

KONSISTENSI PENJANA TITISAN DALAM MENGHASILKAN  
SAIZ DAN SELANG MASA TITISAN

NOOR HASRIQ BIN MOHAMMAD

Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir) dengan kepujian

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

JUN 2012

‘Saya akui bahawa telah membaca  
karya ini dan pada pandangan saya karya ini  
adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir) dengan kepujian’

Tandatangan : .....  
Nama Penyelia : Dr. Yusmady Bin Mohamed Arifin  
Tarikh : Jun 2012

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya”

Tandatangan : .....  
Nama Penulis : Noor Hasriq Bin Mohammad  
Tarikh : Jun 2012

Untuk ayah Mohammad Bin Aman dan ibu Zaiton Bte Md Jamin  
yang tersayang

## **PENGHARGAAN**

Saya bersyukur kepada ALLAH S.W.T dengan Kuasa dan Rahmat Nya saya berjaya menyiapkan laporan ini.

Saya ingin merakamkan penghargaan ikhlas kepada penyelia, Dr.Yusmady Bin Mohamed Arifin atas bimbingan dan dorongan yang diberi sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini.

Kerjasama daripada pihak pengurusan makmal, terutamanya juruteknik-juruteknik semasa menjalankan ujikaji di makmal amatlah dihargai.

Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat samaada secara langsung atau tidak membantu menjayakan projek ini. Semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

## ABSTRAK

Kepentingan kajian ini adalah untuk memberikan maklumat yang tepat bagi menambahbaik dan meningkatkan keberkesanan sebarang ujikaji lain yang menggunakan penjana titisan. Kajian ini membandingkan dua kaedah penjanaan titisan yang berbeza dalam menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar. Kaedah pertama (jenis A) menggunakan jarum dan injap yang dipasang terus pada tangki manakala kaedah kedua (jenis B) ia ditambah dengan tiub dan injap yang lebih jitu. Laser inframerah dan alat pengesan digunakan bagi mengesan dan mengira jumlah titisan yang menitis dari jarum ke penakung dan juga memberi nilai selang masa titisan bagi dua titisan yang berturut-turut. Ketinggian dari hujung jarum ke penakung dilaraskan bagi mengkaji kesan ketinggian dalam menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar. Pada akhir kajian ini data diameter dan selang masa titisan bagi jenis bio-diesel, saiz jarum dan ketinggian yang berbeza diperolehi. Hasil daripada data ujikaji bagi dua kaedah tersebut dibandingkan. Analisis dilakukan bagi menentukan pendekatan penjana titisan yang berkesan dalam menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar. Dalam kajian ini, didapati penjana titisan jenis B lebih sesuai digunakan bagi menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar kerana penjana titisan jenis ini dapat menghasilkan saiz diameter titisan dan selang masa titisan yang malar dalam tempoh yang lama dari permulaan sehingga ke pengakhiran ujikaji. Sebagai kesimpulan daripada kajian ini, ia menunjukkan kaedah penjana titisan, saiz jarum dan ketinggian dari hujung jarum ke penakung mempengaruhi data yang diperolehi.

## ABSTRACT

The importance of this study is to provide accurate information to improve and increase the effectiveness of any experiments that use the droplet generator. This study compared two different method of droplet generators in generating constant droplet size and dripping interval . The first method (type A) use a needle and a valve that fitted direct to a tank while the second method (type B) was added with a tube and a more accurate valve. An infrared laser and a detector were used to detect and count the amount of droplet that dripping from the needle to a reservoir and also to determine a dripping interval of two consecutive droplets. Height from the needle tip to the reservoir was adjusted to investigate the effect of height in generating constant droplet size and dripping interval. At the end of this study, data of diameter and dripping interval for different type of bio-diesel, needle size and height were obtained. Results of the experimental data for these two methods were compared. An analysis was done to determine the droplet generator that effective in generating constant droplet size and dripping interval. In this study, the droplet generator type B was found to be more suitable for generating constant droplet size and dripping due to this type of droplet generator able to generate a constant droplet diameter and dripping interval for a long period, start from the beginning until the end of the experiment. As a conclusion for this study, it shows that different method of droplet generator, needle size and height from needle tip to reservoir influenced data achieved.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN PENYELIA</b>	ii
	<b>PENGAKUAN PENULIS</b>	iii
	<b>DEDIKASI</b>	iv
	<b>PENGHARGAAN</b>	v
	<b>ABSTRAK</b>	vi
	<i>ABSTRACT</i>	vii
	<b>KANDUNGAN</b>	viii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xii
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xvi
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xvii
	<b>SENARAI RINGKASAN</b>	xviii
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1.1 Objektif	2
	1.1.2 Skop Kajian	2
	1.1.3 Pernyataan Masalah	3
	1.1.4 Kepentingan Kajian	3



<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	4
	2.1 Kaedah Penjana Titisan Menggunakan Jet Denyutan	4
	2.2 Kaedah Penjanaan Titisan Menggunakan Kebuk Udara Panas	6
	2.3 Kaedah Penjana Titisan Sebatian Pada Permukaan Panas	8
	2.4 Kaedah Penjana Titisan Pada Permukaan Mendatar	9
	2.5 Kaedah Penjanaan Titisan Dalam Mengkaji Halaju Titisan Pada Permukaan Basah	10
	2.6 Kaedah Penjanaan Titisan Minyak Mikrograviti	10
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	12
	3.1 Penentuan Penjana Titisan	12
	3.2 Kaedah Ujikaji	18
	3.3 Analisis Data	20
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	22
	4.1.1 Kesan Diameter Luar Jarum Terhadap Diameter Titisan	22
	4.1.2 Kesan Diameter Luar Jarum Terhadap Selang Masa Titisan	28
	4.2.1 Kesan Ketinggian dari Hujung Jarum ke Penakung Terhadap Diameter Titisan	33
	4.2.2 Kesan Ketinggian dari Hujung Jarum ke Penakung Terhadap Selang Masa Titisan	36
	4.3 Perbandingan Antara Penjana Titisan Jenis A dan B	39

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	46
	<b>RUJUKAN</b>	48
	<b>LAMPIRAN</b>	51

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Ketumpatan Minyak	16
3.2	Spesifikasi Jarum	17

## SENARAI RAJAH

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	(A) Titisan Dakwat Dihasilkan. (B) Kepala Pencetak Berfungsi Pada Frekuensi Rendah. (C) Jet Denyutan Terhasil Pada Frekuensi Tinggi	5
2.2	Jarak Melawan Masa Pada Fasa Pra Permechahan dan Fasa Selepas Permechahan	6
2.3	Gambar Rajah Penjana Titisan Menggunakan Kebuk Panas	6
2.4	Gambar Rajah Sistem Penjanaan Titisan	8
2.5	Gambar Rajah Teknik Penjanaan Titisan	9
2.6	Gambaran Kaedah Penjanaan Titisan	10
2.7	Rajah Penjanaan Titisan Minyak Mikrograviti	11
3.1	Rajah Penjana Titisan Jenis A dan B	13
3.2	Gambar Sebenar Penjana Titisan Jenis A dan B	13
3.3	Pengawal Alat Pengesan	14

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.4	Sudut Bukaannya Injap	15
3.5	Dimensi Jarum	17
3.6	Tangki Minyak Biodiesel	18
3.7	Penimbang Mikro	19
3.8	Gambar Sistem Pengiraan Selang Masa	20
3.9 (A)	Graf Analisis Data Bagi Diameter Titisan	20
3.9 (B)	Graf Analisis Data Bagi Selang Masa Titisan	21
4.1 (A)	Graf Diameter Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 0.80 mm Bagi Penjana Titisan Jenis A	24
4.1 (B)	Graf Diameter Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis A	24
4.2 (A)	Graf Diameter Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 0.80 mm Bagi Penjana Titisan Jenis B	26
4.2 (B)	Graf Diameter Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis B	26

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.3 (A)	Graf Selang Masa Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 0.80 mm Bagi Penjana Titisan Jenis A	29
4.3 (B)	Graf Selang Masa Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis A	29
4.4 (A)	Graf Selang Masa Titisan Pada Ketinggian 120 mm dan Diameter Luar Jarum 0.80 mm Bagi Penjana Titisan Jenis B	31
4.4 (B)	Graf Selang Masa Titisan Pada Ketinggian 120 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis B	31
4.5	Graf Diameter Titisan Pada Ketinggian 120 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis A	34
4.6	Graf Diameter Titisan Pada Ketinggian 120 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis B	34
4.7	Graf Selang Masa Titisan Pada Ketinggian 120 mm dan Diameter Luar Jarum 1.20 mm Bagi Penjana Titisan Jenis A	37
4.8	Graf Selang Masa Titisan Pada Ketinggian 80 mm dan Diameter Luar Jarum 0.80 mm Bagi Penjana Titisan Jenis B	37

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.9	Kesan Diameter Luar Jarum Terhadap Diameter Titisan Bagi Penjana Titisan Jenis A dan B	39
4.10	Kesan Diameter Luar Jarum Terhadap Selang Masa Titisan Bagi Penjana Titisan Jenis A dan B	40
4.11	Kesan Diameter Luar Jarum Terhadap Baki Isi padu Minyak Bagi Penjana Titisan Jenis A dan B	41
4.12	Kesan Ketinggian Hujung Jarum ke Penakung Terhadap Diameter Titisan Bagi Penjana Titisan Jenis A dan B	42
4.13	Kesan Ketinggian Hujung Jarum ke Penakung Terhadap Selang Masa titisan Bagi Penjana Titisan Jenis A dan B	43
4.14	Kesan Ketinggian Hujung Jarum ke Penakung Terhadap Baki Isi Padu Minyak Bagi Penjana Titisan Jenis A dan B	44

## SENARAI SIMBOL

$V_p$	Amplitud Voltan	[V]
$D_n$	Diameter Luar Jarum	[mm]
$h$	Ketinggian Hujung Jarum ke Permukaan	[mm]
$L_n$	Panjang Jarum	[mm]
$D_d$	Diameter Tunggal Titisan	[mm]
$m_d$	Jisim Titisan	[g]
$\rho$	Ketumpatan	[kg/m <sup>3</sup> ]
$V_f$	Baki Isi Padu Minyak	[cm <sup>3</sup> ]
$\tau$	Selang Masa	[saat]
$D$	Diameter Titisan	[m]
$V$	Isi Padu Minyak	[cm <sup>3</sup> ]
$t$	Masa	[m]
$A_1$	Nilai Maksimum	
$B_2$	Nilai Minimum	
$C_3$	Nilai Tetapan	
$m$	Jisim Minyak	
$\theta_1$	Sudut Bukaan Injap Utama	
$\theta_2$	Sudut Bukaan Injap Jitu	



**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Carta Gantt	51
B	Carta Alir	51
C	Data Minyak Diesel Bagi Penjana Titisan A	52
D	Data Minyak Diesel Bagi Penjana Titisan B	53
E	Data Minyak B5 Bagi Penjana Titisan A	54
F	Data Minyak B5 Bagi Penjana Titisan B	55
G	Data Minyak B10 Bagi Penjana Titisan A	56
H	Data Minyak B10 Bagi Penjana Titisan B	57
I	Data Minyak B20 Bagi Penjana Titisan A	58
J	Data Minyak B20 Bagi Penjana Titisan B	59
K	Data Minyak B100 Bagi Penjana Titisan A	60
L	Data Minyak B100 Bagi Penjana Titisan B	61

**SENARAI RINGKASAN**

DOD	Droplet On Demand
B5	Campuran 5 Peratus Minyak Bio-diesel
B10	Campuran 10 Peratus Minyak Bio-diesel
B20	Campuran 20 Peratus Minyak Bio-diesel
B100	Campuran 100 Peratus Minyak Bio-diesel

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

Pada zaman sekarang ini kenderaan seperti kereta banyak digunakan dan ia digerakan oleh kuasa enjin. Antara enjin yang digunakan adalah seperti petrol dan diesel. Bahan api memainkan peranan penting untuk prestasi sesuatu kenderaan. Bio-diesel merupakan salah satu bahan api yang berasaskan minyak sayuran atau lemak haiwan yang dibangunkan bagi menggantikan bahan api lain. Bio-diesel boleh digunakan dalam bentuk tulen atau boleh dicampurkan dengan diesel petroleum pada sebarang kepekatan dalam kebanyakan enjin diesel.

Ciri utama enjin diesel adalah penggunaan udara termampat untuk membakar bahan api, yang disuntik ke dalam kebuk pembakaran semasa penghujung lejang mampatan. Melalui konsep enjin diesel ini, mendapan terhasil daripada pembakaran campuran udara dengan bahan api. Mendapan tersebut akan melekat pada kepala piston, injap dan ruang pembakaran. Apabila jumlah mendapan semakin meningkat, ia akan mengganggu kesempurnaan pembakaran enjin. Campuran udara dan bahan api yang tidak sempurna akan mengakibatkan prestasi enjin menurun manakala penggunaan bahan api semakin meningkat.

Berdasarkan mendapan yang terhasil daripada pembakaran enjin diesel, kajian tentang kesan suhu suatu permukaan terhadap mendapan yang disebabkan oleh titisan bahan api dilakukan. Tujuan kajian tersebut ialah untuk menyiasat mendapan kekal yang terhasil oleh titisan bahan api yang menitis pada permukaan panas. Bagi menghasilkan titisan bahan api pada permukaan panas penjana titisan digunakan. Sebelum menggunakan penjana titisan, data mengenai kosistensi penjana titisan dalam menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar perlu diperolehi dahulu sebelum menjalankan kajian bagi membantu keberkesanan kajian tentang kesan suhu suatu permukaan terhadap mendapan yang disebabkan oleh titisan bahan api tersebut.

### **1.1.1 Objektif**

Membandingkan dua kaedah penjana titisan yang berbeza dalam menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar.

### **1.1.2 Skop Kajian**

1. Menambahbaik kaedah penjana titisan bagi penjana titisan yang sedia ada.
2. Mendapatkan data saiz dan selang masa titisan bagi jarak hujung jarum ke penakung, saiz jarum dan jenis bio-diesel yang berbeza.
3. Membuat perbandingan antara saiz dan selang masa titisan bagi penjana titisan yang berbeza. Penjana titisan yang terbaik adalah penjana titisan yang dapat menghasilkan diameter dan selang masa titisan yang malar dalam tempoh masa yang lebih lama dari permulaan sehingga ke pengakhiran ujikaji dijalankan.
4. Menentukan julat isipadu yang menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar.

### **1.1.3 Pernyataan Masalah**

Konsistensi saiz dan selang masa titisan adalah amat penting bagi menentukan ketepatan sesuatu eksperimen yang melibatkan penggunaan penjana titisan. Ini kerana jika ia tidak konsisten maka akan mempengaruhi data yang diperolehi. Kajian ini adalah untuk membuat perbandingan di antara 2 jenis pendekatan penjana titisan yang berbeza dalam menghasilkan saiz dan selang masa titisan yang malar. Melalui kajian ini, julat isi padu bagi memastikan saiz dan selang masa titisan yang malar dapat ditentukan. Maklumat ini perlu bagi mengenal pasti kaedah sesuai dalam memastikan penjanaan saiz dan selang masa titisan yang malar.

### **1.1.4 Kepentingan Kajian**

Analisis akan dibuat pada kajian ini bagi menentukan satu antara dua kaedah yang dapat menghasilkan diameter dan selang masa titisan yang malar. Kepentingan kajian ini adalah dapat memberi maklumat yang tepat bagi menambahbaik ujikaji lain yang menggunakan penjana titisan. Melalui maklumat yang diperolehi juga dapat membantu keberkesanan ujikaji tersebut.

## Bab 2

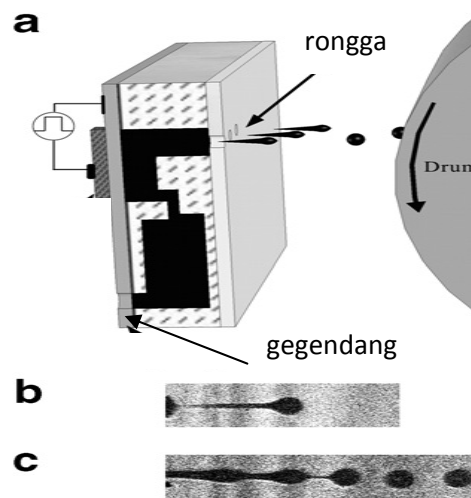
### Kajian Ilmiah

Kajian ilmiah merupakan satu kajian berdasarkan maklumat yang sedia ada untuk digunakan sebagai rujukan bagi sesuatu projek yang baru. Ia meliputi semakan terhadap kajian-kajian terdahulu berkenaan dengan projek yang telah dijalankan. Rajah carta gantt seperti dalam lampiran A menunjukkan pengumpulan maklumat mengenai projek yang akan dijalankan telah dibuat pada minggu ke empat hingga enam. Hasil pengumpulan maklumat tersebut telah mendapatkan kaedah-kaedah yang telah digunakan bagi menjana titisan.

#### 2.1 Kaedah Penjana Titisan Menggunakan Jet Denyutan

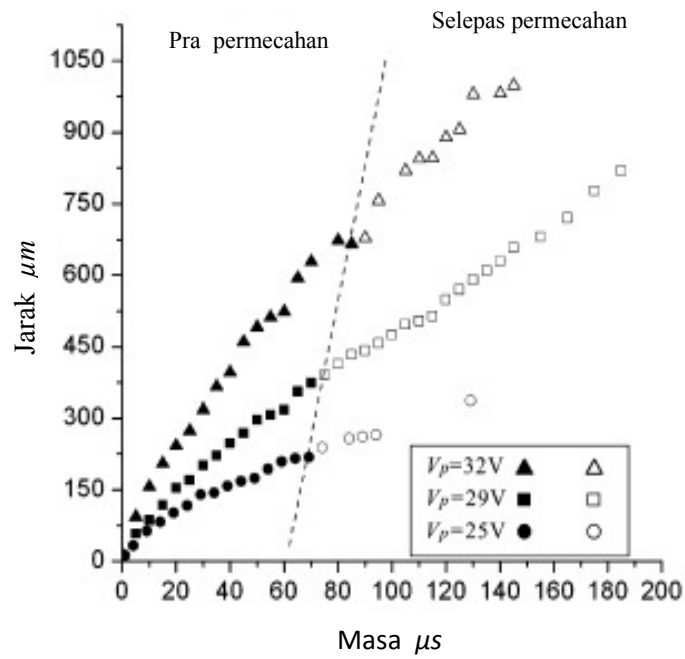
Dalam kajian Ri Li (2008) telah menggunakan jet denyutan untuk menjana titisan dakwat dan telah membuktikan jet cecair boleh dikategorikan kepada jet berterusan, jika bendalir dibekalkan dengan kadar aliran yang malar, ia akan berubah secara berkala. Aliran di dalam jet denyutan berbeza dari jet berterusan, sekali gus menyebabkan perbezaan berlaku dalam mekanisma perpecahan. Jet denyutan dibentuk berdasarkan teknik titisan permintaan iaitu *'droplet on demand'* (DOD). Teknik DOD ini digunakan secara meluas dalam pelbagai aplikasi dakwat jet. Dakwat jet telah menjadi teknologi utama untuk menjana titisan mikro dalam pelbagai aplikasi kejuruteraan berasaskan titisan termasuk fabrikasi mikro, pembuatan jalur penderia, corak mikro pada papan litar dan prototaip pantas.

Dakwat jet yang didorong oleh kaedah DOD ini boleh dibahagikan kepada 2 bahagian iaitu haba dan piezoelektrik. Rajah 2.1 menunjukkan reka bentuk pencetak dakwat jet pepejal di mana satu kepala pencetak piezoelektrik mendapat titisan dakwat cair di perantaraan dram. Oleh kerana tekanan yang dihasilkan oleh denyutan voltan dan didorong oleh penggerak piezoelektrik, maka dakwat yang di tolak keluar dari lubang kecil berdiameter 20  $\mu\text{m}$  dengan kadar aliran yang berdenyut membentuk jet denyutan. Jet denyutan dan proses penjanaan titisan ini sensitif kepada bentuk gelombang, struktur muncung dan sifat dakwat.



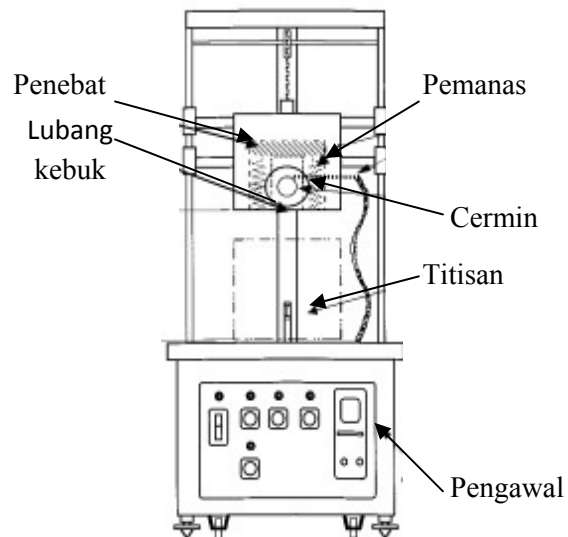
**Rajah 2.1** (a) Titisan Dakwat Dihasilkan. (b) Kepala Pencetak Berfungsi Pada Frekuensi Rendah. (c) Jet Denyutan Terhasil Pada Frekuensi Tinggi [Ri Li, 2008]

Parameter yang digunakan untuk kajian ini ialah amplitud voltan iaitu  $V_p$  yang merujuk kepada kepala pencetak. Terdapat 3 jenis amplitud voltan yang digunakan iaitu  $V_p = 25 \text{ V}$ ,  $29 \text{ V}$ , dan  $32 \text{ V}$ . Rajah 2.2 menunjukkan graf jarak yang berkadar terus dengan masa bagi ketiga-tiga amplitud voltan ini. Graf titisan tersebut terbahagi kepada 2 fasa iaitu titisan fasa pra pemecahan dan fasa selepas pemecahan. Kelihatan pada graf tersebut apabila semakin meningkat jarak bagi sesuatu amplitud voltan semakin meningkat masa yang diambil. Kesimpulan yang dapat dibuat pada graf tersebut, ialah amplitud yang tinggi dapat menghasilkan jarak dan masa yang tinggi.



**Rajah 2.2** : Jarak Melawan Masa Pada Fasa Pra Permecehan dan Fasa Selepas Permecehan [Ri Li, 2008]

## 2.2 Kaedah Penjana Titisan Menggunakan Kebuk Udara Panas



**Rajah 2.3** : Gambar Rajah Penjana Titisan Menggunakan Kebuk Panas [Guangwen Xua, 2003]