

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Buah Pare terhadap Aktivitas Makan *S. litura*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah daun yang dimakan pada perlakuan lebih rendah secara nyata dari kontrol. Pada perlakuan ekstrak buah pare, bobot daun yang dimakan larva semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak buah pare (Tabel 3).

Tabel 1. Rerata Aktivitas Makan Larva *S. litura* pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Buah Pare

Konsentrasi (%)	Aktivitas Makan Larva (gram)				
	24 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	48 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	72 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	96 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	120 JSP ($\bar{X} \pm SE$)
0	7,99±0,04 f	8,05±0,03 f	8,11±0,03 e	8,38±0,03 e	8,67±0,03 d
7,5	7,52±0,03 ef	6,64±0,03 e	6,39±0,03 d	5,75±0,02 d	5,33±0,03 c
15	7,15±0,04 de	6,32±0,01 de	6,05±0,04 d	5,06±0,01 c	4,53±0,05 c
30	6,67±0,02 cd	5,78±0,02 cd	5,12±0,03 c	4,63±0,04 c	3,89±0,02 bc
45	6,14±0,05 c	5,24±0,05 bc	4,40±0,04 b	3,69±0,03 b	4,35±0,02 bc
60	5,58±0,02 b	4,96±0,01 b	4,25±0,02 b	3,50±0,02 b	2,75±0,01 ab
75	5,05±0,01 a	4,25±0,03 a	3,60±0,01 a	2,92±0,01 a	2,31±0,03 a

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada $\alpha=5\%$
- SE = Standard error

Menurunnya bobot daun yang dimakan larva tersebut menunjukkan bahwa terdapat penurunan aktivitas makan larva akibat aplikasi ekstrak buah pare. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak buah pare, maka penurunan aktivitas makan larva semakin tinggi (Tabel 4). Pada pengamatan 24 hingga 120 JSP, aktivitas makan larva mengalami penurunan tertinggi pada aplikasi ekstrak buah pare 75%. Namun, pada 120 JSP aplikasi ekstrak buah pare dengan konsentrasi 45 hingga 75% tidak memberikan pengaruh yang nyata antar perlakuan. Hal ini tampaknya larva *S. litura* telah beradaptasi dengan ekstrak buah pare dan mampu menetralkan racun yang menyebabkan aktivitas makan larva terhambat. Menurut Riyanto (2010) serangga memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai habitat. Salah satu kemampuan adaptasi serangga adalah mampu mendetoksifikasi

allelokimia tanaman yang bersifat racun bagi serangga. Hasyim *et al.* (2010) menyatakan ketika terdapat senyawa toksik yang menyebabkan tubuh serangga terganggu, serangga mengurangi jumlah pakan yang dikonsumsinya untuk menetralkan racun yang ada. Sebagian energi dari pakan yang seharusnya digunakan untuk proses pertumbuhan dialokasikan untuk menetralkan racun dalam tubuh larva.

Tabel 2. Rerata Persentase Penurunan Aktivitas Makan Larva *S. litura* pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Buah Pare

Konsentrasi (%)	Penurunan Aktivitas Makan Larva (%)				
	24 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	48 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	72 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	96 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	120 JSP ($\bar{X} \pm SE$)
0	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a	0,00±0,00 a
7,5	5,83±0,004 ab	17,56±0,03 b	21,21±0,01 b	31,43±0,02 b	38,51±0,01 b
15	10,31±0,02 bc	21,51±0,01 bc	25,47±0,01 b	39,55±0,01 bc	47,77±0,02 c
30	16,45±0,01 cd	28,25±0,02 cd	36,84±0,03 c	44,65±0,02 c	55,11±0,03 c
45	23,07±0,05 de	34,85±0,06 de	45,82±0,04 d	55,76±0,04 d	66,45±0,04 d
60	29,95±0,03 ef	38,39±0,02 e	47,61±0,03 d	58,05±0,05 de	67,94±0,05 d
75	36,74±0,02 f	47,22±0,03 f	55,66±0,03 e	65,03±0,03 e	73,41±0,03 d

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada $\alpha=5\%$

- SE= Standard error

Penurunan aktivitas makan yang terjadi tampaknya disebabkan oleh terganggunya sistem pencernaan dan metabolisme dalam tubuh larva yang diakibatkan oleh senyawa metabolit dari ekstrak buah pare yang dapat menghambat daya makan larva. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wardhani (2015) bahwa pada ekstrak air buah pare terdapat senyawa dari golongan saponin, alkaloid dan triterpenoid. Senyawa-senyawa tersebut bekerja sebagai antimakan dengan bertindak sebagai racun perut. Apabila senyawa-senyawa tersebut masuk ke dalam tubuh larva akan menyebabkan pencernaan larva terganggu. Pada buah pare terdapat dua senyawa alkaloid, salah satunya adalah momordisin (Upadhyay *et al.*, 2015). Momordisin merupakan senyawa khusus pada buah pare yang mampu bertindak sebagai penghambat makan (Hasnahet *al.*, 2013). Selain itu, pada buah pare juga terdapat saponin yang berperan sebagai anti makan. Saponin menimbulkan rasa pahit dan mampu menurunkan nafsu makan larva (CALs, 2015). Buah pare juga mengandung triterpenoid dengan inti kukurbitan yang

merupakan senyawa bersifat penolak serangga, sehingga sering dimanfaatkan sebagai insektisida (Budianto dan Tukiran, 2012; Sundari *et al.*, 1996). Arivoli dan Tennyson (2013) menyatakan bahwa senyawa yang berperan efektif terhadap aktivitas makan serangga berasal dari golongan alkaloid, terpenoid, saponin dan polifenol.

4.2 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Buah Pare terhadap Mortalitas *S. litura*

Aplikasi ekstrak buah pare menyebabkan mortalitas larva *S. litura* lebih tinggi secara nyata dibandingkan kontrol. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak buah pare yang diaplikasikan pada pakan larva maka mortalitas larva juga semakin tinggi (Tabel 5). Pada pengamatan 24 hingga 168 JSP, mortalitas tertinggi dicapai pada konsentrasi 75%. Namun, pada 168 JSP aplikasi ekstrak buah pare dengan konsentrasi 45 dan 60% tidak memberikan pengaruh yang nyata antar perlakuan. Hal ini tampaknya larva *S. litura* telah mampu beradaptasi dan menetralkan racun dari ekstrak buah pare serta meningkatkan konsumsi pakan kembali untuk memperoleh energi. Menurut Rizal dan Suryati (2009) serta Hasyim *et al.* (2010), kemampuan detoksifikasi senyawa yang bersifat racun bagi serangga menyebabkan larva mengurangi jumlah pakan yang dikonsumsinya untuk menetralkan racun dalam tubuh. Namun, aktivitas makan larva meningkat kembali untuk mengganti energi yang dialokasikan untuk menetralkan racun dalam tubuh larva. Energi tersebut digunakan untuk pertumbuhan serangga.

Tabel 3. Rerata Persentase Mortalitas Larva *S. litura* pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Buah Pare

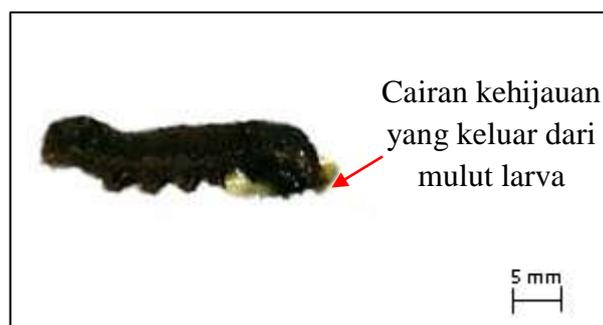
Kon sen trasi (%)	Mortalitas Larva (%)						
	24 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	48 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	72 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	96 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	120 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	144 JSP ($\bar{X} \pm SE$)	168 JSP ($\bar{X} \pm SE$)
7,5	8,8±0,03a	17,58±0,03 a	20,08±0,04 a	22,60±0,03 a	25,11±0,04 a	27,63±0,03a	28,89±0,03 a
15	10,05±0,02a	17,58±0,03 a	20,09±0,04 a	26,36±0,03 a	27,63±0,03a	35,16±0,02ab	36,43±0,01 b
30	15,09±0,02ab	23,86±0,02ab	30,14±0,02ab	31,39±0,03ab	35,16±0,02ab	40,21±0,02 b	43,98±0,01c
45	18,85±0,04 b	30,13±0,05b	35,15±0,04 b	38,91±0,05bc	41,44±0,03bc	50,24±0,02c	54,02±0,01d
60	22,61±0,01 bc	32,66±0,02 b	40,18±0,04bc	45,20±0,04cd	50,23±0,04cd	54,02±0,02cd	55,27±0,02 d
75	28,90±0,03 c	41,45±0,03 c	46,46±0,04c	52,74±0,04 d	55,25±0,05 d	57,77±0,04 d	62,80±0,03e

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada $\alpha=5\%$

- SE= Standard error

Pada 96 JSP, aplikasi ekstrak buah pare dengan konsentrasi 75% telah mampu mematikan larva sebanyak 52,74%. Hal ini berarti bahwa konsentrasi ekstrak buah pare sebesar 75% merupakan konsentrasi yang paling efektif mematikan larva. Menurut Ulva *et al.* (2014) apabila terdapat larva yang mati sebanyak 50-79,9% maka ekstrak dikatakan efektif.

Larva *S. litura* yang mati menunjukkan gejala berupa tubuh larva menghitam dan berkerut serta mengeluarkan cairan kehijauan dari mulut larva (Gambar 8). Cairan kehijauan tersebut merupakan cairan tubuh larva yang keluar melalui mulut karena sistem pencernaan larva mengalami kerusakan akibat senyawa pada ekstrak buah pare. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Utami *et al.* (2010), Verra dan Lumowa (2011) serta Wardhani *et al.* (2015) bahwa larva *S. litura* yang mati akibat aplikasi insektisida nabati menunjukkan gejala menghitam, lunak, mengkerut dan mengeluarkan cairan berwarna kuning kehijauan serta berbau tidak sedap. Menurut Verra dan Lumowa (2011) gejala kematian tersebut tampak pada larva yang memakan daun perlakuan sejak 24 JSP. Kematian tersebut tampaknya diakibatkan oleh senyawa-senyawa yang terdapat pada ekstrak buah pare, salah satunya momordisin yang bertindak sebagai penghambat makan larva. Hambatan makan tersebut akhirnya mengakibatkan larva mati kelaparan. Pendapat yang sama juga dinyatakan oleh Hasnah *et al.* (2013) bahwa momordisin yang terkandung pada ekstrak pare bekerja sebagai racun perut. Bila senyawa tersebut masuk ke dalam tubuh larva, maka proses pencernaan serangga akan terganggu dan menimbulkan kematian. Senyawa tersebut juga mengakibatkan larva gagal mendapatkan stimulus rasa sehingga tidak mampu mengenali makanannya, akibatnya larva akan mati kelaparan.



Gambar 1. Larva *S. litura* yang mati dan mengeluarkan cairan kehijauan (ditunjuk panah merah) akibat aplikasi ekstrak buah pare

Menurut Ningsih (2013), senyawa aktif yang terkandung dalam pestisida nabati yang terakumulasi dalam tubuh *S. litura* akan berperan sebagai toksikan dan akan terdistribusi ke seluruh sel tubuh melalui haemolimfa. Mekanisme membunuh *S. litura* tergantung pada jenis senyawa aktif yang terkandung dalam pestisida nabati. Dalam penelitian Hermansyah *et al.* (2012) pada larva nyamuk dinyatakan bahwa dalam ekstrak buah pare terdapat senyawa alkaloid yang bertindak selain sebagai racun perut tetapi juga mempengaruhi fungsi saraf dengan menghambat enzim kolinesterase sehingga akan terjadi gangguan transmisi rangsang yang menyebabkan menurunnya koordinasi otot dan kematian bagi larva. Selain itu, saponin yang terkandung dalam ekstrak buah pare dapat menurunkan tegangan permukaan selaput mukosa traktus digestivus larva sehingga dinding traktus digestivus menjadi korosif (Wardani *et al.*, 2010).

4.3 Pengaruh Aplikasi Ekstrak Buah Pare terhadap Pembentukan Pupa *S. litura* dan Imago yang Muncul

Aplikasi ekstrak buah pare menyebabkan pupa *S. litura* yang terbentuk dan imago yang muncul lebih rendah secara nyata dibandingkan kontrol. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diaplikasikan pada pakan larva, maka jumlah pupa yang terbentuk dan imago yang muncul semakin rendah (Tabel 6). Persentase terendah pupa yang terbentuk dan imago yang muncul terjadi pada konsentrasi 75%. Namun, pembentukan pupa telah mampu dihambat hingga kurang dari 50% pada konsentrasi 30%. Sedangkan imago yang muncul mampu dihambat hingga kurang dari 50% pada konsentrasi 15%.

Tabel 4. Rerata Persentase Pupa *S. litura* yang Terbentuk dan Imago yang Muncul pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Buah Pare

Konsentrasi (%)	Pupa yang Terbentuk (%) ($\bar{X} \pm SE$)	Imago yang Muncul (%) ($\bar{X} \pm SE$)
0	92,50±0,04 e	92,50±0,04 f
7,5	57,50±0,03 d	55,00±0,03 e
15	51,25±0,03 cd	42,50±0,03 d
30	45,00±0,05 c	37,50±0,05 c
45	40,00±0,03 bc	33,75±0,03 bc
60	37,50±0,02 ab	20,00±0,02 b
75	31,25±0,02 a	10,00±0,02 a

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada $\alpha=5\%$

Penurunan persentase pembentukan pupa dan kemunculan imago ini disebabkan oleh senyawa yang terdapat pada ekstrak buah pare mampu mengganggu metabolisme *S. litura* sehingga pertumbuhannya terhambat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wardani *et al.* (2010) bahwa alkaloid mampu menghambat pertumbuhan serangga, terutama tiga hormon utama dalam serangga, yaitu hormon otak, hormon edikson dan hormon juvenile yang berpengaruh terhadap pengelupasan kulit dan pertumbuhan serangga menjadi imago. Apabila hormon tersebut tidak berkembang, maka kegagalan metamorfosis dapat terjadi.

Rentang waktu yang dibutuhkan larva untuk membentuk pupa dan imago menjadi lebih panjang secara nyata dibandingkan kontrol (Tabel 7). Rentang waktu paling lama yang dibutuhkan larva *S. litura* untuk membentuk pupa terjadi pada konsentrasi 75%, yaitu 12,04 hari. Sedangkan, rentang waktu paling lama yang dibutuhkan pupa *S. litura* untuk menjadi imago terjadi pada konsentrasi 75%, yaitu 11,50 hari.

Tabel 5. Stadia Pupa dan Imago *S. litura* pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Buah Pare

Konsentrasi (%)	Pupa (%)		Imago (%)	
	$\bar{X} \pm SE$		$\bar{X} \pm SE$	
0	6,42±0,01	a	7,20±0,01	a
7,5	8,21±0,02	b	7,50±0,03	ab
15	8,33±0,03	bc	7,75±0,02	bc
30	8,45±0,02	bc	9,25±0,02	c
45	9,25±0,02	c	9,75±0,03	cd
60	11,50±0,04	d	10,20±0,03	d
75	12,04±0,03	e	11,50±0,04	d

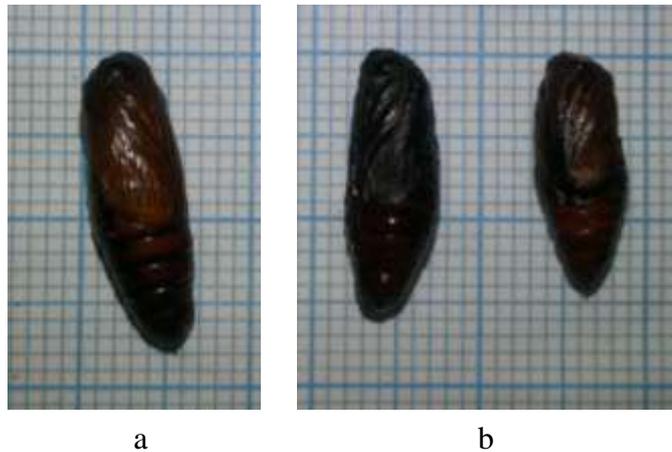
- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada $\alpha=5\%$

- SE= Standard error

Lebih lamanya rentang waktu pembentukan pupa dan imago yang dialami oleh *S. litura* tampaknya disebabkan oleh terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan *S. litura* akibat senyawa pada ekstrak buah pare. Menurut Murata (2001) rentang waktu normal stadia pupa *S. litura* adalah 5-8 hari dan imago adalah 5-9 hari. Kemunduran rentang waktu pembentukan pupa dan imago disebabkan oleh senyawa pada ekstrak buah pare yang menyebabkan laju

konsumsi pakan larva menurun sehingga pertumbuhan dan perkembangan *S. litura* menjadi terhambat (Hasnah *et al.*, 2013).

Larva *S. litura* yang mampu membentuk pupa setelah aplikasi ekstrak buah pare sebagian besar tidak membentuk pupa yang normal. Jika dibandingkan dengan kontrol, pupa *S. litura* pada perlakuan mengalami abnormalitas pada bentuk dan ukuran pupa (Gambar 9).



Gambar 2. Pupa *S. litura*, a: normal, b: abnormal

Pupa *S. litura* normal berukuran 18-20 mm dan berbentuk lonjong (Gambar 9a). Sedangkan pupa abnormal yang terbentuk berukuran lebih pendek, yaitu 14-16 mm, berbentuk agak kerucut dan terdapat cekungan-cekungan pada permukaan pupa (Gambar 9b). Pada penelitian ini, pupa abnormal tidak mampu berkembang menjadi imago, sedangkan pupa normal yang muncul sebagai imago mati sesaat setelah muncul dari pupa (Gambar 10).



Gambar 3. Imago *S. litura* yang mati sesaat setelah muncul dari pupa

Hal tersebut sesuai hasil penelitian Hasnah *et al.* (2013) bahwa pada hasil penampakan visual terlihat adanya larva yang terhalang menjadi pupa dan imago, selain itu pupa dan imago yang terbentuk dalam keadaan cacat atau berukuran lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa yang terdapat pada ekstrak buah pare meskipun tidak menyebabkan mortalitas pada larva, tetapi mampu menyebabkan abnormalitas pada pupa dan imago. Abnormalitas tersebut diduga disebabkan oleh terganggunya hormon pada serangga yang mengakibatkan metamorfosis serangga menjadi terhambat. Lukman (2009) menyebutkan bahwa apabila sistem endokrin (neuroendokrin) larva mengalami gangguan, maka proses pengelupas kulit akan terhambat dan gangguan pertumbuhan dapat terjadi, bahkan dapat menyebabkan kematian. Gangguan tersebut dapat berasal dari senyawa-senyawa kimia tertentu. Priyono (1994 dalam Hasnah *et al.* 2013) menyebutkan terdapat empat gangguan larva untuk membentuk pupa setelah memakan senyawa beracun, yaitu, 1) larva instar akhir mati sebelum atau pada proses berkepompong, 2) larva berkembang menjadi kepompong yang tidak normal, 3) larva berkembang menjadi kepompong yang berbentuk normal, tetapi mati dalam fase kepompong (sebelum imago muncul), 4) larva berkembang menjadi kepompong yang berbentuk normal, tetapi imago yang muncul tidak normal. Untuk mencegah banyaknya senyawa racun yang masuk ke dalam tubuh serangga, maka serangga melakukan kompensasi dengan cara menurunkan laju konsumsi. Berkurangnya jumlah makan larva tersebut mengakibatkan gangguan pada berbagai aktivitas serangga seperti pertumbuhan dan perkembangan.

4.4 Konsentrasi Mematikan 50% (LC₅₀) dan Waktu mematikan 50% (LT₅₀) Ekstrak Buah Pare Terhadap Larva *S. litura*

Pengujian LC₅₀ dan LT₅₀ dilakukan untuk mengetahui tingkat konsentrasi dan waktu yang efektif untuk mematikan larva *S. litura* sebesar 50% dari seluruh larva uji yang diaplikasikan ekstrak buah pare. Hasil analisis probit menunjukkan bahwa untuk menyebabkan mortalitas larva *S. litura* sebesar 50% (LC₅₀) tercapai pada konsentrasi 34,63%. Sedangkan waktu yang dibutuhkan ekstrak buah pare untuk menyebabkan mortalitas 50% (LT₅₀) tercapai pada 75,90 jam (Tabel 8).

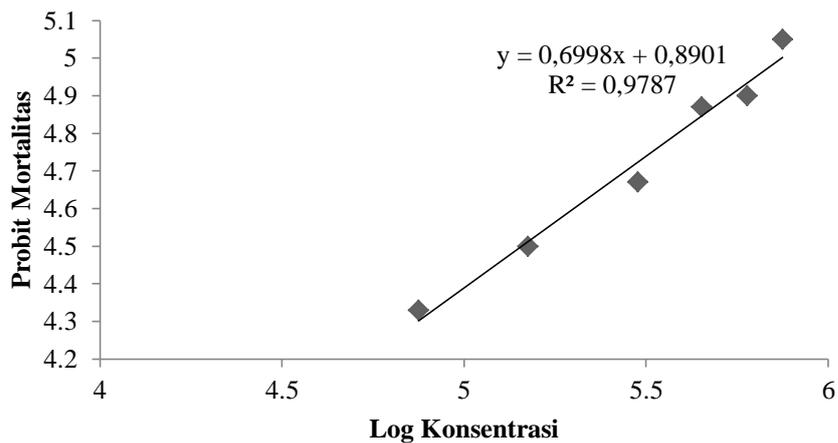
Tabel 6. Estimasi nilai LC₅₀ dan LT₅₀ Ekstrak Buah Pare pada larva *S. litura*

	Estimasi	Persamaan regresi
LC ₅₀	34,63%	$y = 0,6998x + 0,8901$
LT ₅₀	75,90 jam	$y = 0,8646x + 3,1137$

- y = probit persentase larva *S. litura* yang mati (%)
- x = log₁₀ dari konsentrasi (%) atau waktu (jam) perlakuan ekstrak buah pare

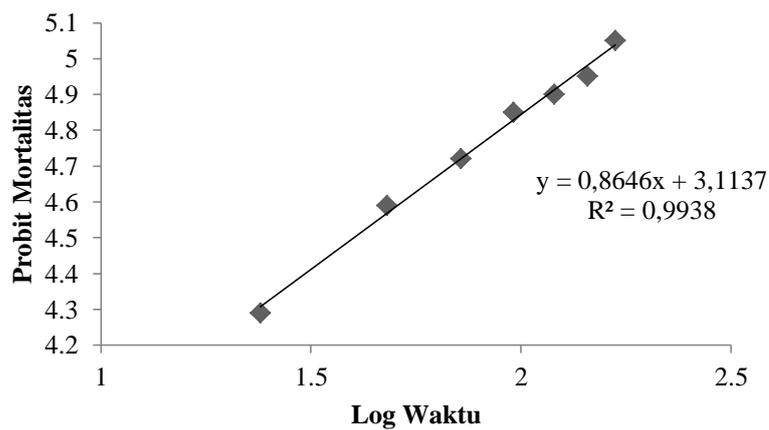
Persamaan regresi $y = 0,6998x + 0,8901$ pada LC₅₀ dan $y = 0,8646x + 3,1137$ pada LT₅₀ (Tabel 8) menunjukkan koefisien regresi bernilai positif. Hal ini berarti bahwa tingkat mortalitas memiliki hubungan positif atau searah dengan garis regresi. Persamaan regresi $y = 0,6998x + 0,8901$ pada LC₅₀ menunjukkan bahwa setiap penambahan konsentrasi ekstrak buah pare sebanyak 15% akan meningkatkan mortalitas larva *S. litura* sebesar 0,6998%. Sedangkan persamaan regresi $y = 0,8646x + 3,1137$ pada LT₅₀ menunjukkan bahwa setiap penambahan rentang waktu 24 jam setelah ekstrak buah pare diaplikasikan, maka akan meningkatkan mortalitas larva *S. litura* sebesar 0,8646%.

Berdasarkan persamaan regresi $y = 0,6998x + 0,8901$ pada LC₅₀, diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9787 (Gambar 11). Nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat mortalitas larva *S. litura* dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi ekstrak buah pare dan keduanya saling mempengaruhi sebesar 97,87%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi ekstrak buah pare dengan tingkat mortalitas larva *S. litura* sangat kuat.



Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi ekstrak buah pare dan mortalitas larva *S. litura*

Berdasarkan persamaan regresi $y = 0,8646x + 3,1137$ pada LT_{50} , diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9938 (Gambar 12). Nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat mortalitas larva *S. litura* dipengaruhi oleh penambahan waktu setelah perlakuan dan keduanya saling mempengaruhi sebesar 99,38%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara waktu dengan tingkat mortalitas larva *S. litura* sangat kuat.



Gambar 5. Grafik hubungan antara waktu aplikasi ekstrak buah pare dan mortalitas larva *S. litura*

