (y - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{3-1} ( 1,915 - 1,9616 )^2 + ( 1,87 - 1,9616 )^2 + ( 2,10 - 1,9616 )^2 \\ &= 0,0148\end{aligned}$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\bar{\sigma}} = \sqrt{0,0148} = 0,1218$$

c. *S/N Ratio*

$$\begin{aligned} SN \text{ Ratio} &= 10 \text{ Log } 10 \left( \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right) \\ &= 10 \text{ Log } 10 \left( \frac{1,9616^2}{0,1218^2} \right) \\ &= 24,1328 \end{aligned}$$

d. Untuk rancangan usulan untuk prediksi adalah

$$\begin{aligned} \mu \text{ prediksi} &= ( \overline{A1} + \overline{B3} + \overline{C2} + \overline{D3} ) - ( \text{jumlah level} \times \bar{y} ) \\ &= ( 1,5733 + 1,5933 + 1,5277 + 1,6755 ) - ( 3 \times 1,4503 ) \\ &= 2,0189 \end{aligned}$$

Setelah diketahui hasil prediksinya, percobaan konfirmasi dilakukan untuk membuktikan apakah prediksi hasil tersebut bias tercapai, Hasil percobaan konfirmasi yang dipercobaan adalah sebagai berikut :

Untuk membandingkan hasil konfirmasi dengan prediksi respon, dilakukan uji hipotesis sebagai berikut :

Setelah diketahui hasil prediksinya, percobaan konfirmasi dilakukan untuk membuktikan apakah prediksi hasil tersebut bias tercapai. Hasil percobaan konfirmasi yang dipercobaan adalah sebagai berikut :

Untuk membandingkan hasil konfirmasi dengan prediksi respon, dilakukan uji hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_0$$

Dimana :

$$\mu = \mu \text{ Uji Verifikasi}$$

$$\mu_0 = \mu \text{ prediksi} = 2,0189$$

Syarat penolakan  $H_0$  adalah  $| t \text{ hitung} | > t_{\alpha/2, v}$

$$\begin{aligned} t_{\text{hitung}} &= \left| \frac{\bar{y} - \mu_0}{s/\sqrt{n}} \right| \\ &= \left| \frac{1,9616 - 2,0189}{0,1218/\sqrt{3}} \right| \\ &= -0,8132 \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,05 \text{ dan } v = n - 1 = 81 - 1 = 80$$

$$t_{\alpha/2, v} = t_{0,025, 80} = 1,99006 \text{ (lihat tabel distribusi T)}$$

$$|t \text{ hitung}| < t_{\alpha/2, db} \rightarrow -0,8132 < 1,99006 \rightarrow \text{gagal tolak } H_0$$

Hasil uji hipotesis diatas menunjukkan bahwa hasil percobaan menerima  $H_0$ , dimana hasil prediksi 2,0189 Newton dan hasil pengukuran rata – rata konfirmasi 1,9616 Newton, dari data tersebut mempunyai selisih yang sedikit atau tidak beda jauh.

### 4.3 Analisa dan Interpretasi

#### 4.3.1 Analisis Terhadap Konsep Metode Taguchi

Eksperimen Taguchi dilakukan dengan desain *orthogonal array* yang telah didesain oleh Taguchi. Eksperimen Taguchi dilakukan untuk mengurangi jumlah percobaan yang dilakukan, jika dibandingkan dengan menggunakan desain *full factorial*. *Orthogonal array* memiliki tata letak eksperimen yang mampu melakukan evaluasi beberapa faktor secara bersamaan dengan jumlah percobaan yang minimum.

#### 4.3.2 Analisis Variansi Respon Terhadap Nilai Pengukuran Rata-Rata

Perhitungan rata-rata dapat digunakan untuk pemilihan *setting level* optimal dari faktor level yang digunakan dalam eksperimen. Pemilihan level dari masing-masing faktor didasarkan pada nilai pengukuran rata-rata *bonding strenght* yang paling tinggi dimana karakteristik pada kasus ini yaitu *Larger the better*. Hasil eksperimen *Taguchi* pada pengukuran rata-rata menunjukkan empat faktor yaitu *Line Speed*, suhu pemanas, tekanan *press* dan viskositas lem. Semua faktor tersebut dikatakan berpengaruh terhadap nilai pengukuran *bonding strenght* karena jika dilihat dari tabel *Annova* untuk rata rata dan *S/N Ratio*, nilai F-Hitung dari empat faktor tersebut nilainya lebih tinggi dari F-Tabel. Faktor yang paling mempengaruhi nilai pengukuran *bonding strenght* yaitu pada faktor D (viskositas lem), karena nilai F-Ratio pada tabel yang paling tinggi diantara faktor lain.

#### 4.3.3 Analisis Variansi Respon Terhadap Nilai *S/N Ratio*

Pemilihan *setting level* optimal dari faktor level yang digunakan dalam metode eksperimen Taguchi menyarankan penggunaan *S/N Ratio* sebagai kriteria pemilihan parameter yang meminimumkan *error of variance*. Pemilihan level dari masing-masing faktor didasarkan pada nilai *S/N Ratio* yang optimum pada nilai

pengukuran *bonding strenght* karena karakteristik pada eksperimen ini adalah *larger the better*. Pada analisis variansi menunjukkan empat faktor yaitu *Line Speed*, suhu pemanas, tekanan roll *press* dan viskositas lem yang mempengaruhi hasil nilai pengukuran *bonding strenght*, karena dapat dilihat dalam tabel Anova juga untuk *S/N Ratio* menjukan F-Ratio lebih tinggi dari F-Tabel sehingga tidak perlu dilakukan *pooling up*.

#### 4.3.4 Analisis Data *Setting Existing* Dengan Hasil Eksperimen Taguchi

Data *setting existing* merupakan data parameter mesin yang selama ini sudah berjalan saat produksi dimesin laminasi kemudian dibandingkan dengan hasil data perancangan ekperimen Taguchi yang sudah dilakukan. Berikut adalah analisisnya:

1. Nilai *bonding strenght* tertinggi yang pernah diukur saat sebelum perancangan sebesar 1,85 newton dengan konfigurasi parameter mesin : *speed* 50 m/menit, *drying temperature* 92° C, tekanan *press* 5 bar, dan viskositas lem 2,6 ml/detik, sedangkan parameter mesin hasil perancangan Taguchi nilai *bonding strenght* tertinggi pada angka 1,91 newton dengan konfigurasi parameter mesin : : *speed* 50 m/menit, *drying temperature* 100° C, tekanan *press* 5 bar, dan viskositas lem 2,2 ml/detik. Jadi bisa disimpulkan bahwa dengan *speed* yang sama semakin tinggi *drying temperature* dan semakin kental viskositas lem maka *bonding strenght* atau daya rekat antara alumunium foil dan kertas Ivory akan semakin besar. Hal itu diperkuat juga dengan hasil pengujian *Taguchi* dengan parameter yang lain dimana hasil pengukuran menunjukkan *trend* yang sama.
2. Dari Faktor *speed* menunjukan jika semakin cepat *speed* mesin maka nilai *bonding strenght* akan semakin turun, begitu pun sebalik nya jika semakin pelan *speed* mesin maka *bonding strenght* akan naik. Hal itu dibuktikan dengan hasil eksperimen Taguchi dan *trend* data parameter *existing*.
3. Berdasarkan data *existing* dan hasil eksperimen *Taguchi* disimpulkan bahwa *setting* parameter minimal yang bisa diterapkan agar bisa mendapatkan nilai *bonding strenght* minimal 1,5 newton adalah *Speed* 55 m/menit, *drying temperature* 85° C, tekanan *press* 4 bar, dan viskositas lem 2,9 ml/detik.

#### 4.3.5 Hasil *Setting Level Optimal*

Dengan melihat hasil perhitungan analisis respon rata rata, analisis *S/N Ratio*,

dan dibuktikan dengan eksperimen konfirmasi, maka penentuan setting parameter terbaik diambilkan pada faktor-faktor yang secara langsung mempengaruhi nilai pengukuran *bonding strenght* yang secara perhitungan nilainya paling tinggi. Sehingga pemilihan *setting* parameter mesin Laminasi Grota yang terbaik untuk menjadikan nilai *bonding strenght* optimum antara aluminium foil dan *Ivory board* seperti pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.13** – Hasil *setting* parameter Optimal

	Faktor	Level	Nilai
A	<i>Line Speed</i>	1	50 m/menit
B	Suhu Pemanas	3	100° C
C	Tekanan <i>Roll Press</i>	2	5 Bar
D	Viskositas Lem	3	2,2 ml/detik

#### 4.4 Pembuktian Hipotesa

Eksperimen konfirmasi atau uji verifikasi eksperimen merupakan pengujian ulang sebagai pembuktian hipotesa perancangan eksperimen yang dijalankan pada kombinasi level faktor terbaik yang dipilih berdasarkan hasil *orthogonal array* dan Anova dari eksperimen Taguchi. Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan bahwa *setting* parameter mesin optimal dapat diterima. Hal itu dapat dikonfirmasi dari perhitungan ( $T_{hitung}$ ) dengan karakteristik kualitas *Larger The Better*. Syarat penolakan  $H_0$  adalah  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , sedangkan hasil uji konfirmasi  $t_{hitung} < t_{tabel} = -0,8621 < 1,99006$  sehingga menerima  $H_0$ , maka uji hipotesis pada eksperimen konfirmasi diterima.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Untuk mendapatkan *setting* parameter Mesin *Laminating* untuk mendapatkan nilai *bonding strenght* tertinggi maka harus dilakukan penentuan berapa banyak level dan faktor terkendali berdasarkan bentuk standart *orthogonal array* untuk Taguchi setelah itu dibuat menjadi matrik *Orthigonal Array*. Hasil matrik tersebut digunakan untuk melakukan berapa banyak pengujian atau pengukuran yang akan dilakukan dalam ekperimen. Dalam perancangan ini *Orthogonal Array* yang dipakai adalah  $L_9(3^4)$  dimana terdiri dari 3 faktor dan 3 level. Hasil percobaan atau pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali (tepi kiri, tengah, dan tepi kanan) pada setiap konfigurasi *setting* parameter berdasarkan matrik. Setelah mendapatkan nilai pengukuran, data tersebut diolah untuk dianalisis berdasarkan nilai rata-rata dan *S/N Ratio* dan dibuktikan dalam tabel *Annova* sehingga akan mendapatkan hipotesis dan mengetahui faktor berpengaruh serta mengetahui *setting* parameter optimal yang terpilih. Hal itu dikonfirmasi dari karakteristik kualitas *Larger The Better* yang syarat penolakan  $H_0$  adalah  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , sedangkan hasil uji konfirmasi  $t_{hitung} < t_{tabel} = -0,8621 < 2,05553$  sehingga menerima  $H_0$ , maka uji hipotesis pada eksperimen konfirmasi diterima.
2. *Setting* parameter optimal untuk mesin Laminasi Grota guna memperoleh nilai pengukuran *bonding strenght* tertinggi adalah :
  - a. A2 ( *Line Speed* ) = 50 meter/menit
  - b. B3 ( Suhu Pemanas ) = 100° C
  - c. C2 ( Tekanan *Roll Press* ) = 5 Bar
  - d. D3 ( Viskositas Lem ) = 20 detik

3. Pada perancangan eksperimen Taguchi membagi menjadi dua jenis faktor terkendali dan tidak terkendali. Faktor tersebut dalam pengujian ini adalah :
  - a. Faktor terkendali : *Line speed*, suhu pemanas, tekanan *roll press*, dan viskositas lem
  - b. Faktor tak terkendali : Suhu lingkungan, kondisi mesin, dan kondisi bahanKeempat faktor terkendali tersebut secara data perhitungan mempengaruhi nilai pengukuran *bonding strenght* antara aluminium foil dan kertas *ivory board*.

## 5.2 Saran

Ada beberapa saran yang perlu penulis sampaikan untuk perancangan eksperimen ini :

1. Selalu mengontrol setiap parameter setting mesin supaya setiap jalan produksi hasil selalu stabil, terutama dalam hal mengontrol viskositas lem yang wajib dilakukan setiap 30 menit sekali supaya kekentalan lem tetap terjaga mengingat kondisi suhu lingkungan dan *flow* udara disekitar mesin bisa mempengaruhi kekentalan.
2. Pastikan setiap sebelum jalan produksi mesin dan perangkat pendukung mesin dalam keadaan baik atau layak digunakan, untuk menghindari kejadian yang tak terduga saat *running* mesin yang bisa mempengaruhi kualitas produk.
3. Metode perancangan *Taguchi* ini bisa digunakan pada produk lain dan mesin lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Belavendram, N. (1995). *Quality by Design: Taguchi Techniques For industrial Experimentation*. <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=12761>
- Bobst. (2019). *Laminating Process*. Bobst. <https://www.bobst.com/been/products/laminating/process/>
- Karuniawan, B. W., Rachman, F., & Yoningtias, M. T. (2022). Metode Taguchi Untuk Optimasi Parameter Mesin Printer 3D Terhadap Kualitas Produk Material Abs. *Austenit*, 14(2), 61–68. <http://doi.org/10.5281/zenodo.7265857>
- Kurniawan, I. (2010). *Perancangan Eksperimen Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Kerupuk Palembang Dengan Menggunakan Metode Taguchi (Studi Kasus : Usaha Kecil Dan Menengah (Ukm) Dua Saudara)*. <https://repository.uin-suska.ac.id/10798/>
- Muttaqin, B. I. A. (2019). Telaah Kajian dan Literature Review Design of Experiment (DoE). *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 1(1), 33–40. <https://doi.org/10.52435/jaiit.v1i1.10>
- Pura. (2021). *Metalized Paper & Board*. Pura Group. <https://www.puragroup.com/id/metalized-paper-board-29/>
- Putro, S. W. (2014). Pengaruh Kualitas Layanan Dan Kualitas Produk Terhadap Kepuasan Pelanggan Dan Loyalitas Konsumen Restoran Happy Garden Surabaya. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 2(1), 1–9. <http://publication.petra.ac.id/index.php/manajemen-pemasaran/article/view/1404>
- Raharjo, S. (2012). Anova. *SPSS Indonesia*, 6, 282. [https://lms-paralel.esaunggul.ac.id/pluginfile.php?file=/198282/mod\\_resource/content/1/9\\_7251\\_NSA739\\_052019.pdf](https://lms-paralel.esaunggul.ac.id/pluginfile.php?file=/198282/mod_resource/content/1/9_7251_NSA739_052019.pdf)
- Robert, L. (1990). *Designing For Quality : an Introduction to the best of Taguchi an Western methods of Statistical Experimental Design*. <https://archive.org/details/designingforqual00loch/mode/2up>
- Sidi, P., & Wahyudi, M. T. (2013). Aplikasi Metoda Taguchi Untuk Mengetahui Optimasi Kebulatan Pada Proses Bubut Cnc. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(2),

101–108. <https://media.neliti.com/media/publications/130640-ID-aplikasi-metoda-taguchi-untuk-mengetahui.pdf>

Suwarno, Debataraja, N. N., & Rizki, S. W. (2017). Optimasi kualitas Hallow Block dengan Metode Taguchi. *Optimasi Kualitas Hallow Block Dengan Metode Taguchi*, 6(01), 61–68. [https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1557082&val=2316&title=OPTIMASI KUALITAS HALLOW BLOCK DENGAN METODE TAGUCHI](https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1557082&val=2316&title=OPTIMASI%20KUALITAS%20HALLOW%20BLOCK%20DENGAN%20METODE%20TAGUCHI)

Yuliana, E. (2016). *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Furniture Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQL) dan Taguchi Pada PT. Ebako Nusantara* (Issue November, pp. 1–23).

Yulianti, A. (2017). *Penentuan Parameter Setting Mesin 5 Pada produksi Benang Silkra Tpe 81/84 Dengan Menggunakan Metode Taguchi Untuk Mencapai Nilai Kualitas Denier Yang Ditargetkan*. Universitas Sultan Agung Semarang.

