

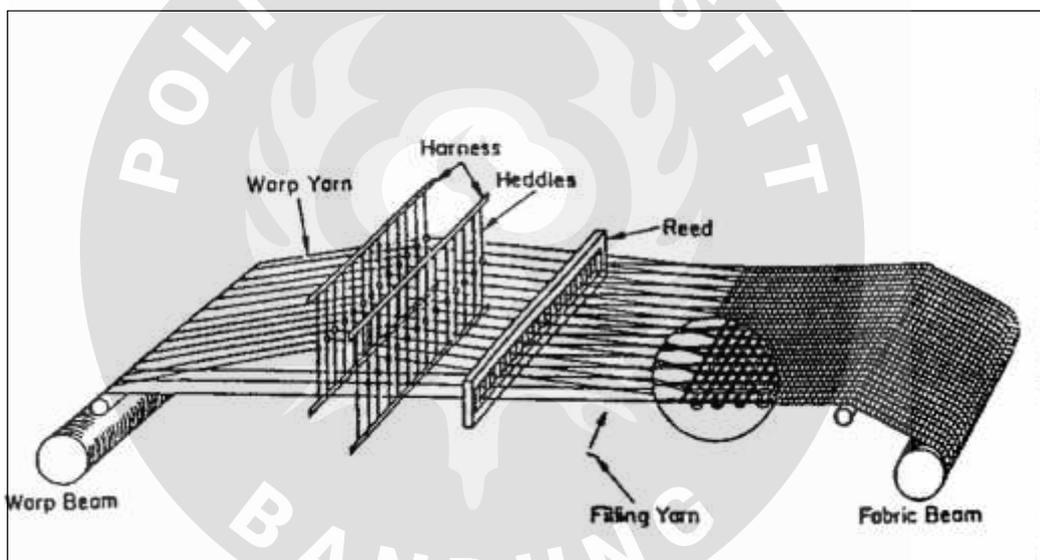
BAB II

TEORI DASAR

2.1 Proses Pertenunan

Menenun adalah suatu metoda pembuatan kain dengan cara menganyam atau menyilangkan antara benang lusi dan pakan yang letaknya tegak lurus satu sama lain. Untuk menenun sebuah kain diperlukan sebuah alat tenun. Dalam perkembangannya alat tenun menurut cara menjalankannya dapat dibedakan menjadi:

1. Alat tenun gedogan yang dijalankan dengan tangan.
2. Alat tenun bukan mesin (ATBM), yang dijalankan dengan menggunakan kaki dan tangan.
3. Alat tenun mesin yang sumber gerakannya motor yaitu *rapier*, *water jet loom*, *air jet loom* dan proyektil.



Sumber: Sabit Adanur, Pengetahuan Teknologi Pertenunan, hal 115

Gambar 2.1 Skema Proses Menenun

Prinsip kerja alat tenun mesin pada dasarnya sama dengan prinsip kerja alat tenun bukan mesin, tetapi terdapat perbedaan yaitu pada sumber gerakannya. Sumber gerakan ATM berasal dari motor sehingga operator dapat mengoperasikan lebih dari satu mesin. Perbedaan lain yaitu anyaman yang dihasilkan juga dapat lebih bervariasi, hal ini dikarenakan ada berapa penyempurnaan dari proses pembukaan mulut lusi sehingga anyamannya lebih bervariasi terutama apabila kita menggunakan mesin tenun *jaquard*. Ada beberapa dampak positif yang didapat dari perubahan ini, yaitu peningkatan produksi, peningkatan efisiensi, penambahan variasi pola kain, peningkatan kualitas. Meskipun tidak bisa kita pungkiri juga terdapat dampak negatifnya, yaitu polusi suara, meningkatnya kecelakaan

kerja, mencemari lingkungan untuk mesin jenis tertentu, melunturkan budaya bangsa/kerajinan khas daerah.

Pada alat tenun mesin ada perubahan yang cukup menarik pada gerakan pembentukan mulut lusi yang sudah tidak bergantung pada sistem rol lagi yaitu:

1. gerakan langsung dari gun dengan perantara eksentrik
2. gerakan tidak langsung dari gun dengan perantara dobby
3. gerakan dari *jaquard*

Secara prinsipnya, dalam pembuatan kain tenun ada tiga gerakan, yaitu:

2.1.1 Gerakan *Primer* (pokok), yang meliputi:

1. Gerakan pembukaan mulut lusi (*shedding motion*)

Yaitu gerakan yang terjadi karena adanya gerakan naik kelompok benang-benang lusi tertentu dan gerakan turun kelompok benang-benang lusi tertentu. Akibat dari pembukaan mulut lusi terbentuklah sebuah celah yang disebut mulut lusi. Pada ATBM pembukaan mulut lusi terjadi karena adanya peralatan: injakan, tali ikatan, kamran, matagun, tali penghubung, dan rol kerek.

2. Gerakan peluncuran pakan (*filling insertion*)

Yaitu gerakan memasukan benang pakan pada mulut lusi yang telah terbentuk. Pada ATBM peralatan yang berfungsi untuk meluncurkan benang pakan: batang pemukul, tali penarik *picker*, picker (pemukul), laci teropong, teropong, dan palet. Gerakan ini terjadi karena teropong yang membawa benang pakan dipukul oleh *picker* bolak-balik dari kanan ke kiri melalui mulut lusi.

3. Gerakan pengetekan (*beating motion*)

Yaitu gerakan merapatkan benang pakan yang telah diluncurkan dengan kain. Gerakan ini terjadi karena adanya gerakan maju mundur dari lade yang mempunyai sisir tenun yang digerakkan oleh tangan.

2.1.2 Gerakan Sekunder, yang meliputi:

1. Gerakan penguluran lusi (*let-off motion*)

Yaitu gerakan penguluran benang lusi oleh *beam* tenun agar benang-benang mempunyai tegangan yang konstan.

2. Gerakan penggulangan kain (*take-up motion*)

Yaitu gerakan penggulangan kain yang telah dihasilkan. Gerakan ini dimaksudkan untuk untuk menjaga ketegangan benang lusi yang diproses tetap konstan.

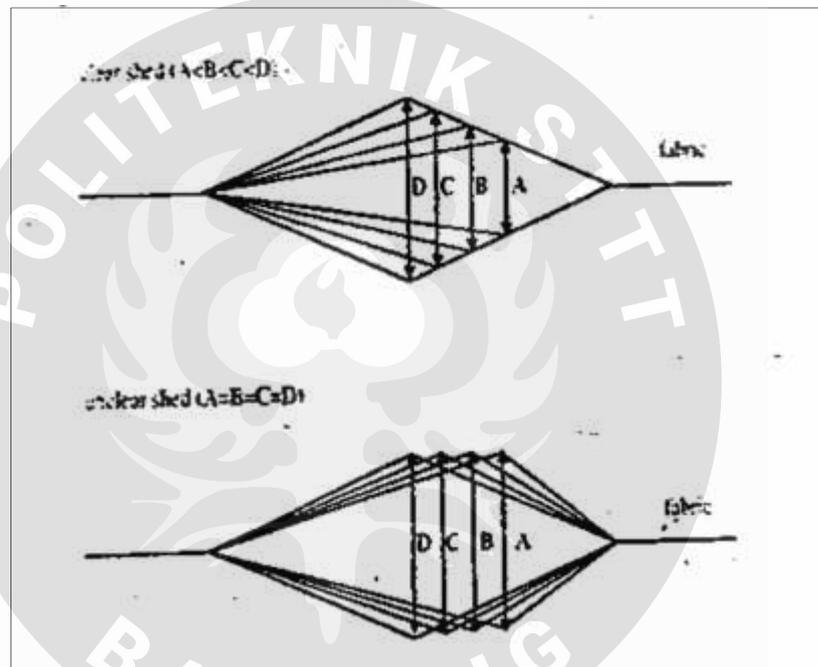
2.1.3. Gerakan Otomatisasi, yang meliputi:

1. Gerakan penjaga lusi putus (*warp stop motion*)
2. Gerakan penjaga pakan putus (*weft stop motion*)
3. Lain-lain

Supaya benang pakan dalam palet yang disimpan dalam teropong dapat meluncur dengan baik tanpa hambatan, mulut lusi yang terbentuk haruslah bersih.

Syarat mulut lusi yang baik adalah:

1. Bersih, dimana jarak dasar luncur teropong dengan mulut lusi bawah 1-2 mm. Teropong bagian belakang menempel rapat pada sisir tenun.



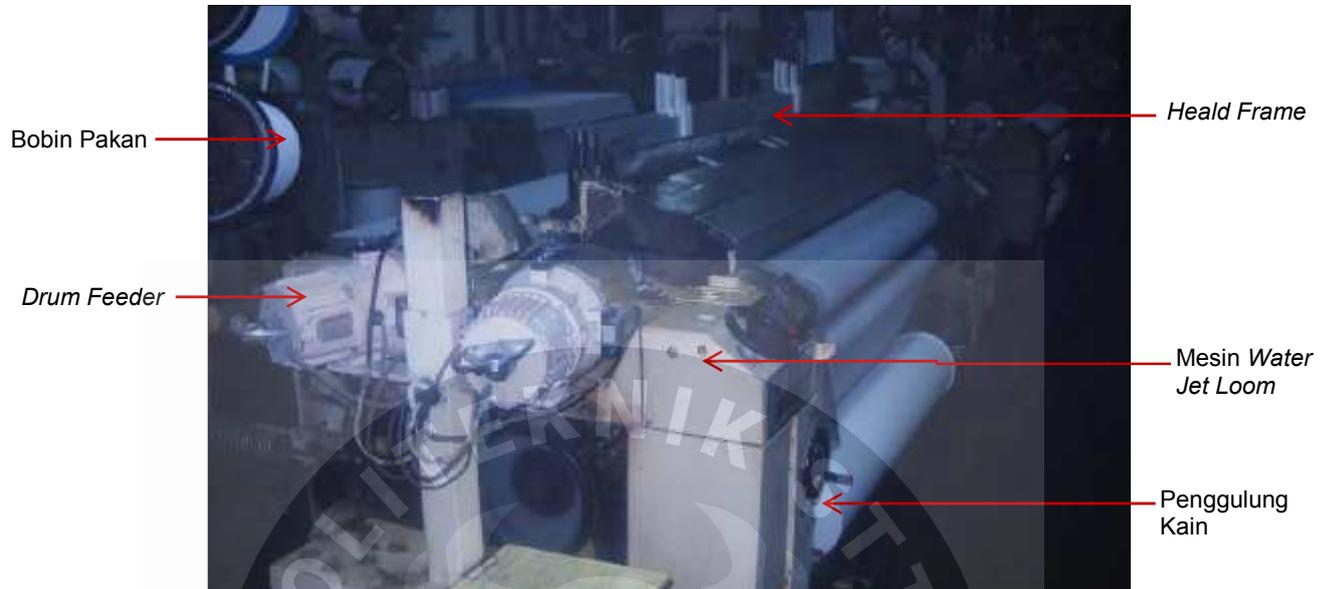
Sumber: Sabit Adanur, Pengetahuan Teknologi Pertenunan, hal 116

Gambar 2.2 Mulut lusi bersih dan tidak bersih

2. Mudah dilalui benang pakan, artinya besar mulut yang terbentuk haruslah lebih dari tinggi teropong yang digunakan. Perlu diperhatikan, jika mulut lusi terlalu besar, hal ini akan menyebabkan tegangan lusi akan besar sehingga mulur lusi akan besar pula. Tinggi mulut lusi harus diatur dan disesuaikan dengan tinggi teropongnya.
3. Tidak menyebabkan banyaknya benang lusi yang putus. Hal ini dapat diatur dengan mengatur tinggi mulut lusinya.

2.2 Tinjauan terhadap Mesin *Water Jet Loom*^[5]

Mesin *water jet loom* adalah mesin bertekanan tinggi yang menggunakan sistem peluncuran pakan dengan media air. Gaya tarik dihasilkan oleh kecepatan relatif antara benang pakan dengan air yang disemprotkan.



Sumber: Bagian Pertenunan I unit CW PT CGN, 2015

Gambar 2.3 Mesin *Water Jet Loom*

Jika tidak ada perbedaan kecepatan antara air dan benang, maka benang tidak akan tegang dan akan menyebabkan *curling* dan *snarling* pada benang. Gaya tarik dapat dipengaruhi oleh viskositas air dan kekasaran permukaan dan panjang benang pakan. Viskositas yang tinggi menyebabkan gaya tarik yang lebih besar. Viskositas ini tergantung pada temperatur air.

Mengacu pada viskositas air dan tegangan permukaannya, mesin tenun *water jet loom* memiliki daya aliran semprotan yang kompak sehingga semprotan air tidak mudah terurai dan memiliki zona dorongan yang lebih panjang. Selain itu tidak terdapat gaya-gaya ke arah melintang yang membuat peluncuran berubah bentuk. Elemen yang bergerak dalam keadaan basah bersifat masif yang membuat benang pakan sulit untuk terurai dan tersangkut pada benang lusi.

Lebar sisir tenun yang digunakan disesuaikan dengan semprotan air. Diameter semprotan air sekitar 0,1 cm dan volume air yang digunakan antara 2-3 cc per peluncuran pakan. Sistem peluncuran dapat dilakukan dengan menggunakan 2 buah pakan atau lebih yang diatur sedemikian rupa sehingga dapat diluncurkan secara bergantian untuk menghasilkan efek yang berbeda.

2.3 Tinjauan terhadap Peluncuran Pakan (*Filling Insertion*) pada Mesin *Water Jet Loom Tsudakoma ZW 305*

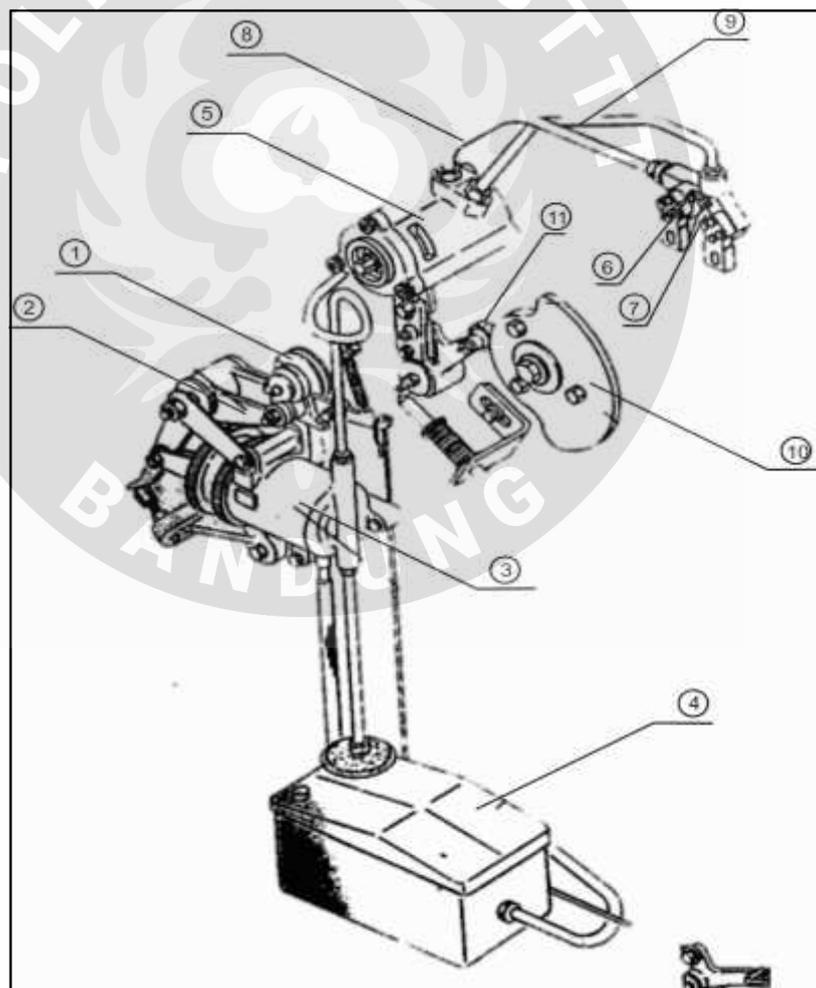
Prinsip peluncuran pakan benang pakan dengan mesin *water jet loom* sama dengan mesin tenun *air jet loom*, kedua mesin tersebut menggunakan media untuk membawa benang pakan. Terdapat hal yang perlu diperhatikan pada saat peluncuran pakan yaitu:

1. Mekanisme aliran air dari *water tank* hingga *catchcord*.
2. *Timing Diagram*.

2.3.1 Mekanisme Aliran Air dari *Water Tank* hingga *Catchcord*.

Terdapat tiga tahap aliran air yang membawa benang pakan dari *water tank* hingga air membawa benang pakan ke ujung *catchcord*. Penjelasan sebagai berikut:

2.3.1.1 Percepatan di dalam Pompa sebagai Pendorong Injeksi ke dalam *Nozzle* oleh Peralatan Peluncuran Pakan.

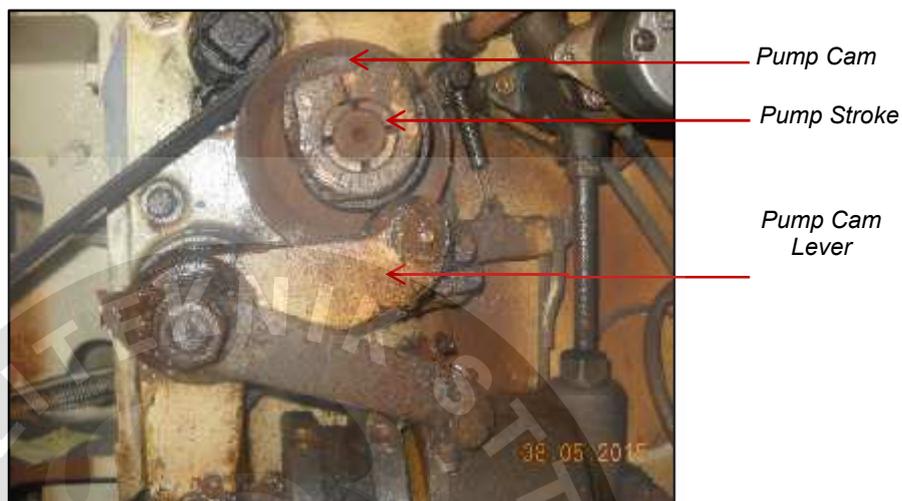


Sumber: Tsudakoma ZW 305 manual book

Gambar 2.4 Peralatan Peluncuran Pakan

2.3.1.1.1 Bagian dan fungsi dari peralatan peluncuran pakan Gambar 2.4

1. *Pump camp* (1) berfungsi memberikan tarikan pada *spring* yang dihubungkan dengan *pump cam lever*. Pengaturan *pump camp* dengan cara mengubah *pump stroke* yang berfungsi mengatur jumlah kapasitas air yang akan di semprotkan. Pengaturan berkisar antara 8 mm hingga 12 mm.



Sumber Bagian Pertununan I unit CW PT CGN, 2015

Gambar 2.5 Pump Cam dan Pump Cam Lever

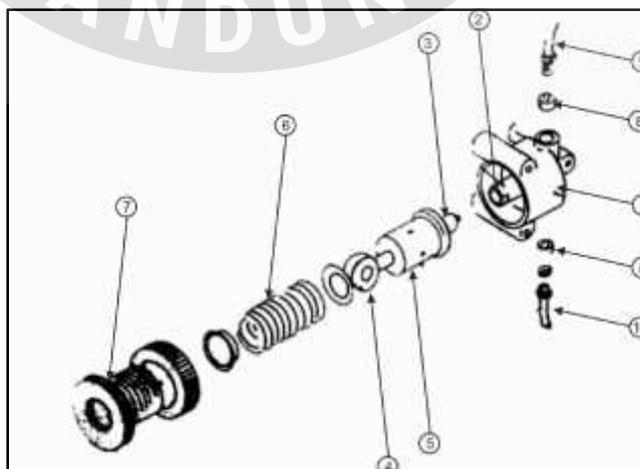
2. *Pump cam lever* (2)

Pump cam lever berfungsi menghubungkan *pump cam* dengan *plunger Joint*.

3. *Pump* (3)

Pump atau pompa merupakan bagian yang memiliki fungsi sebagai pemberi gaya dorong atau tekanan pada air dari *water tank* hingga ujung *catchcord*.

Berikut bagian-bagian yang ada di dalam pompa sebagai berikut:



Sumber: Tsudakoma ZW 305 manual book

Gambar 2.6 Pump

Keterangan Gambar 2.6:

- *Body* (1)

Body berfungsi sebagai pembungkus bagian-bagian pompa.

- *Cylinder* (2)

Cylinder berfungsi sebagai tempat air yang akan diberikan tekanan.

- *Plunger Assy* (3)

Plunger assy berfungsi menarik sejumlah air dari *water tank* untuk diberikan tekanan.

- *Plunger Joint* (4)

Plunger joint berfungsi sebagai penghubung antar *pump cam lever* dengan *spring seat*.

- *Spring Seat* (5)

Spring seat berfungsi sebagai penarik *pump spring* agar memendek dan memberikan tekanan.

- *Pump Spring* (6)

Pump spring berfungsi memberikan tekanan pada air.

- *Spring Cap* (7)

Spring cap berfungsi mengatur jarak *pump dimension* yang memberikan variasi tekanan.

- *Valve Stopper* (8)

Valve stopper berfungsi sebagai katup masuk dan keluarnya air.

- *Outlet Tube* (9)

Outlet tube berfungsi sebagai pipa penghubung dari pompa menuju *nozzle*.

- *Inlet Tube* (10)

Inlet tube berfungsi sebagai pipa penghubung dari *water tank* menuju *pump*.

Cara kerja sebagai berikut:

Pump cam melakukan rotasi menarik *plunger joint* (4), lalu *plunger assy* (3) yang kedap, menarik air dari bagian *cylinder* (2). *Spring seat* (5) yang ikut tertarik menekan *pump spring* (6) sehingga terjadi pemendekan dan menimbulkan gaya tekan atau *spring force*. Gaya tekan kemudian dilepaskan menjadi gaya dorong atau *pressure* pada *cylinder* (2) yang membuat air disemprotkan melewati *outlet tube* (9) hingga menuju ujung *catchcord*.

4. Water Tank (4)

Water tank berfungsi menyimpan air yang akan disemprotkan oleh pompa. Air yang disemprotkan memiliki syarat-syarat tertentu agar bisa disemprotkan dan tidak terjadi masalah yaitu:

1. Air yang dipakai tidak menyebabkan benang menjadi kotor oleh residu, mangan besi dan sebagainya.
2. Air yang ditampung harus bersih dari kotoran.
3. Temperatur 16-20 °C

Spesifikasi air yang digunakan pada proses pertununan dengan menggunakan *water jet loom*, dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi Air untuk Digunakan Mesin Water Jet Loom

Analisa	Standar Optimum	Standar Yang Digunakan	Komponen Utama
Turbidity	< 1.1 ppm	< 2.0 ppm	Bahan organik fragmen dari binatang, tanaman, humus, dan mikroba
pH (25°C)	6,8 – 7,2	6,7 – 7,5	-
Total Hardness (kesadahan)	< 25 ppm	< 30 ppm	Ca ²⁺ , Mg ²⁺
Total Besi dan Mangan	< 0,15 ppm	< 0,20 ppm	Ionoxide Fe ²⁺ , Mn ²⁺
Chlor Bebas	< 0,1 ppm	< 0,3 ppm	Cl ₂ air yang mengandung <i>chlor</i> seperti air perkotaan bukan air alami
Alkalinitas	< 30 ppm	< 60 ppm	HCO ₃ yang diproduksi oleh kekurangan mineral
Konsumsi untuk Permanganat (COD)	< 2 ppm	< 3 ppm	Zat organik: Bakteri, jamur, dll.
Sisa Penguapan	< 100 ppm	< 150 ppm	Ada Kotoran dalam air
Suhu Air	16-20 °C	14-20 °C	-

Sumber: Tsudakoma ZW 305 manual book

5. *Change-over Valve* atau *Solenoid* (5)

Change-over valve atau *solenoid* berfungsi mengatur semprotan air melewati *outlet tube* (8) atau *outlet tube* (9).



Change-over Valve atau *Solenoid*

Sumber: Bagian Pertenunan I unit CW PT CGN, 2015

Gambar 2.7 *Change-over Valve* atau *Solenoid*

6. *Nozzle* (6) dan (7)

Nozzle berfungsi sebagai tempat mengeluarkan semprotan air.

7. *Outlet Tube* (8) dan *Outlet Tube* (9)

Outlet tube berfungsi sebagai pipa penghubung dari *Solenoid* menuju *nozzle*.

8. *Control Cam* (10)

Control cam berfungsi mengatur pergerakan *Solenoid*.

9. *Change valve lever Bowl* (11)

Change valve lever Bowl berfungsi menghubungkan *control cam* dengan *Solenoid*.

2.3.1.1.2 Cara Kerja dari Peralatan Peluncuran Pakan Pada Gambar 2.4

Berikut adalah cara kerja peralatan peluncuran pakan:

Pump Cam (1) melakukan rotasi menggerakkan *pump cam lever* (2) dan bergerak naik untuk mengisap air dari *water tank* (4) ke dalam pump (3). Kemudian pump (3) yang memiliki gaya tekan mendorong air melewati bagian *Change-over valve* (5). Pada *Change-over valve* (5) air diatur untuk menentukan pakan pertama atau kedua yang akan diluncurkan. Kemudian air melewati *Outlet tube* (8)(9) dan keluar dari *nozzle* (6)(7) [9].

2.3.1.2 Keluaran Semprotan Air dari dalam *Nozzle*



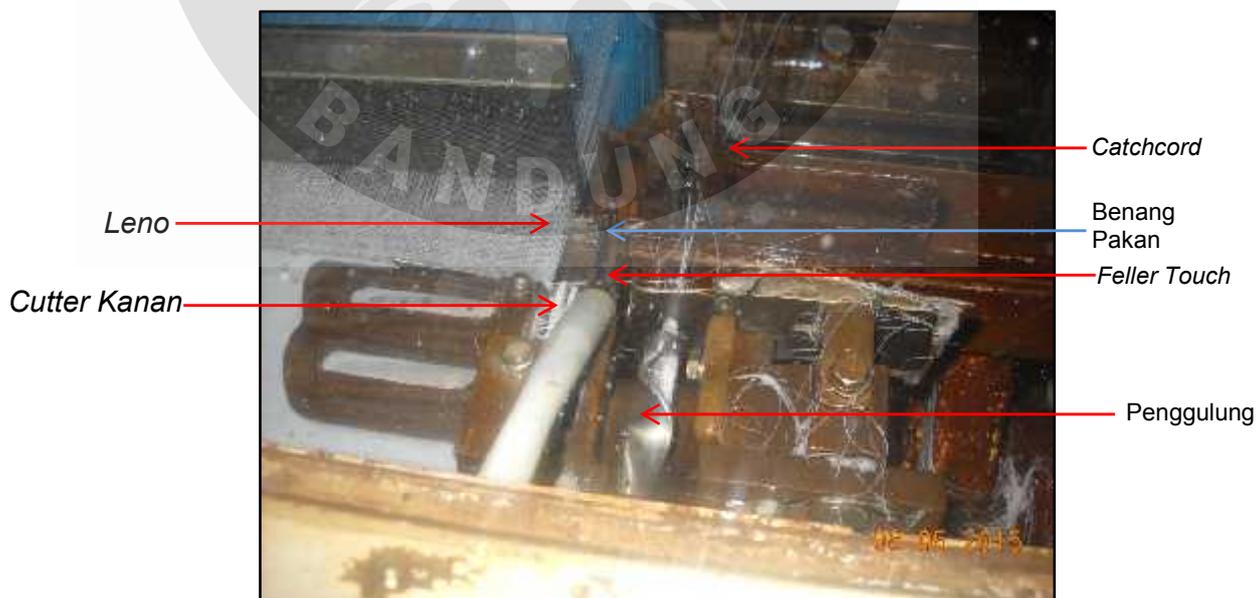
Sumber: Bagian Pertenunan I unit CW PT CGN, 2015

Gambar 2.8 Jet Angle dan Lead Water

Di dalam *nozzle* terdapat benang pakan yang telah disuapkan. Benang yang disuapkan kemudian dibawa oleh air hingga ujung *catchcord*.

2.3.1.3 Aliran Semprotan Air yang Membawa Benang Pakan ke dalam Mulut Lusi hingga *Catchcord*

Air yang masuk ke dalam susunan mulut lusi kemudian membawa benang pakan melewati susunan benang lusi. Kemudian melewati mulut leno dan benang pakan

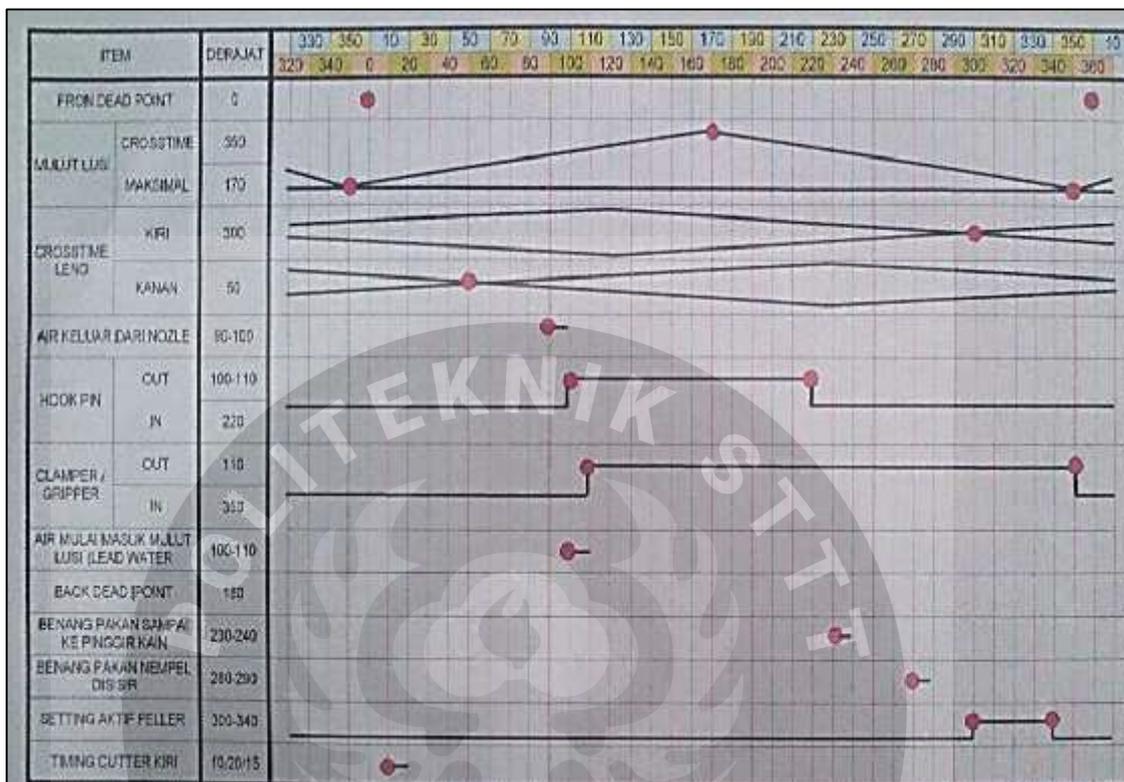


Sumber: Bagian Pertenunan I unit CW PT CGN, 2015

Gambar 2.9 Air yang Membawa Benang Pakan hingga *Catchcord*

dideteksi oleh *feeler touch* pada *timing* tertentu lalu mencapai *catchcord*. Benang pakan yang telah mencapai *catchcord* digunting oleh cutter pada *timing* tertentu dan sisa benang pakan terbawa oleh pengguling menjadi limbah.

2.3.2 Timing Diagram^[9]



Sumber: Bagian PPC, 2015

Gambar 2.10 Timing Diagram Mesin WJL Tsudakoma

Berikut adalah penjelasan *Timing Diagram* proses peluncuran pakan:

0° = *Front Dead point* atau posisi poros engkol berada pada titik mati belakang

10°- 20° = *Cutter* kiri memotong benang pakan

50° = Leno kanan dalam proses *Crossing Time* atau mulut leno tertutup

90°-100° = air keluar dari *nozzle* (*jet angle*)

100° = *Hook pin* terbuka lalu air mulai masuk benang lusi (*lead water*)

110° = *Clamper* terbuka

170° = Mulut benang lusi terbuka maksimal

180° = *Back Dead point* atau posisi poros engkol berada pada titik mati depan

220° = *Hook pin* tertutup

230°-240° = Benang pakan sampai ke pinggir kain

280°-290° = Benang pakan menempel pada sisir (*reed touch*)

300° = Leno kiri dalam proses *Crossing Time* atau mulut leno tertutup

300°-340° = *Feeler touch* aktif

350° = Mulut benang lusi tertutup dan *Clamper* tertutup

360° = *Front Dead point* atau posisi poros engkol berada pada titik mati belakang

2.4 Tinjauan terhadap Cacat Pakan Tidak Sampai

Pakan tidak sampai dapat disebut juga sebagai kegagalan peluncuran pakan. Kegagalan yang dimaksud dalam skripsi ini adalah keadaan dimana benang pakan tidak dapat mencapai ujung *catchcord*. *Weaving Manual Troubleshooting ZW Water Jet Loom (1995:34)* menyatakan pakan tidak sampai adalah “ *A miss-pick (defective pick) whose length is less than the specified length*” [9].



Sumber: Bagian Pertenunan I unit CW PT CGN, 2015

Gambar 2.11 Pakan Tidak Sampai

Berikut faktor- faktor yang menyebabkan pakan tidak sampai selama proses pertenunan pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Mesin Stop, Penyebab dan Penanggulangan^[10]

Masalah	Klasifikasi	Penyebab	Penanggulangan
Pakan tidak sampai (Terjadi pada proses pertenunan)	Bagian Peluncuran Pakan	1. Penyuaipan pakan tidak memadai (Kekurangan tekanan pompa air)	Pengaturan pada <i>pump dimension</i>

Tabel 2.2 Mesin Stop, Penyebab dan Penanggulangan (Lanjutan)

Masalah	Klasifikasi	Penyebab	Penanggulangan
Pakan tidak sampai (Terjadi pada proses pertenuan)	Bagian Peluncuran Pakan	2. <i>Timing Clamp</i>	Mengatur <i>timing clamp</i> sesuai standar
		3. <i>Change-over Valve</i> yang tidak berjalan dengan halus	Memeriksa <i>control cam</i>
		4. Kesalahan pergantian <i>Change-over Valve</i>	Mengecek pengaturan <i>Change-over Valve</i>
	Bagian <i>Measuring</i>	1. Kotoran pada bagian <i>Drum Penyuap</i>	Pembersihan pada bagian <i>drum</i>
		2. Proses <i>balloning</i> yang tidak benar dalam melepaskan benang pakan dari <i>drum</i>	Mengatur kembali posisi <i>ballooning</i> dan penyuapan benang
		3. Pergeseran bagian tengah dari <i>ballon breaker</i>	Kembalikan posisi ke tengah
		4. <i>Control Lever</i> tidak bergerak sebagai mestinya	Mengganti <i>control lever</i>
		5. Benang tertangkap oleh <i>drum</i>	Mengatur <i>timing drum</i>
	Bagian Pergantian Pakan	1. Tenaga pada penyuapan pakan kurang	Memeriksa <i>flying timing</i> , memeriksa pembukaan <i>nozzle</i>
	Bagian <i>Yarn Supply Package</i>	1. Variasi dari <i>tension</i>	Mengatur <i>tension</i> kembali agar tegangan sama

Sumber: Tsudakoma ZW 305 manual book

2.5 Tinjauan terhadap Tekanan Pompa terhadap Pakan Tidak Sampai

Tekanan pada pompa berasal dari peer (*spring*). Peer (*spring*) adalah elemen mesin flexibel yang digunakan untuk memberikan gaya, torsi, dan juga untuk menyimpan

atau melepaskan energi. Energi disimpan pada benda padat dalam bentuk *twist*, *stretch*, atau kompresi. Energi di-*recover* dari sifat elastis material yang telah terdistorsi. Pegas haruslah memiliki kemampuan untuk mengalami defleksi elastis yang besar. Beban yang bekerja pada pegas dapat berbentuk gaya tarik, gaya tekan, atau torsi (*twist force*). Pegas umumnya beroperasi dengan '*high working stresses*' dan beban yang bervariasi secara terus menerus. Beberapa contoh spesifik aplikasi pegas adalah:

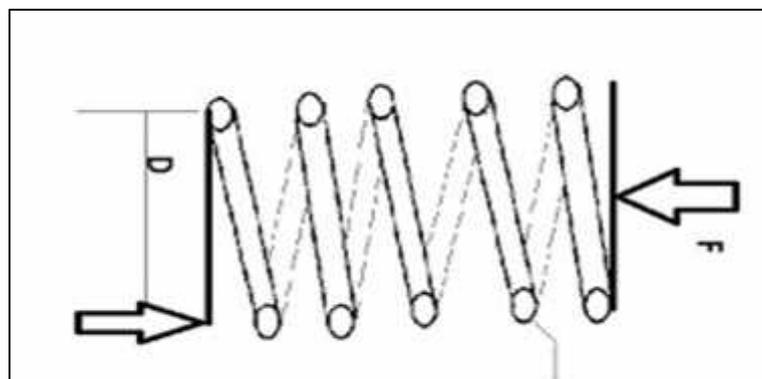
1. Untuk menyimpan dan mengembalikan energi potensial, seperti misalnya pada '*gun recoil mechanism*'.
2. untuk memberikan gaya dengan nilai tertentu, seperti misalnya pada '*relief valve*'.
3. untuk meredam getaran dan beban kejut, seperti pada mobil.
4. untuk indikator/kontrol beban, contohnya pada timbangan.
5. untuk mengembalikan komponen pada posisi semula, contohnya pada '*brake pedal*'.

Pegas helix tekan yang paling umum adalah pegas kawat dengan penampang bulat, diameter *coil* konstan, dan *pitch* yang konstan. Geometri utama pegas helix adalah diameter kawat d , diameter rata-rata *coil* D , panjang pegas bebas L_f , jumlah lilitan N_t , dan *pitch* p . *Pitch* adalah jarak yang diukur dalam arah sumbu *coil* dari posisi center sebuah lilitan ke posisi center lilitan berikutnya. Indeks pegas C , yang menyatakan ukuran kerampingan pegas didefinisikan sebagai perbandingan antara diameter lilitan dengan diameter kawat.

$$C = D / d$$

Index pegas biasanya berkisar antara $3 \div 12$. Jika $C < 3$, maka pegas sulit dibuat, sedangkan jika $C > 12$, maka pegas mudah mengalami buckling.

2.5.1 Gaya Pegas atau *Spring Force*



Gambar 2.12 Pegas

Pegas sangat erat kaitannya dengan **hukum Hooke** yang berbunyi "**Bila pada sebuah pegas bekerja sebuah gaya, maka pegas tersebut akan bertambah panjang/pendek sebanding dengan besarnya gaya yang mempengaruhi pegas tersebut**".

Sesuai dengan hukum *Hooke*, maka gaya berat (F) yang diberikan sebanding dengan pertambahan/pengurangan panjang pegas (x) sehingga semakin besar gaya berat yang diberikan, maka semakin besar pula pertambahan/pengurangan panjang pada pegas.

Hukum *Hooke* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = k \cdot x$$

$$F = |F| = k \cdot |x| \\ = k \cdot x$$

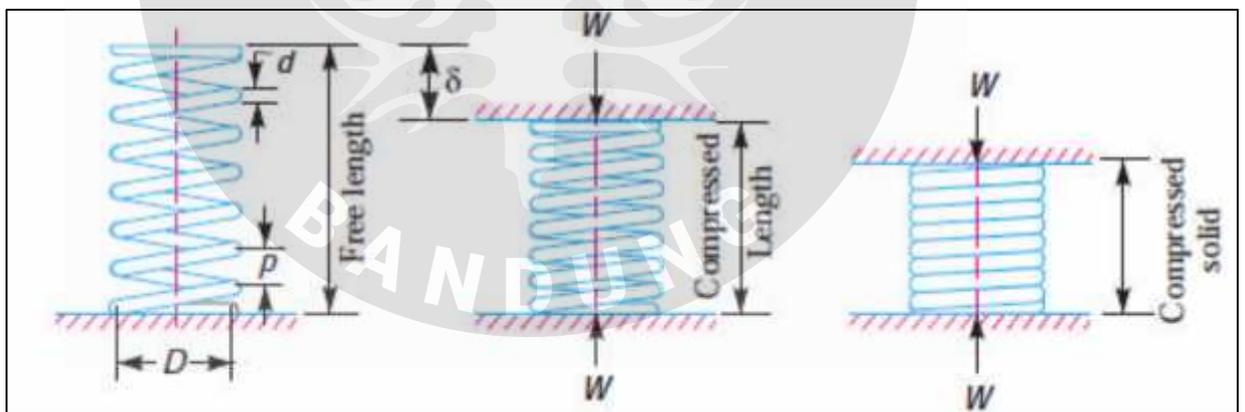
Keterangan:

F = gaya yang bekerja pada pegas (N)

k = konstanta pegas (N/m)

x = pertambahan panjang pegas (m)

2.5.2 Tekanan Pegas atau *Pressure*^[4]



Gambar 2.13 Pegas Tekan

- Panjang Rapat (*Solid length of the spring*):

$$L_s = n' d$$

Dimana: n' = jumlah koil lilitan

d = diameter kawat

- Panjang Bebas (*Free length of the spring*)

$$L_F = n' d + \delta_{\text{mak}} + (n' - 1) \times 1 \text{ mm}$$

Dalam kasus ini, jarak antara dua kumparan yang berdekatan diambil 1 mm.

- **Indek pegas (C)**

Didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara diameter pegas dengan diameter kawat, persamaannya adalah:

$$\text{Indek pegas (C)} = \frac{D}{d}$$

Dimana: D = diameter lilitan / pegas

- **Spring rate (k)**

Didefinisikan sebagai beban yang diperlukan per unit defleksi pegas, persamaannya adalah:

$$k = \frac{W}{\delta}$$

Dimana: W = Beban

δ = Defleksi dari pegas

- **Pitch (p)**

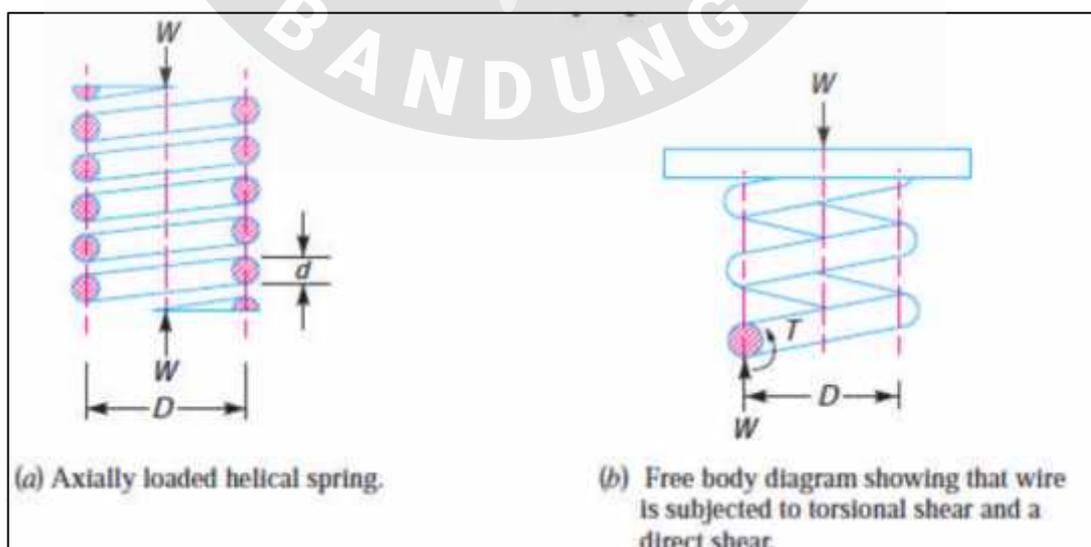
Didefinisikan sebagai jarak aksial antara kumparan yang berdekatan pada daerah yang tidak terkompresi, persamaannya adalah:

$$\text{Pitch (p)} = \frac{\text{Panjang Bebas}}{n' - 1}$$

Atau dapat dicari dengan cara:

$$\text{Pitch of The Coil (p)} = \frac{LF - LS}{n'} + d$$

- **Tekanan pada pegas Helix**



Gambar 2.14 Pegas Helix

Keterangan:

D = Mean diameter of spring coil

d = Diameter of the spring wire

n = Number of active coil

G = Modulus of rigidity for the spring material

W = Axial load on the spring

T = Maximum shear stress induced in the wire

C = Spring index = D/d

P = Pitch of the coils

δ = Deflection of the spring, as a result of an axial load W

Bila tarikan atau kompresi bekerja pada pegas ulir, besarnya momen puntir T (kg.mm) adalah tetap untuk seluruh penampang kawat yang bekerja. Untuk diameter lilitan rata-rata (diukur pada sumbu kawat) D (mm), berdasarkan kesetimbangan momen besar momen puntir tersebut adalah:

$$T = W \cdot \frac{D}{2}$$

Jika diameter kawat adalah d (mm), maka besarnya momen puntir kawat yang berkorelasi dengan tekanan geser akibat torsi τ_1 (kg/mm²) adalah:

$$\text{Torsi} = \tau_1 \times \frac{\pi}{16} \times d^3$$

Sehingga:

$$\tau_1 = \frac{16}{\pi d^3} \times \frac{DW}{2}$$

$$\tau_1 = \frac{8WD}{\pi d^3}$$

Sedangkan tekanan geser langsung akibat beban W adalah:

$$\tau_2 = \frac{\text{Load}}{\text{Cross - Sectional area of the wire}}$$

$$\tau_2 = \frac{4W}{\pi d^2}$$

Sehingga, tekanan geser maksimum yang terjadi di permukaan dalam lilitan pegas ulir adalah:

$$\tau = \tau_1 \pm \tau_2 = \frac{8WD}{\pi d^3} \pm \frac{4W}{\pi d^2}$$

$$\tau = \text{Torsional shear stress} + \text{Direct shear stress}$$

$$\tau = \frac{8WD}{\pi d^3} + \frac{4W}{\pi d^2} = \frac{8WD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{d}{2D}\right)$$

$$\tau = \frac{8WD}{\pi d^3} \left(1 + \frac{1}{2C}\right) = K_s \frac{8WD}{\pi d^3}$$

$$K_s = \text{shear stress factor} = 1 + \frac{1}{2C}$$

2.5.3 Hubungan Tekanan terhadap Pakan Tidak Sampai^[9]

Weaving Manual ZW Water Jet Loom (1995:34) menyatakan “*Filling yarn feeding force is inadequate (shortage of water pressure or amount or incorrect flying angle)*”^[9]. Artinya peluncuran pakan tidak memadai dikarenakan kekurangan tekanan air atau jumlah air atau sudut terbang. Tidak memadai maksudnya adalah peluncuran tidak sampai pada ujung yaitu pakan tidak sampai.

2.6 Statistika

Data-data hasil pengujian diolah dengan menggunakan statistik. Dasar perhitungan dan rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.6.1 Nilai Rata-Rata (\bar{x})

Perhitungan nilai rata-rata contoh uji bagi n nilai pengamatan x_1, x_2, \dots, x_n adalah sebagai berikut,

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

dimana: \bar{x} = nilai rata-rata hitung

x_i = nilai pengamatan ke-i

n = jumlah pengujian

2.6.2 Uji Hipotesis

Setelah diperoleh data-data hasil percobaan dan dihitung statistik dasarnya, perlu dilakukan pengujian untuk menyelidiki adakah perbedaan yang berarti pada rata-rata tiap perlakuan.

- Hipotesis Statistik: anggapan atau pernyataan, yang mungkin benar atau tidak, mengenai satu populasi atau lebih.
- Kebenaran (benar atau salahnya) suatu hipotesis akan diketahui dengan pasti dengan memeriksa seluruh populasi.

- Pengujian hipotesis diawali dengan pembuatan hipotesis awal atau hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1)
- Hipotesis Awal atau **Hipotesis Nol** (H_0) adalah dasar perbandingan. H_0 ditetapkan sebelum pengambilan sampel
- Penolakan H_0 membawa kita pada penerimaan **Hipotesis Alternatif** (H_1)
- $H_0 \rightarrow$ ditulis dalam bentuk persamaan (=)
- Sedangkan Nilai Hipotesis Alternatif (H_1) dapat memiliki beberapa kemungkinan.
 $H_1 \rightarrow$ ditulis dalam bentuk pertidaksamaan

2.6.3 Jenis Uji

Jenis uji yang digunakan disesuaikan dengan data yang diperoleh seperti rata-rata berpasangan, rata-rata tidak berpasangan, anova satu arah, anova dua arah dan analisis regresi dan korelasi.

2.6.4 Taraf Signifikansi

Tingkat signifikansi dinyatakan dalam persen dan dilambangkan dengan α . Misalnya, ditetapkan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau $\alpha = 10\%$. Artinya, keputusan peneliti untuk menolak atau mendukung hipotesis nol memiliki probabilitas kesalahan sebesar 5% atau 10%. Dalam beberapa program statistik berbasis komputer, tingkat signifikansi selalu disertakan dan ditulis sebagai Sig. (= significance), atau dalam program komputer lainnya ditulis *p-value*. Nilai Sig atau *p-value*, seperti telah diuraikan di atas adalah nilai probabilitas kesalahan yang dihitung atau menunjukkan tingkat probabilitas kesalahan yang sebenarnya. Tingkat kesalahan ini digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan dalam pengujian hipotesis.

2.6.5 Uji Normalitas Data Menggunakan SPSS

Uji normalitas data dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa data sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Ada beberapa teknik yang dapat digunakan untuk menguji normalitas data, antara lain uji chi kuadrat, uji *lilliefors* dan uji Kolmogorov-smirnov. Berikut penjelasan tabel normalitas data:

Tabel 2.3 Pengujian Normalitas Data

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y	,132	29	,200	,955	29	,351

Gambar di atas menunjukkan uji normalitas data menggunakan Kolmogorov-smirnov.

Hipotesisi yang diuji adalah:

Ho: Sampel berasal dari populasi berdistribusi normal

H1: Sampel tidak berasal dari popluasi berdistribusi normal.

Dengan demikian, normalitas dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi (α) tertentu (Biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji signifikan maka normalitas tidak terpenuhi. Cara mengetahui signifikan atau tidak signifikan hasil uji normalitas adalah dengan memperhatikan bilangan pada kolom signifikansi (Sig.). Untuk menetapkan kenormalan kriteria yang berlaku adalah sebagai berikut.

- Tetapkan taraf signifikansi uji misalnya $\alpha = 0.05$
- Bandingkan p dengan taraf signifikansi yang diperoleh jika signifikansi yang diperoleh $> \alpha$ maka sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal
- Jika signifikansi yang diperoleh $< \alpha$ maka sampel bukan berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Pada hasil di atas diperoleh taraf signifikansi dan untuk kelompok perempuan adalah 0.20. Dengan demikian, data berasal dari populasi yang berdistribusi normal, pada taraf signifikansi 0.05.

2.6.6 Uji Homogenitas Data Menggunakan SPSS

Uji homogenitas dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama.

Tabel 2.4 Pengujian Homogenitas Data

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
0.098	2	57	0.917

Interpretasi dilakukan dengan memilih salah satu statistik, yaitu statistik yang didasarkan pada rata-rata. Hipotesis yang diuji ialah:

H0: Variansi pada tiap kelompok sama (homogen)

H1: Variansi pada tiap kelompok tidak sama (tidak homogen)

Dengan demikian, kehomogenan dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi (α) tertentu (Biasanya $\alpha = 0.05$ atau 0.01). Sebaliknya, jika hasil uji

signifikan maka kenormalan tidak dipenuhi. Sama seperti untuk uji normalitas. Pada kolom Sig. terdapat bilangan yang menunjukkan taraf signifikansi yang diperoleh.

Untuk menetapkan homogenitas digunakan pedoman sebagai berikut:

- Tetapkan taraf signifikansi uji, misalnya $\alpha = 0.05$.
- Bandingkan p dengan taraf signifikansi yang diperoleh.
- Jika signifikansi yang diperoleh $> \alpha$, maka variansi setiap sampel sama (homogen).
- Jika signifikansi yang diperoleh $< \alpha$, maka variansi setiap sampel tidak sama (tidak homogen).

Ternyata pengujian dengan statistik diperoleh signifikansi 0,907, jauh melebihi 0,05. Dengan demikian data penelitian di atas homogen.

2.6.7 Uji Anova Menggunakan SPSS

Anova merupakan singkatan dari "analysis of varian" adalah salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan *mean* (rata-rata) data lebih dari dua kelompok. Untuk melakukan uji Anova, harus dipenuhi beberapa asumsi, yaitu:

1. Sampel berasal dari kelompok yang independen
2. Varian antar kelompok harus homogen
3. Data masing-masing kelompok berdistribusi normal

Prinsip Uji Anova adalah melakukan analisis variabilitas data menjadi dua sumber variasi yaitu variasi di dalam kelompok (*within*) dan variasi antar kelompok (*between*). Bila variasi *within* dan *between* sama (nilai perbandingan kedua varian mendekati angka satu), maka berarti tidak ada perbedaan efek dari intervensi yang dilakukan, dengan kata lain nilai *mean* yang dibandingkan tidak ada perbedaan. Sebaliknya bila variasi antar kelompok lebih besar dari variasi di dalam kelompok, artinya intervensi tersebut memberikan efek yang berbeda, dengan kata lain nilai *mean* yang dibandingkan menunjukkan adanya perbedaan.

Tabel 2.5 Pengujian *Analysis of Variance*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	348,00	3	116,00	11,6	0,03
Within Groups	80,00	8	10,00		
Total	428,00	11			

Hasil uji Homogeneity-of-Variance box menunjukkan nilai Sig. (p-value) sebesar 0,848, ini mengindikasikan bahwa hipotesa H_0 ditolak karena nilai Sig. < 0,05.

Hasil uji *one way ANOVA* yang telah dilakukan mengindikasikan bahwa uji-F signifikan pada kelompok uji, ini ditunjukkan oleh nilai F_{hitung} sebesar 11,6 yang lebih besar daripada $F_{(3,9)}$ sebesar 3,86 ($F_{hitung} > F_{tabel}$), diperkuat dengan nilai $p = 0.003$ lebih kecil daripada taraf nyata $\alpha = 0,05$.

Karena H_0 ditolak maka perlu diadakan uji lanjutan yaitu uji Post Hoc. Post hoc yang digunakan adalah uji Turkey.

Tabel 2.6 Pengujian Uji Turkey

	(I) Metode	(II) Metode	Sig.	Nilai
Turkey	1.00	2.00	0.455	Sama
		3.00	0.864	Sama
		4.00	0.003	Beda
	2.00	1.00	0.455	Sama
		3.00	0.864	Sama
		4.00	0.020	Beda
	3.00	1.00	0.864	Sama
		2.00	0.864	Sama
		4.00	0.007	Beda

Tabel 2.6 Tabel Pengujian Uji Turkey (Lanjutan)

	(1)Metode	(II)Metode	Sig.	Nilai
Turkey	4.00	1.00	0.003	Beda
		2.00	0.020	Beda
		3.00	0.007	Beda

Turkey post hoc test untuk **multiple comparisons** mengindikasikan bahwa hanya **kelompok 4** yang memiliki nilai Sig. (F statistik) yang signifikan secara statistik. Jika Nilai Sig. < 0,05 maka terdapat perbedaan secara signifikan masing masing varian.

Hasil ini mengindikasikan bahwa perbedaan rata-rata antara metode waktu belajar 1, 2 dan 3 secara statistik tidak signifikan, berbeda dengan metode 4 yang berbeda secara signifikan.

