

CORS (Conversion of Organic Refuse by Saprophages) – Aplikasi pengetahuan entomologi dalam pengolahan limbah organik

Ramadhani Eka Putra
Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati – Institut
Teknologi Bandung



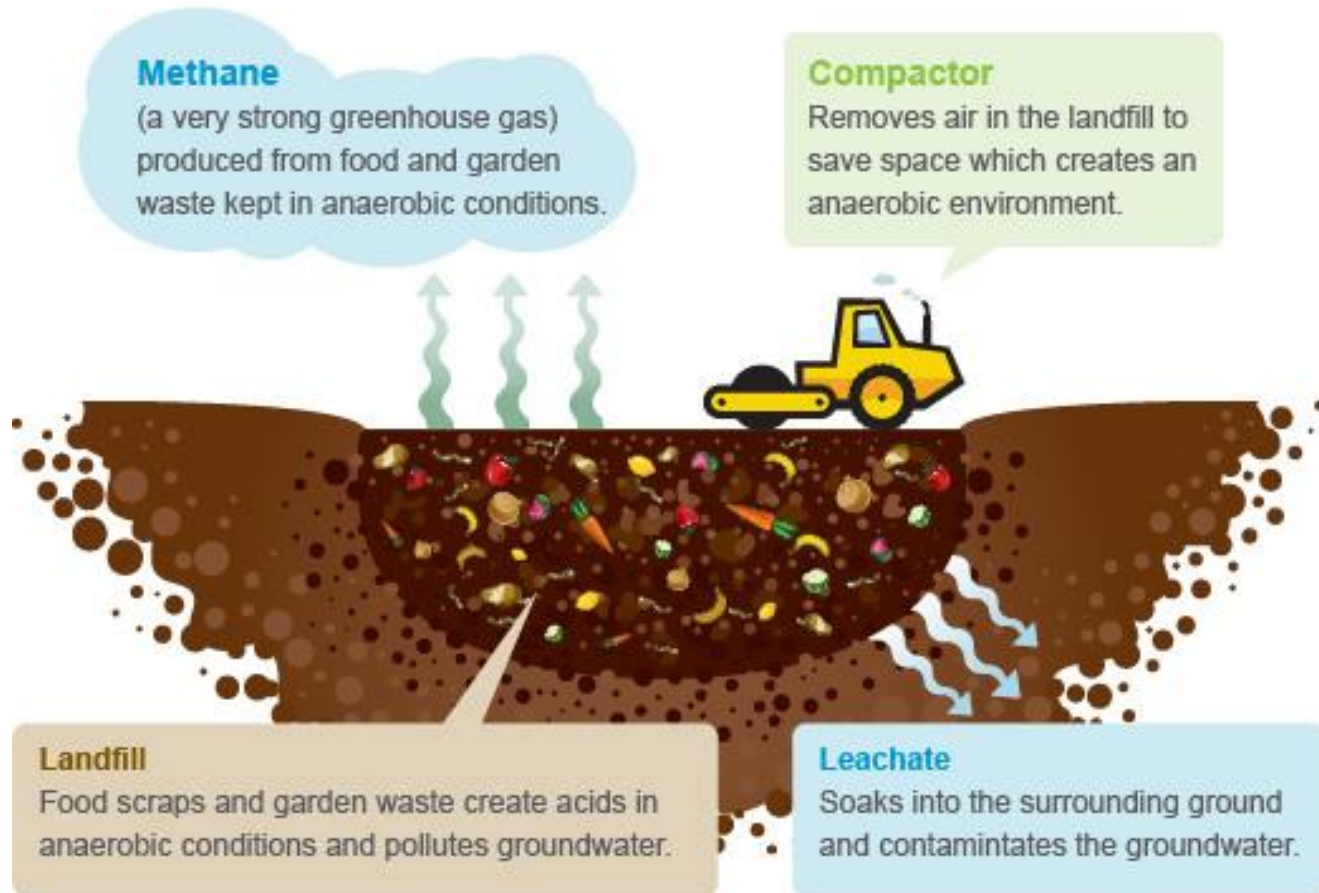
Limbah organik



Gambar 1. Limbah Organik Campuran
Sumber: Dokumentasi pribadi

- Salah satu limbah yang dihasilkan dari kegiatan ekonomi manusia adalah limbah organik.
- 70% sampah perkotaan merupakan sampah organik seperti daun-daunan, ranting dan sisa sayuran (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bali, 2006).

Masalah lingkungan



- Limbah organik pada umumnya dikelola dengan menggunakan pendekatan *Sanitary landfill*
- Memiliki potensi menimbulkan pencemaran lingkungan karena proses dekomposisi anaerob menghasilkan gas metan yang 21 kali lebih merusak lingkungan dibandingkan CO₂

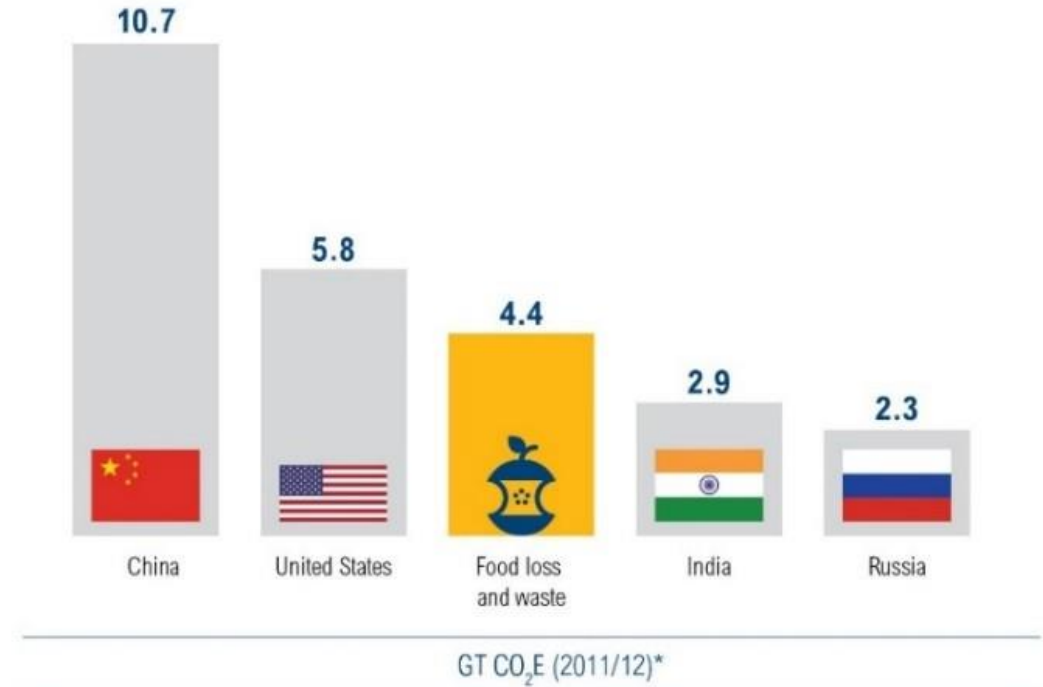
<http://dmohamed.weebly.com/blog/effects-of-landfill-sites>



Prediksi masa depan dunia

- 2050 penduduk dunia akan bertambah 2 milyar.
- 80% penduduk akan tinggal di kota.
- Limbah makanan akan meningkat sebesar 50%

If Food Loss and Waste Were its own Country, it Would Be the Third-Largest Greenhouse Gas Emitter

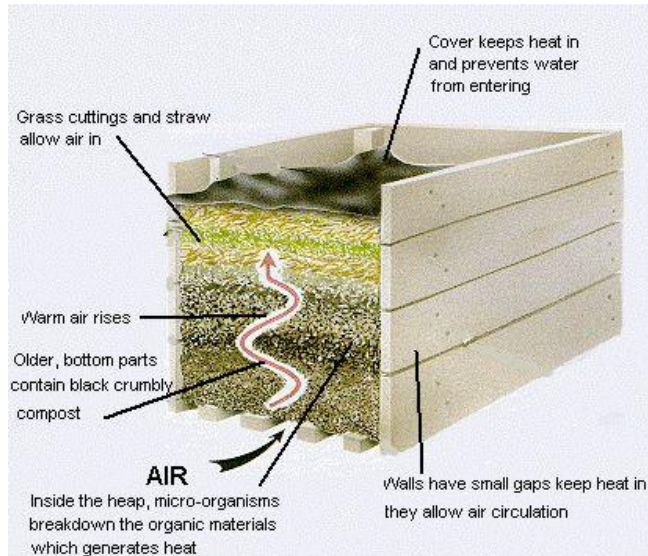


* Figures reflect all six anthropogenic greenhouse gas emissions, including those from land use, land-use change, and forestry (LULUCF). Country data is for 2012 while the food loss and waste data is for 2011 (the most recent data available). To avoid double counting, the food loss and waste emissions figure should not be added to the country figures.

Source: CAIT, 2015; FAO, 2015. Food wastage footprint & climate change. Rome: FAO.

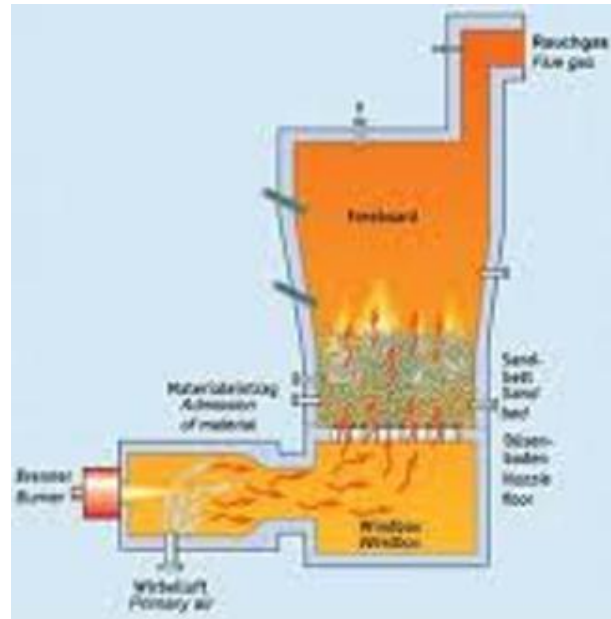


Metoda umum pengolahan limbah organik



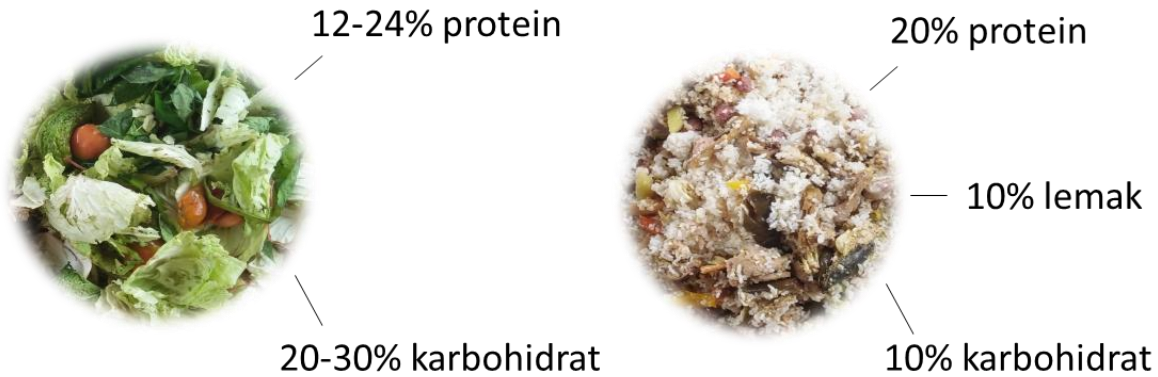
Composting

Insinerator

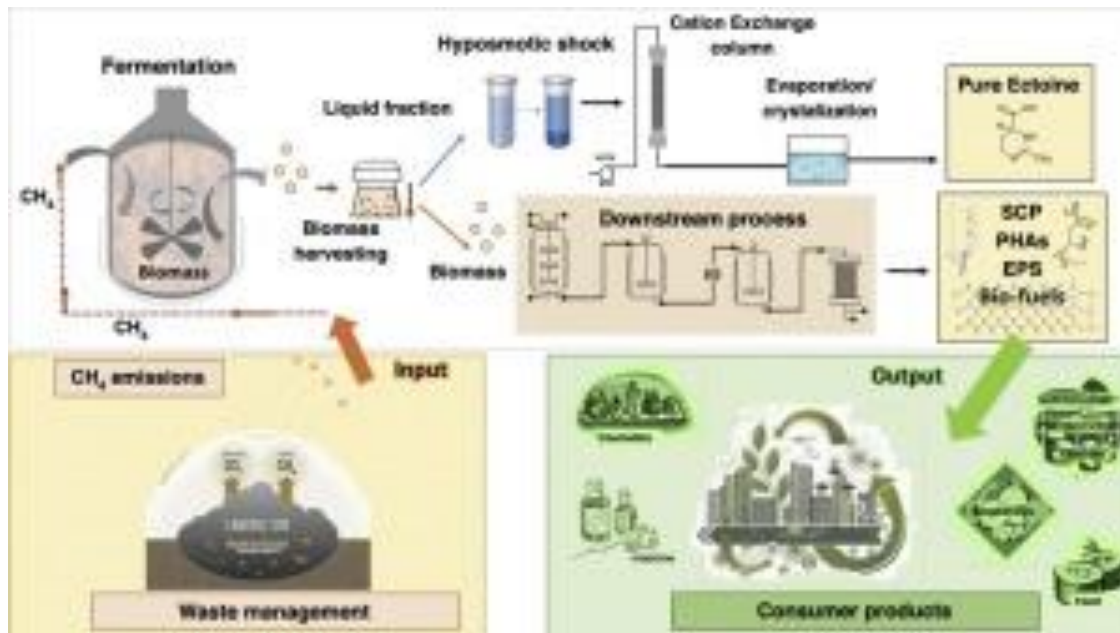


- Dua aktivitas utama yang paling umum digunakan untuk mengatasi tumpukan limbah organik adalah dengan mengubah limbah organik tersebut menjadi kompos atau menjadi abu melalui proses komposting dan insinerator.
- Kedua produk yang dihasilkan melalui proses ini memiliki pemanfaatan yang terbatas.
- Di sisi lain, kedua proses ini membutuhkan energi dan biaya berkaitan dengan penggunaan tenaga manusia maupun energi kalor disamping tantangan berkaitan dengan ruang
- Pasar produk yang terbatas dan harga yang tidak sebanding biaya yang dikeluarkan menyebabkan dua hal ini kurang diminati

Limbah organik sebagai sumber daya

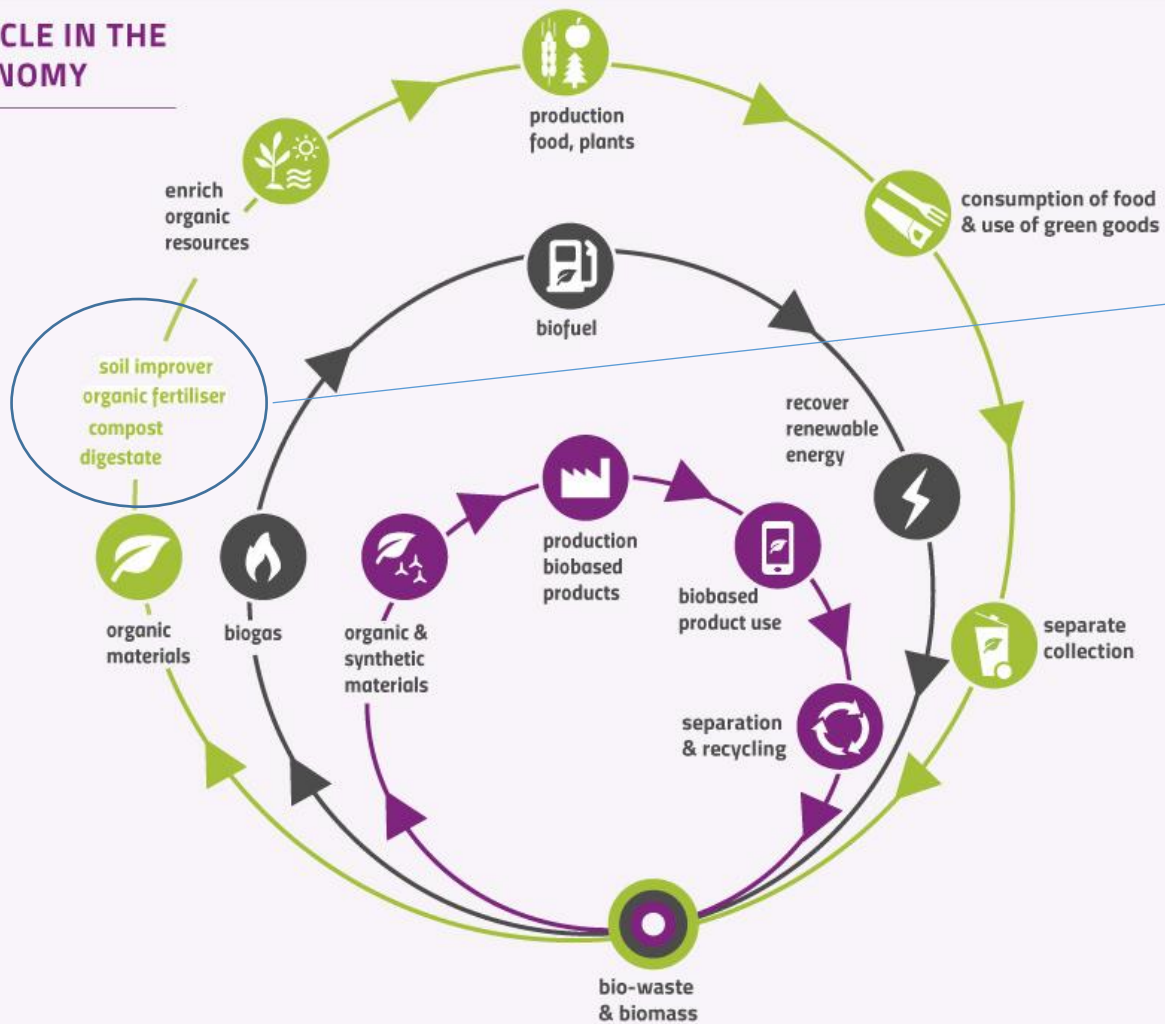


- Limbah organik merupakan salah satu sumber daya yang dapat dijadikan sebagai bahan baku produk baru
- Proses konversi ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan biologi melalui aplikasi agen hayati dan enzim dikenal sebagai **biokonversi**
- Proses biokonversi terjadi pada suatu lingkungan tertutup yang dikenal sebagai **bioreaktor**

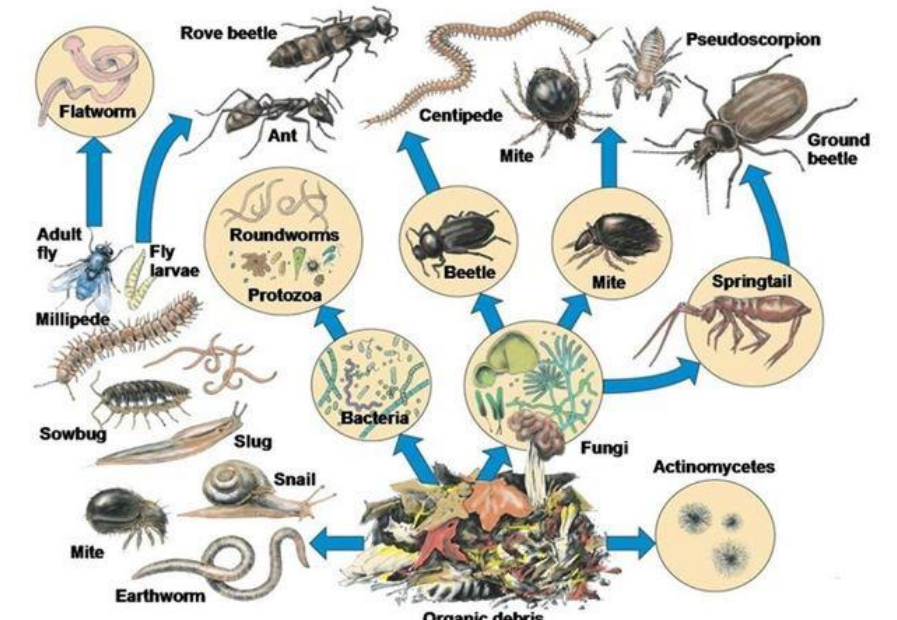


Proses dekomposisi alami sebagai pendekatan biokonversi

BIOLOGICAL CYCLE IN THE CIRCULAR ECONOMY



<https://www.compostnetwork.info/about-ec/>

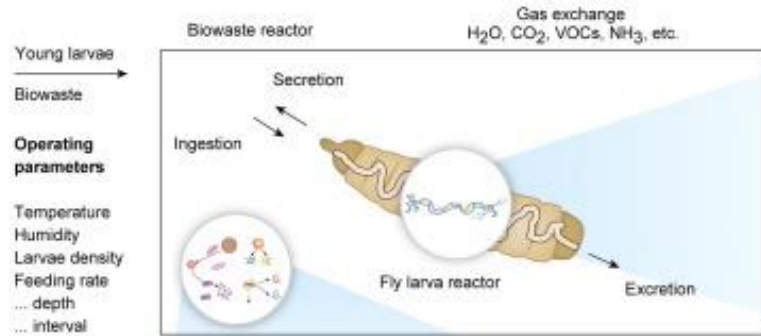


https://msnucleus.org/membership/ngss/fourth_ngss/04food_chain_decomposers.html

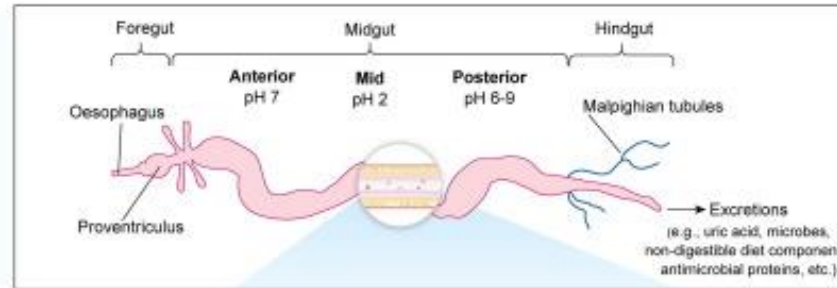
- Proses dekomposisi alami melibatkan peran besar dari serangga selain bakteri

Serangga sebagai bioreaktor

a) System description

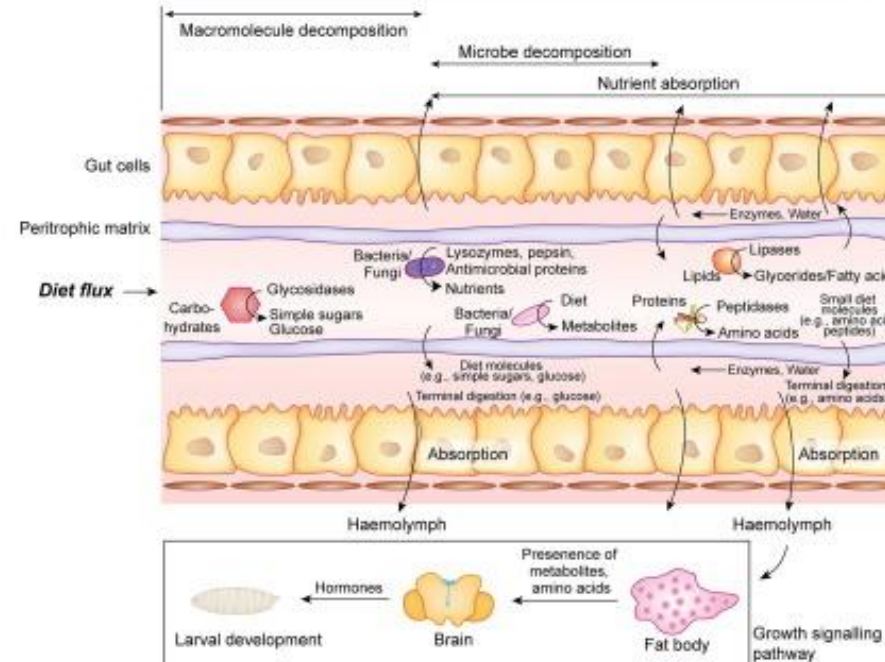
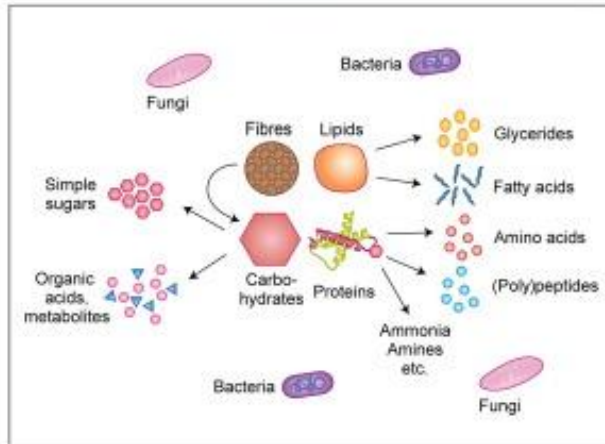


b) Fly larva reactor



- Proses dekomposisi alami melibatkan peran besar dari serangga selain bakteri

c) Biowaste reactor



Serangga decomposer utama



Aplikasi serangga dekomposer pada sistem pengolahan limbah organik

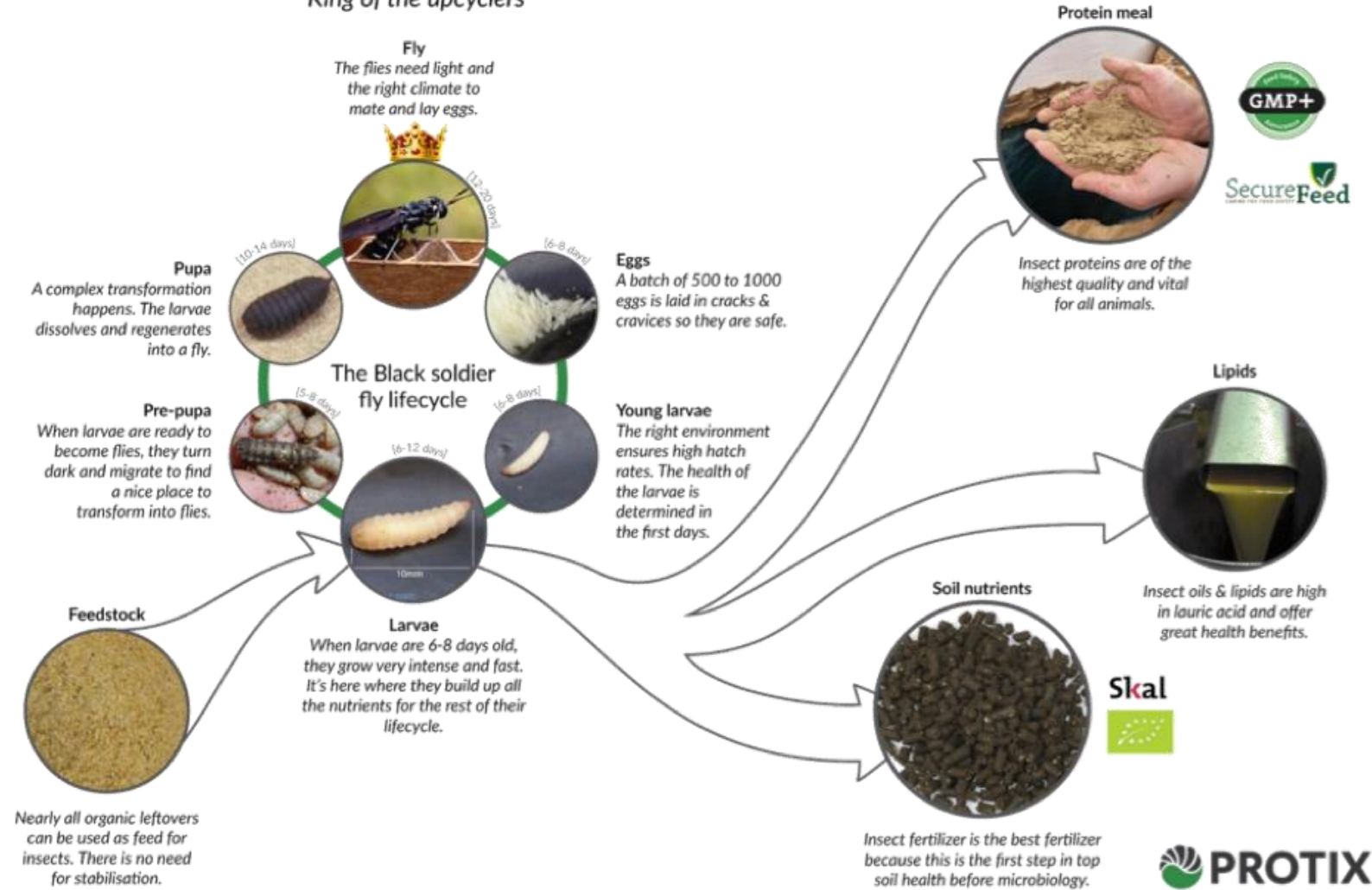
Beberapa syarat serangga dapat digunakan dalam proses pengolahan limbah organik

- Bukan merupakan vektor penyakit berbahaya bagi manusia
- Serangga tersebut dapat dipelihara dalam lingkungan buatan manusia
- Serangga tersebut memiliki kisaran toleransi tinggi terkait dengan lingkungan dan jenis makanan yang dapat dikonsumsi
- Hasil panen memiliki kegunaan yang bervariasi
- Usia pemeliharaan pendek



Fokus hari ini

The BLACK SOLDIER FLY *King of the upcyclers*



AGEN BIOKONVERSI BSF atau *Black Soldier Fly*

(*Hermetia illucens* L.)

- BSF termasuk kedalam filum Arthropoda, kelas Insekta, ordo Diptera dan famili Stratiomyidae (Linneaus dalam Rana, 2014).
- Larva BSF mampu mencerna sekaligus mengurangi massa limbah organik sebanyak 35 – 45 % massa limbah (Diener dkk, 2009).
- Kandungan protein prepupa BSF sebanyak 44% (St-Hilaire dkk dalam Diener dkk, 2009).



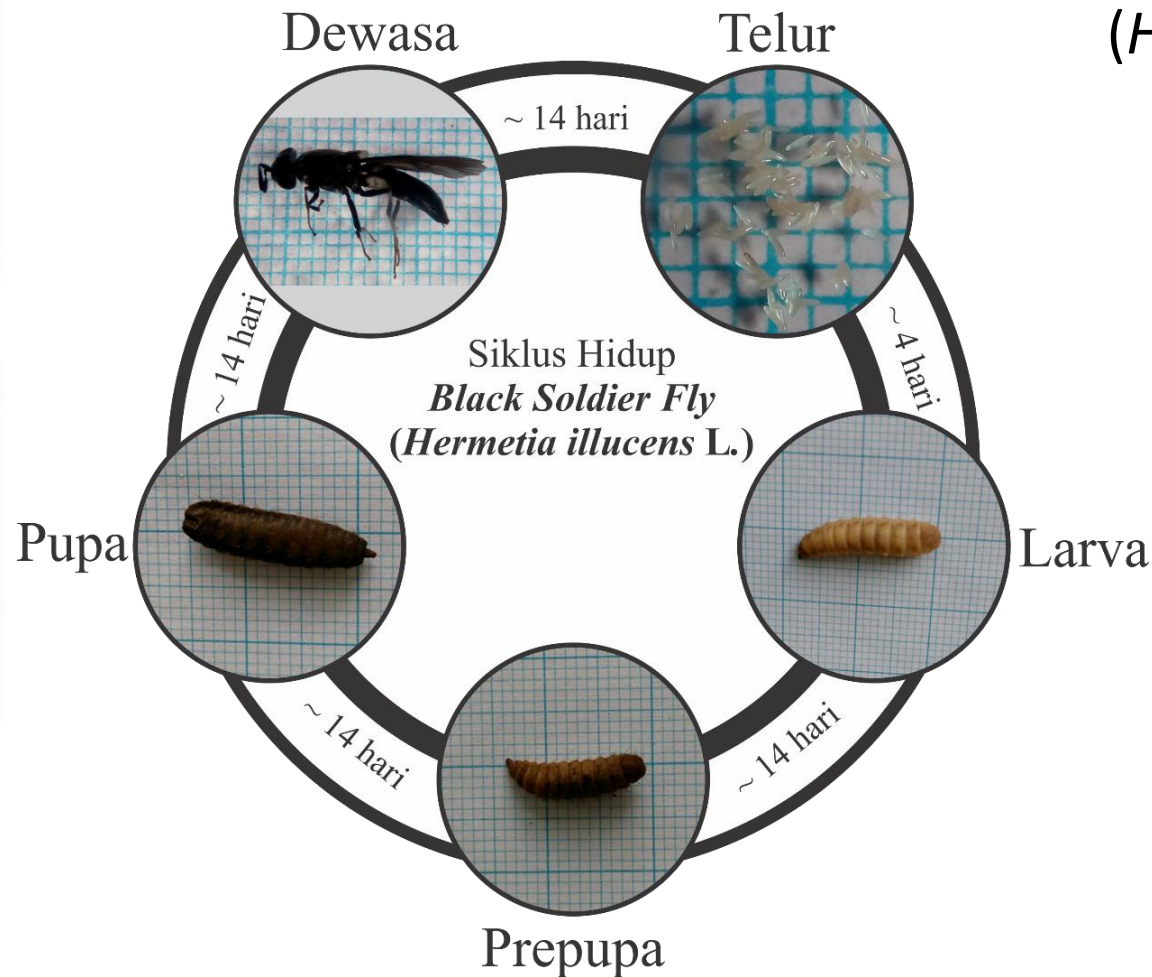
Gambar 1. Pemindahan Larva pada media
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 2. Larva BSF
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. Lalat Dewasa BSF
Sumber: Kabartani.com



Gambar 4. siklus hidup *Black Soldier Fly*
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Keunggulan Black Soldier Fly sebagai agen Biokonversi Limbah Organik

1. Manages all kinds of waste

Soldier fly larvae are scavengers and thrive on many kinds of decaying organic matter, including carrion, manure and plant refuse. They are able to convert all this into compost easily.



2. Useful as Feed

Black soldier fly larvae are one of the most efficient protein converters in insects, containing up to 42% of protein & a lot of calcium and amino acids. The larvae can be fed right back to the animals or birds that generated the waste or used as feed for fish or livestock - closing the loop of waste to food.



3. Improves quality of compost

The larvae have the potential of improving organic waste into a rich fertilizer since they are a good source of oil and protein. Their nitrogen rich casts add their nutrition to the done compost.



4. Faster than worms

On average a household will produce around 1kg of food waste per day. This food waste can be composted at home using black soldier fly larvae much faster than worms can do it. The larvae colony breaks down kitchen waste, churns it and creates heat, increasing compost evaporation. Significant amounts are also converted to carbon dioxide respired by the grubs and symbiotic/mutualistic microorganisms.

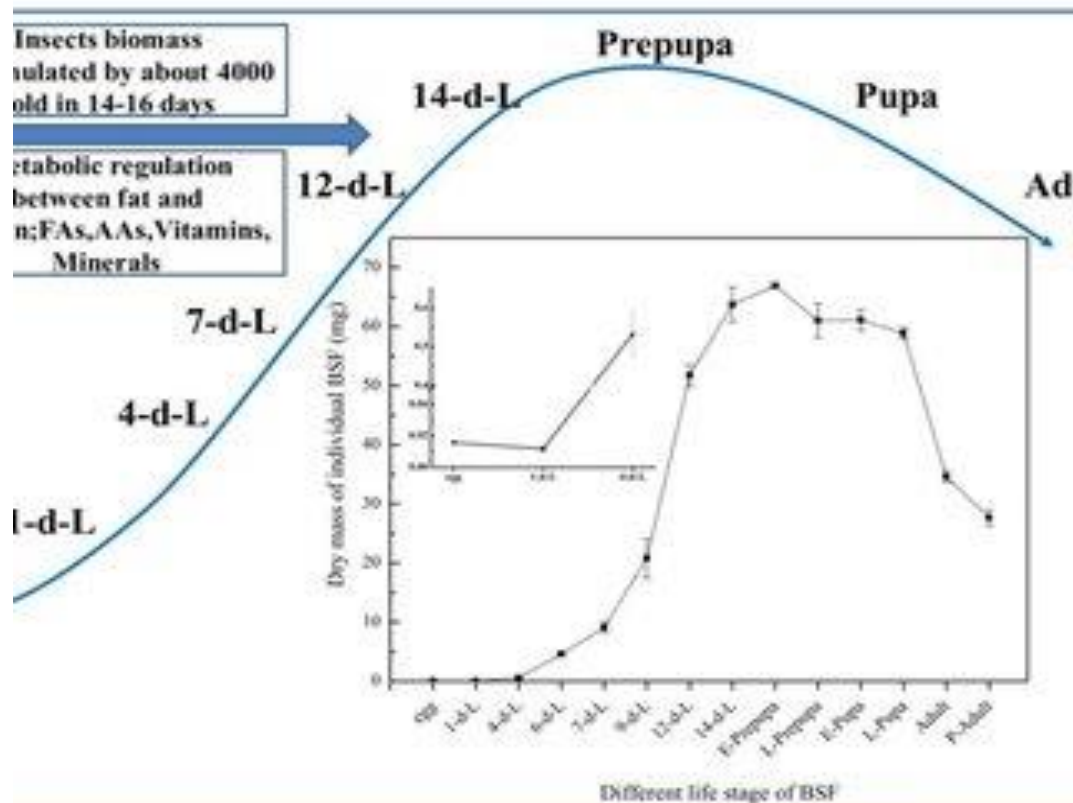


5. Controls harmful fly populations

Actively feeding BSF grubs secrete a natural fly repellent called a synomone (an interspecies, chemical communication that alerts and warns other kinds of flies to stay away). This actually helps reduce housefly numbers by at least 95% by denying the flies access to food.



Larva



Dynamic fluctuation in nutrient spectra of edible BSF during life cycle

Changes in BSF nutritional spectra and biomass accumulation during the life cycle. All the results were expressed as dry mass. d-L: day-larvae.

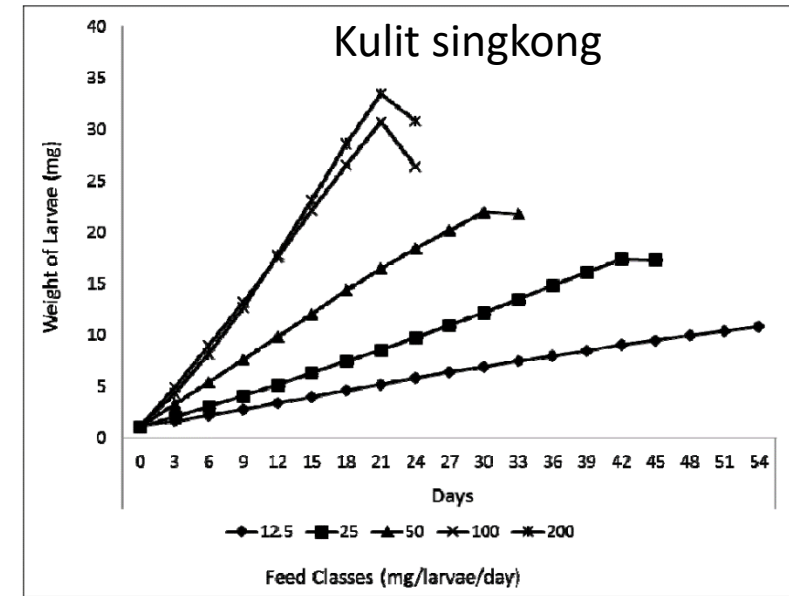
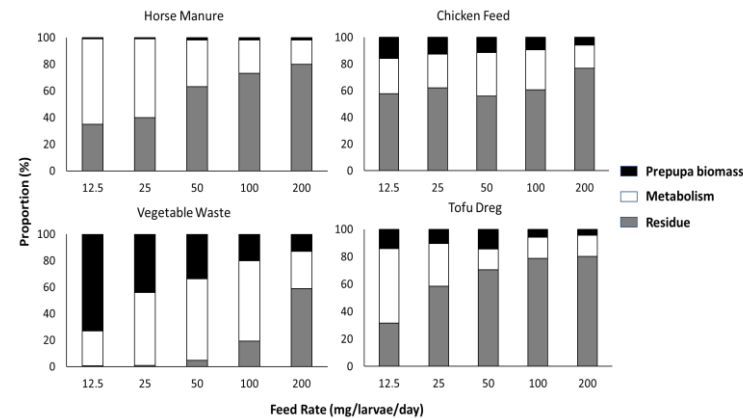
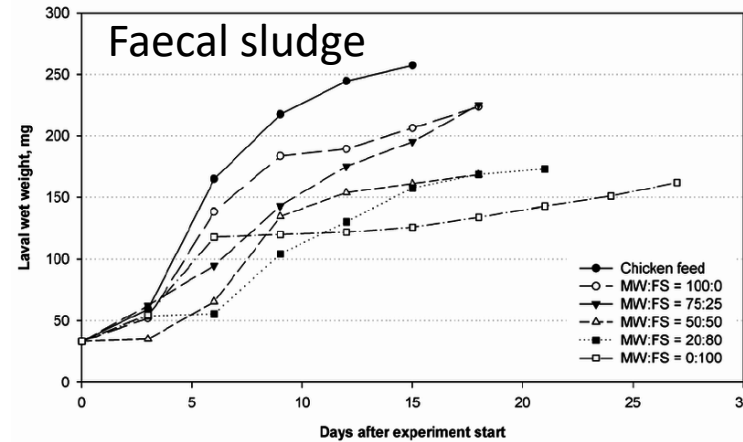
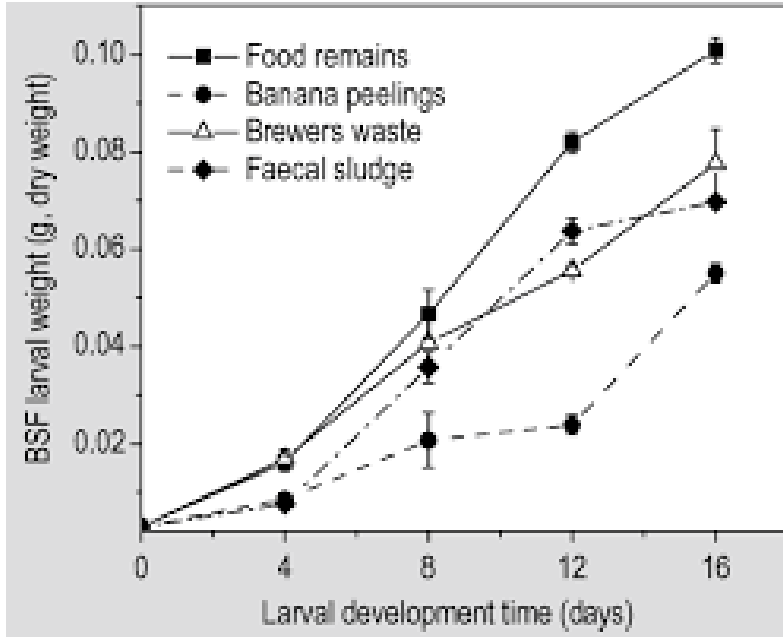
Pola pertumbuhan

- Pola pertumbuhan dari larva adalah eksponensial pada awal lalu diikuti dengan perlambatan saat memasuki masa pupa
- Fase pertumbuhan eksponensial ini merupakan fase paling membutuhkan makanan dan oksigen dalam jumlah tinggi
- Pertumbuhan larva ditentukan oleh beberapa hal
 - Jenis makanan yang dikonsumsi
 - Jumlah makanan yang diberikan
 - Metoda pemberian makanan
 - Tingkat kerapatan dari larva pada wadah pemeliharaan
 - Ketebalan dari makanan (terkait dengan suplai oksigen bagi larva)
 - Kondisi lingkungan tempat hidup (pH dan suhu sebagai contoh)

Larva



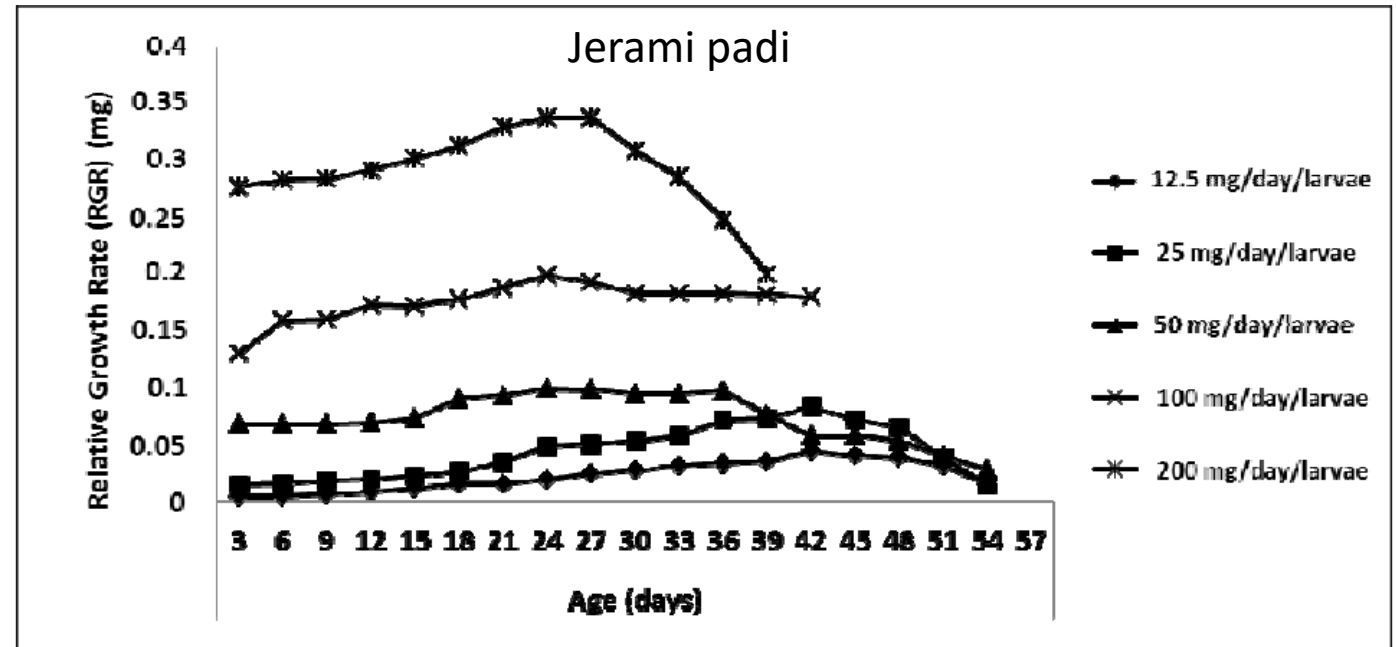
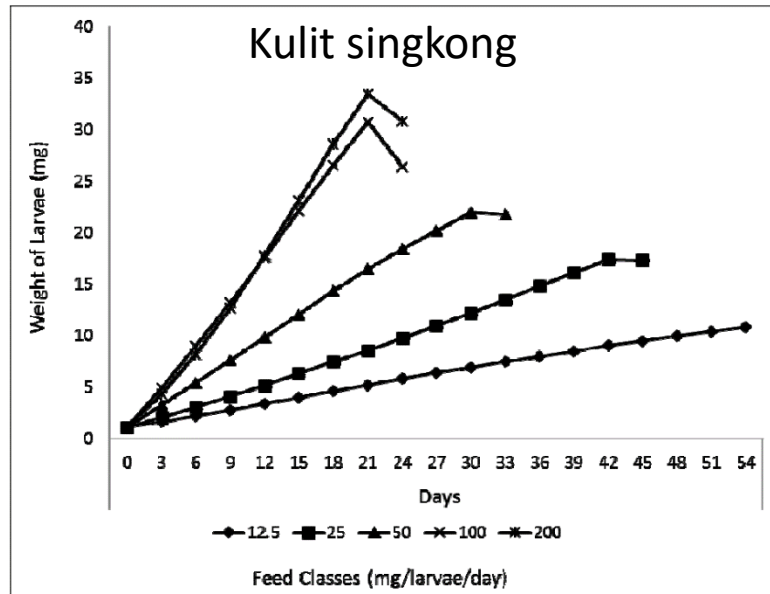
Efek dari jenis makanan terhadap pertumbuhan



Larva



Efek dari jumlah makanan terhadap pertumbuhan

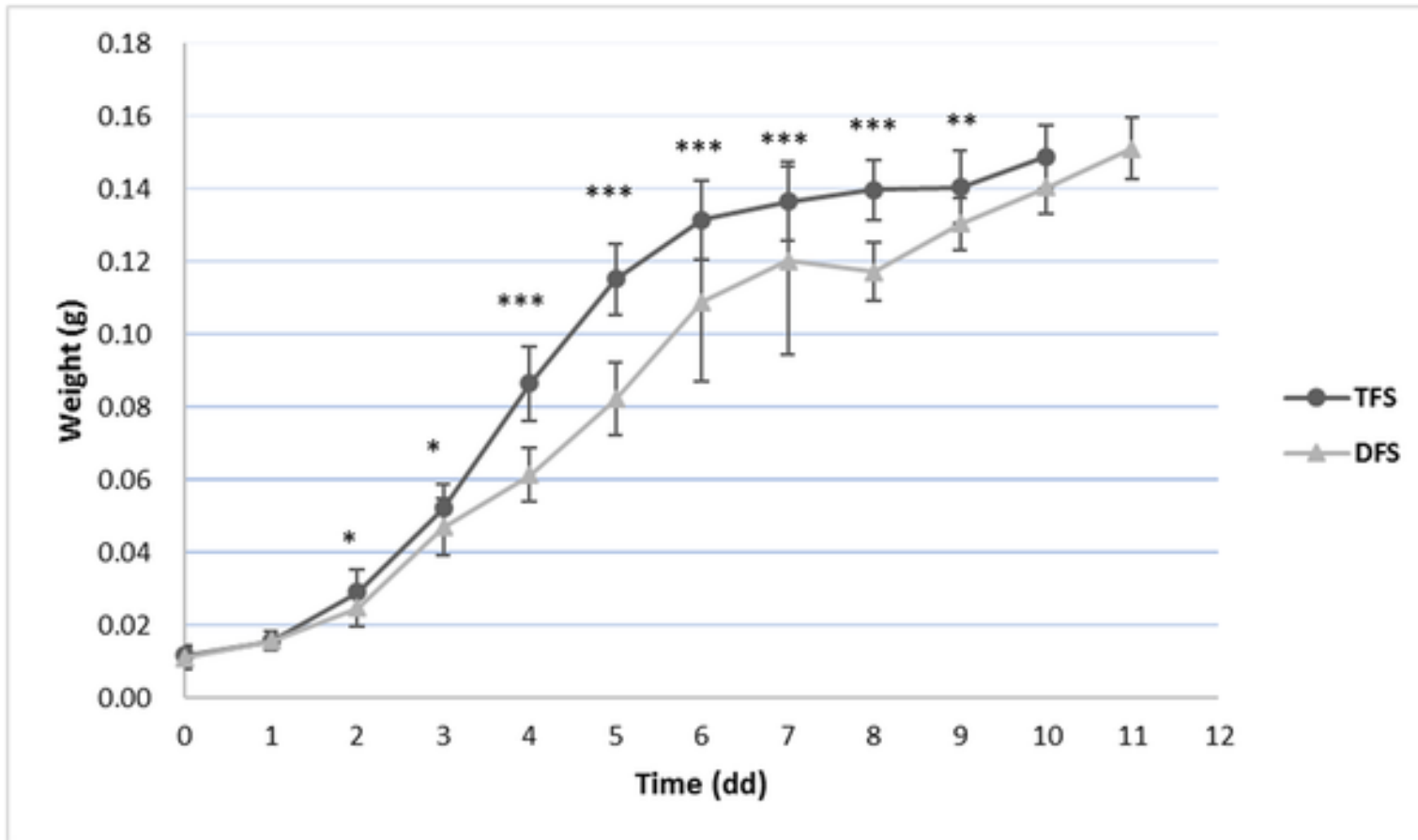


Tingkat konsumsi larva optimal 100 mg/larva/hari

Larva



Efek Model pemberian pakan

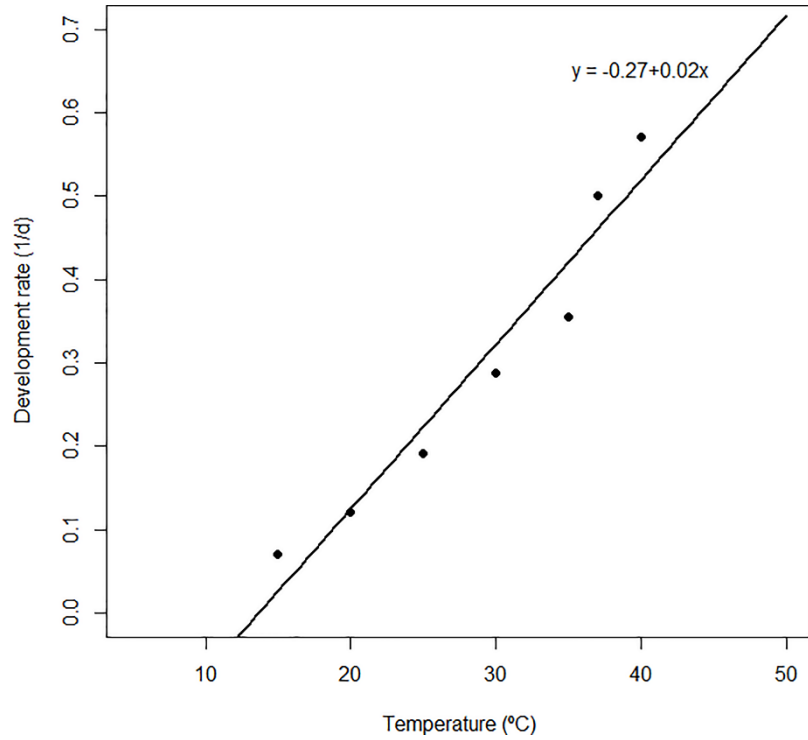


TFS : pakan langsung diberikan dalam jumlah besar diawal
DFS : pakan diberikan dalam ukuran berat bertahap

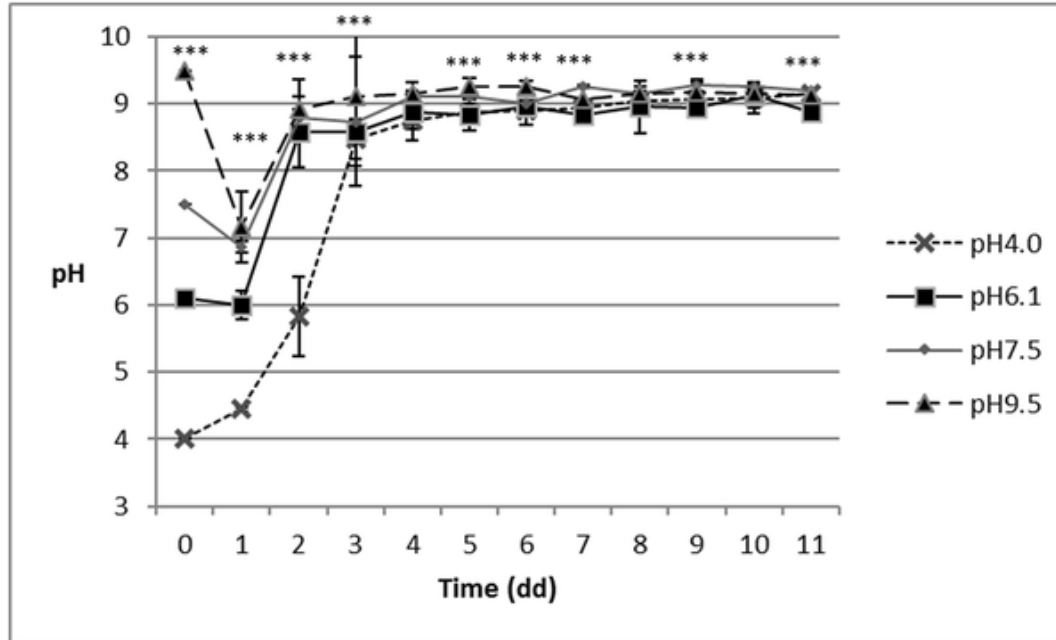
Larva



Efek kondisi lingkungan



Efek temperatur



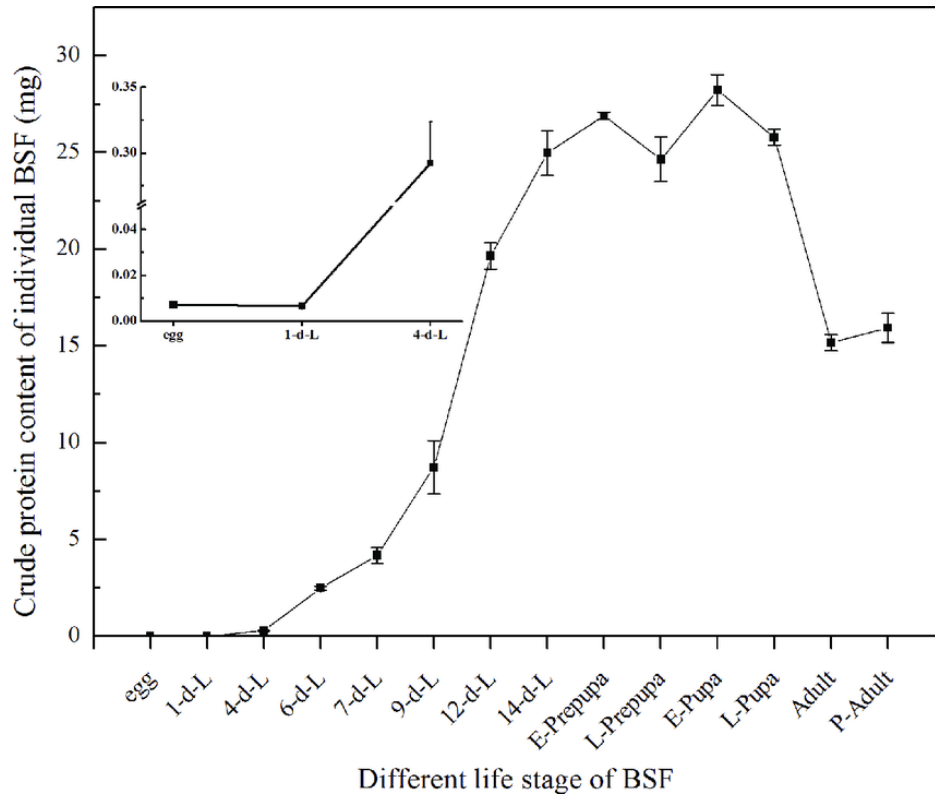
Efek pH

Pre Pupa



- Setelah lima fase larva (lima instar) terlalui, larva *H. illucens* sampai ke fase prepupa.
- Saat bertransformasi menjadi prepupa, tubuhnya mengalami pengerasan di bagian eksoskeleton dan berubah warna menjadi coklat tua hingga abu-abu arang.
- Struktur mulutnya pun berubah menjadi seperti kait.
- Mulut dengan bentuk kait ini memudahkan prepupa untuk berpindah ke tempat yang lebih kering dan terlindungi
- Salah satu perilaku khas dari prepupa adalah memanjat yang digunakan sebagai salah satu teknik pemanenan dari serangga ini

Pre Pupa



- Merupakan tahap hidup dimana tubuh serangga memiliki kandungan protein tertinggi
- Merupakan sumber pakan terbaik bagi hewan-hewan yang memiliki kemampuan untuk mencernakan kitin yang terdapat pada bagian luar tubuh (seperti unggas)
- Umum digunakan sebagai sumber protein dalam bentuk tepung

Pupa



- Pupasi adalah proses transformasi pupa menjadi lalat.
- Pada tahap ini, pupa sudah tidak melakukan aktivitas makan maupun migrasi kemudian menjadi kaku.
- Waktu pupasi sekitar 2-3 minggu tergantung dari kondisi lingkungan.
- Tanda pupasi berakhir yaitu keluarnya lalat dari dalam pupa.

Dewasa



- Terdapat beberapa karakter unik dari lalat dewasa
 - Tidak makan karena tidak memiliki alat mulut yang berkembang dengan baik, dapat minum
 - Memiliki umur antara 7 sampai 10 hari yang dihabiskan untuk mencari pasangan
 - Kemunculan dari pupa dipengaruhi oleh substrat pada lingkungan mereka

Pupation substrate	Length of development Stage (d)		Successful adult emergence (%)
	Post-feeding	Pupal	
No substrate	10.28 ± 0.17A	6.74 ± 0.03A	87.60 ± 5.50A
Sand	8.44 ± 0.12B	8.86 ± 0.64B	96.80 ± 2.95B
Topsoil	7.93 ± 0.072B	6.89 ± 0.69B	98.00 ± 2.12B
Wood shavings	7.71 ± 0.09C	6.93 ± 0.64B	95.60 ± 4.50B
Potting soil	7.56 ± 0.05C	6.92 ± 0.62B	97.20 ± 2.28B

Dewasa



Reproduksi

- Kesuksesan proses reproduksi pada lalat dewasa menentukan keberlanjutan dari kegiatan biokonversi limbah organik oleh lalat tentara hitam
- Faktor yang mempengaruhi kesuksesan reproduksi adalah
 - Proporsi lalat jantan dan betina
 - Lingkungan (suhu, kelembaban dan tingkat pendedahan terhadap cahaya)
 - Keberadaan limbah organik berkualitas bagi kebutuhan larva (lembab, mengandung protein dan karbohidrat seimbang)
 - Keberadaan lokasi untuk peletakan telur

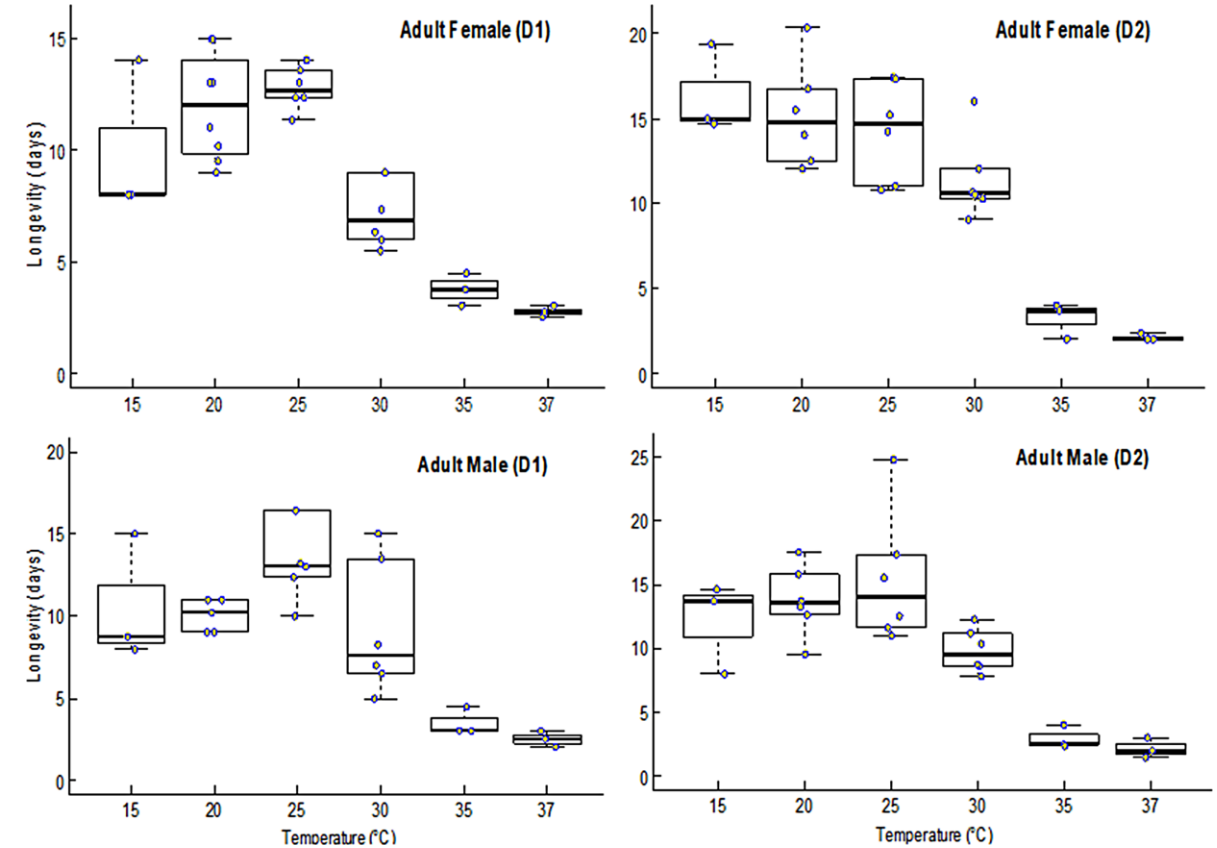


Dewasa

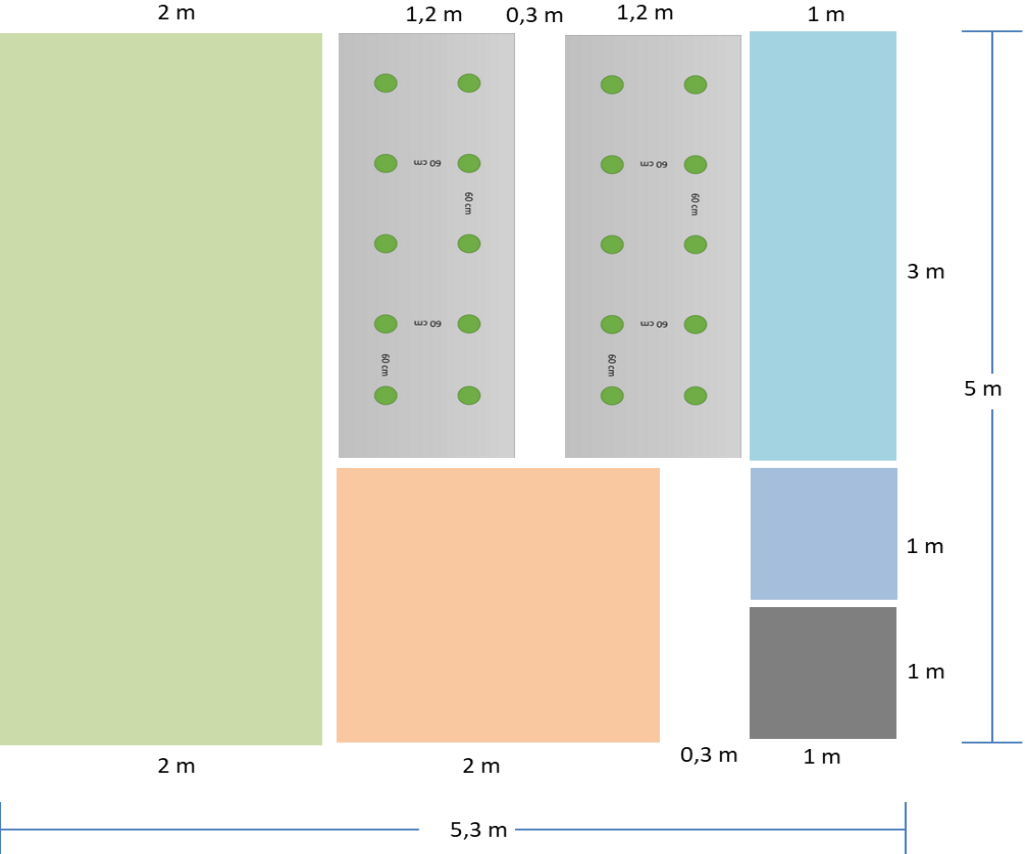
Life-history parameter	Supplemental light source (mean \pm SE)		
	LED lamp only	LED lamp + 2 h sunlight ¹⁾	
Pre-oviposition period (days)	4.6 \pm 0.3	4.4 \pm 0.3	
Oviposition period (days)	7.6 \pm 0.8	9.4 \pm 0.8	
No. of clutches/female	0.43 \pm 0.04	0.39 \pm 0.04	
No. of hatched clutches/female	0.05 \pm 0.03	0.15 \pm 0.03	*
Hatchability (%) ²⁾	11.2 \pm 9.1	39.5 \pm 6.3	*
No. of eggs/female	289.0 \pm 27.0	240.2 \pm 31.6	
No. of hatched eggs/female	43.7 \pm 35.8	84.4 \pm 19.0	
Male longevity (days)	12.8 \pm 0.2	14.1 \pm 0.3	*
Female longevity (days)	12.3 \pm 0.2	12.7 \pm 0.2	

*Difference was significant between light sources (ANOVA, $p < 0.05$)

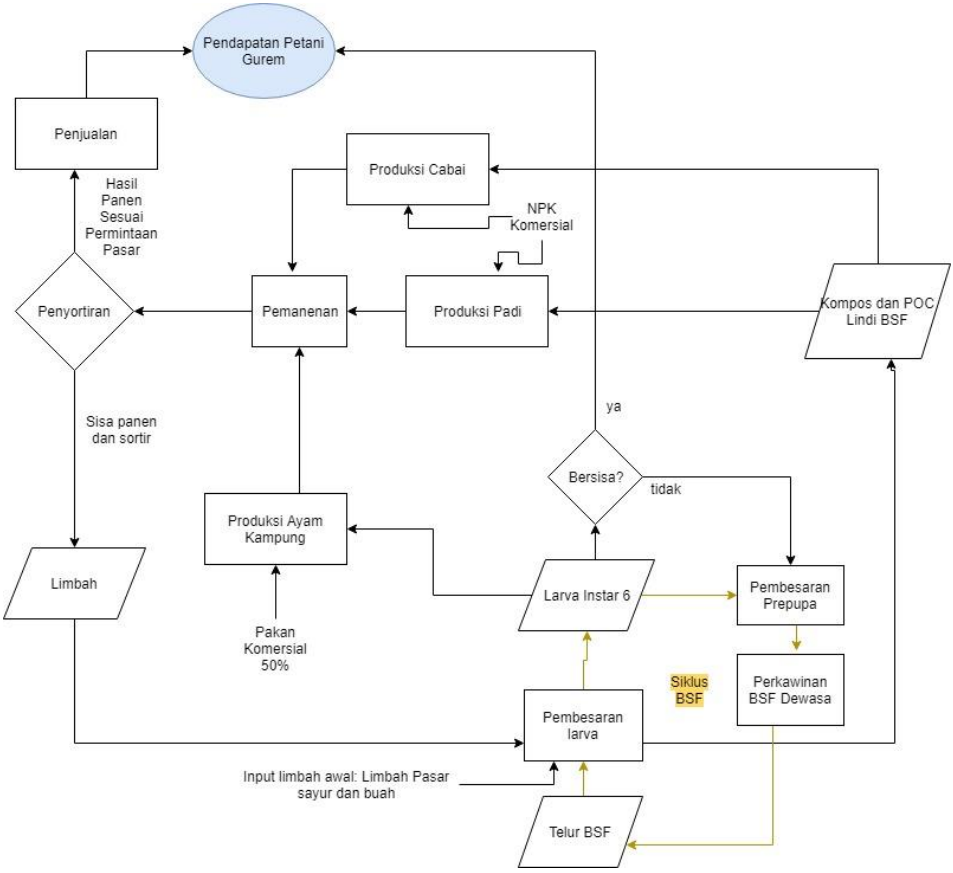
Efek kondisi lingkungan



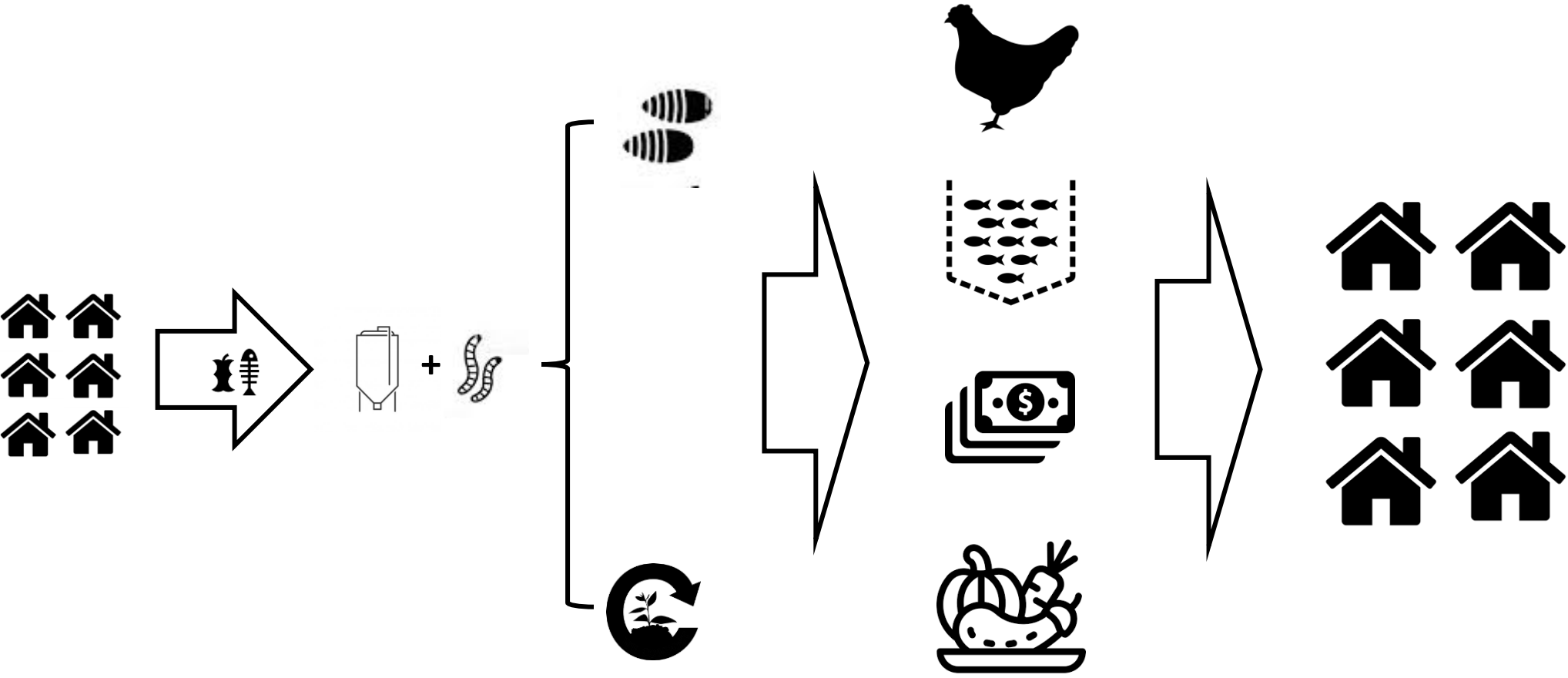
Aplikasi pada level kecil



- = produksi padi
- = produksi ayam kampung
- = produksi larva BSF
- = produksi telur BSF
- = produksi cabai besar
- = pergudangan

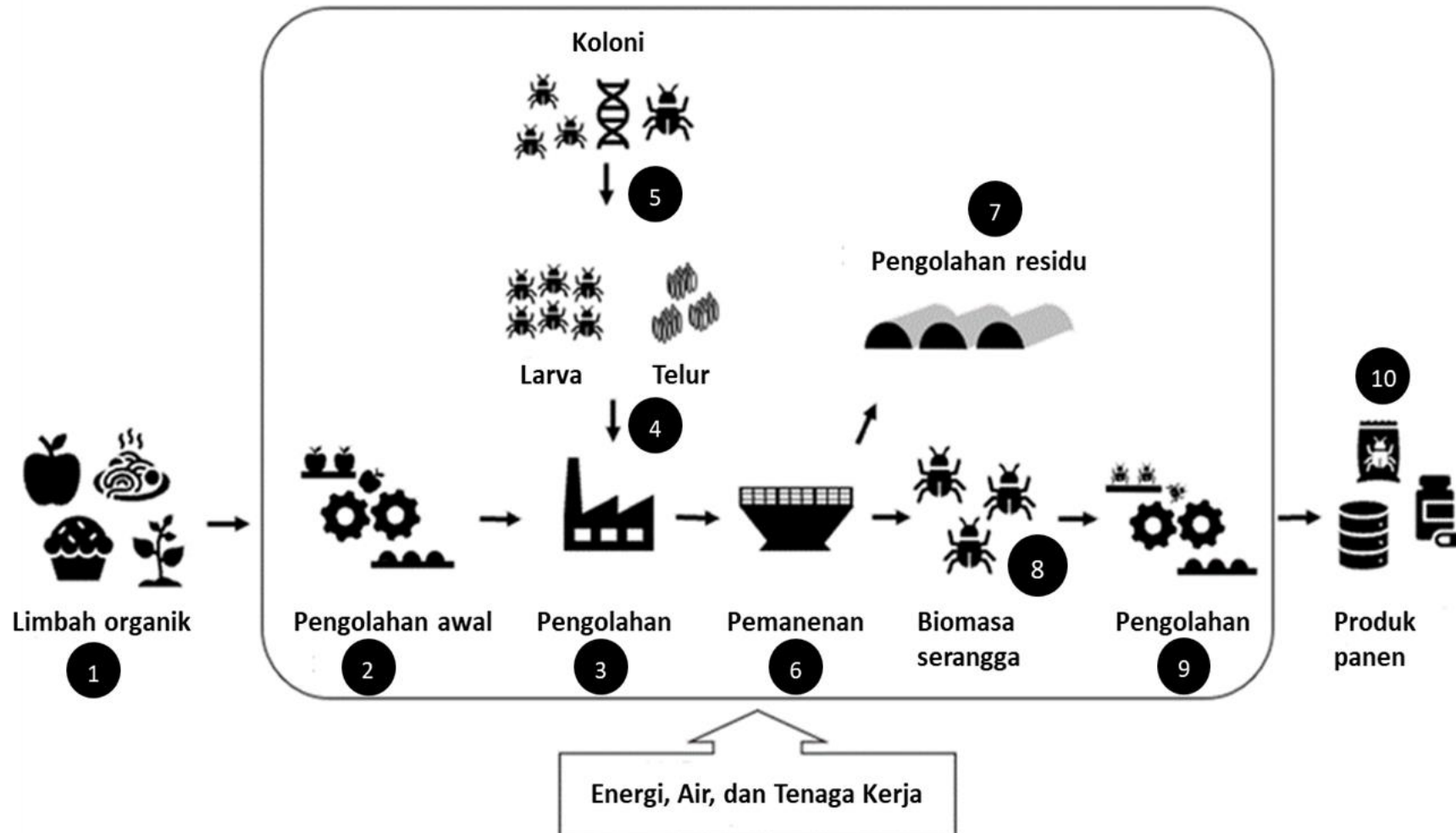


Aplikasi pada level komunal



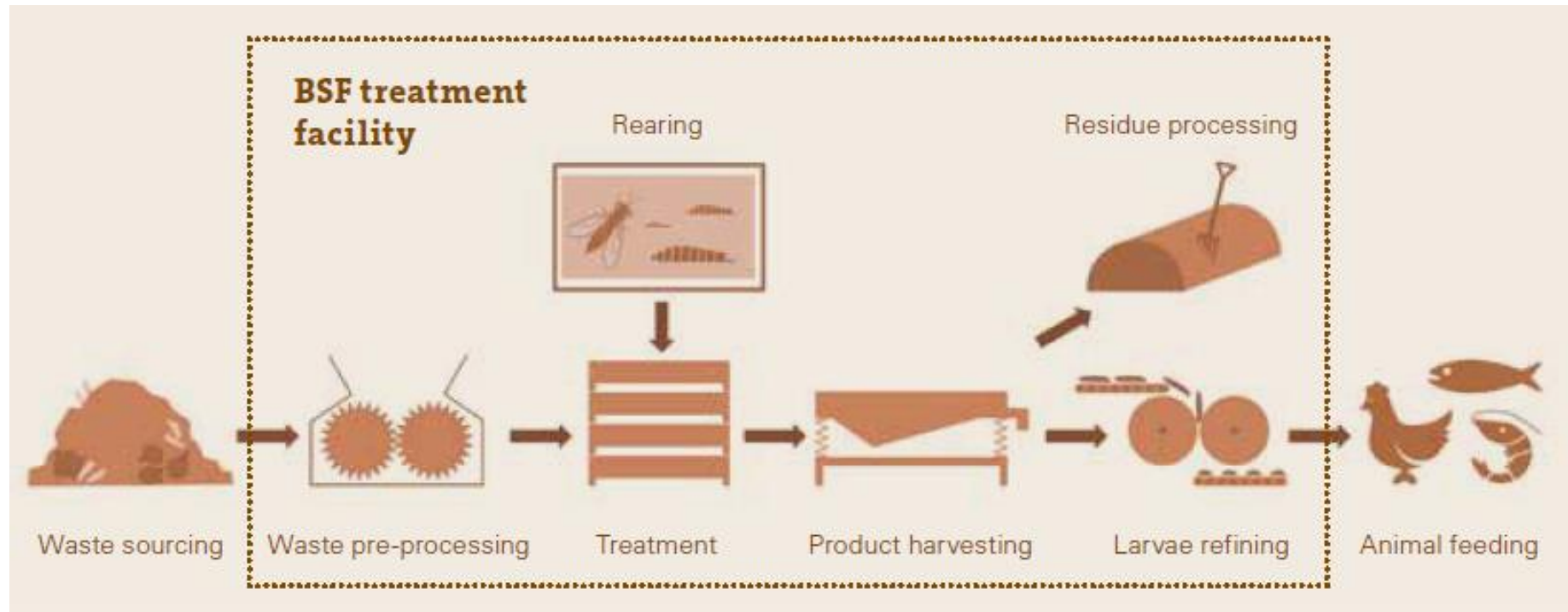
Aplikasi pada level industrial

Fasilitas biokonversi

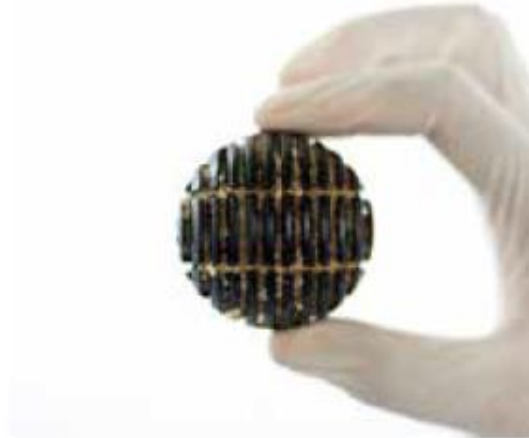


TERIMA KASIH ATAS PERHATIANNYA

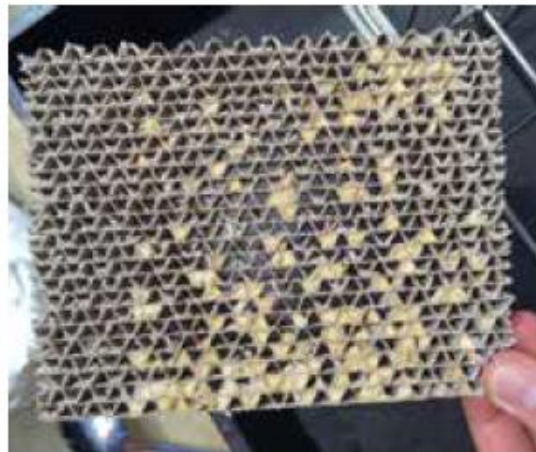
Memulai aplikasi Lalat Tentara Hitam sebagai pengolah limbah



Langkah 1 : Telur



- Proses aplikasi dimulai dapat dimulai dari telur BSF yang dapat dibeli secara komersial atau dari alam.
- Jumlah telur dalam 1 gram antara 20.000 hingga 37.000 buah.
- Daya tetas telur ditentukan oleh beberapa hal seperti:
 - Kualitas dari induk
 - Kondisi lingkungan (kondisi yang panas dan kering dapat menurunkan daya tetas)
 - Serangan dari musuh alami (semut)



Langkah 1b : Memancing Telur dari Alam



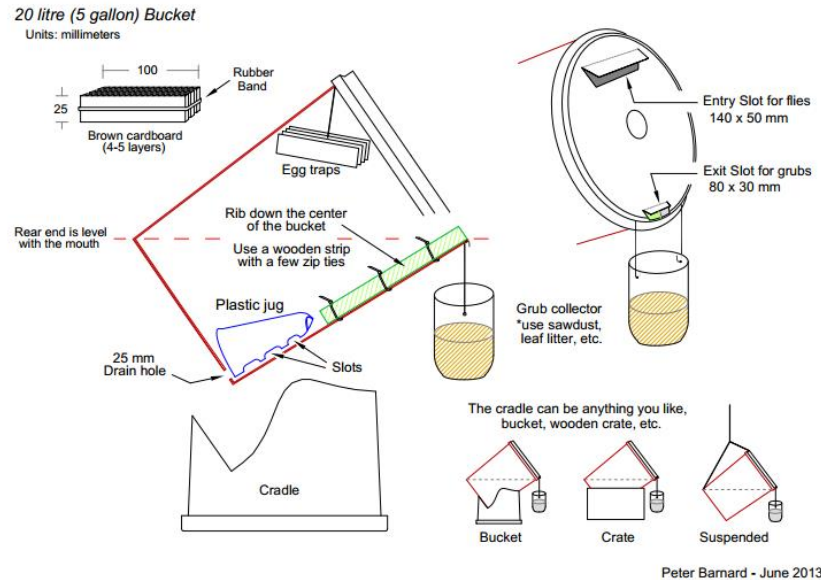
- Telur dapat diperoleh di alam dengan menggunakan perangkap telur yang berisi buah busuk (yang memiliki banyak air seperti nanas, pisang, papaya), sisa hewan, atau sampah dapur maupun pertanian.
- Untuk mencegah serangan dari hewan lain, perangkap pada umumnya digantungkan dan tali penggantung diberi lem untuk mencegah serangan semut.

Langkah 1c : Menetaskan telur



- Telur BSF yang diperoleh secara komersial atau menggunakan perangkat berupa karton atau kayu butuh untuk ditetaskan.
- Media awal yang dibutuhkan untuk pertumbuhan larva baru adalah media limbah organik yang lunak dan basah (minimal kandungan air 70%).
- Media biasanya diganti per hari atau per 3 hari untuk menjamin kesamaan dari umur larva yang memudahkan untuk penentuan umur produksi.

Langkah 1 : Memelihara larva



- Larva dipindahkan dari media penetasan ke tempat pemeliharaan setelah berumur 5 hari.
- 10.000 larva usia lima hari (total berat 2 gram) dapat mengkonsumsi 15 kg sampah basah dalam waktu 12 hari.
- 40.000 larva usia lima hari dapat menghabiskan 15 kg sampah basah perhari (dengan ukuran ruang pemeliharaan 1 m²)

Langkah 2 : Memelihara larva



Hal-hal yang perlu diperhatikan

- Sampah dapat diberikan per hari (dibagi 12 porsi) atau 3 kali (hari pertama, kelima, dan kedelapan)
- Terlalu banyak sampah akan menyebabkan pertumbuhan bakteri dan mengundang kedatangan lalat lain.
- Terlalu sedikit sampah (atau sampah terlalu kering, kelembaban di bawah 70%) dapat memperlambat pertumbuhan.
- Larva sangat membutuhkan oksigen dalam jumlah besar sehingga ventilasi sangat dibutuhkan.
- Jumlah sampah organik yang dapat diberikan dibatasi oleh ketebalan dari limbah (pada umumnya ketebalan 5 cm). Tumpukan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sebagian besar limbah pada bagian bawah tidak terolah.

Langkah 3 : Memanen



- Proses panen dilakukan 12 hari setelah limbah organik diproses.
- Untuk mempermudah panen, dapat diberikan media yang bersifat menyerap air seperti dedak atau sekam.
- Larva telah memiliki berat tertinggi akan tetapi belum menjadi prepupa
- Proses pemanenan dilakukan dengan pengayakan.
- Ukuran lubang pada ayakan adalah 3 mm

Langkah 3 : Memanen



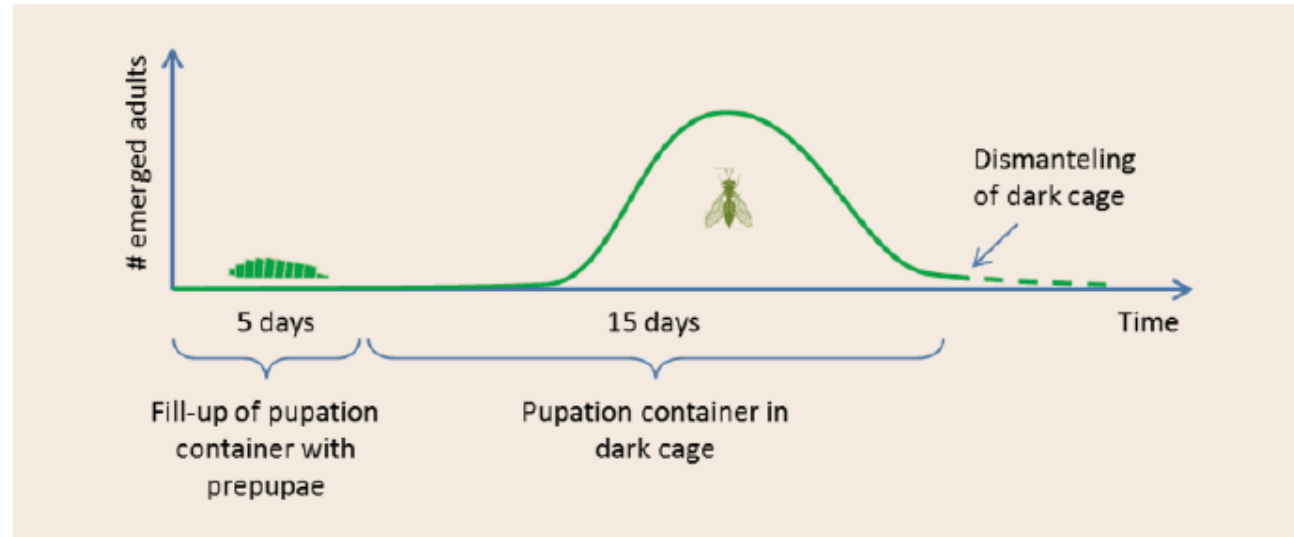
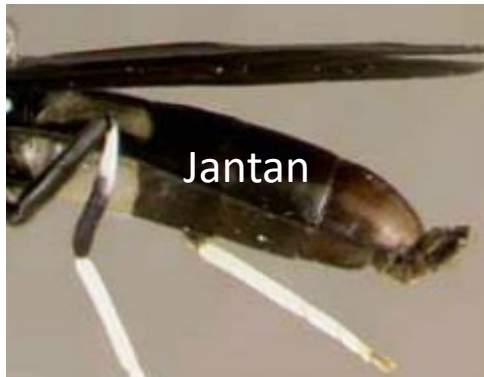
- Proses panen saat limbah terlalu basah (kandungan air lebih dari 85%) adalah dengan menggunakan saringan yang tidak digoyangkan
- Ukuran lubang yang digunakan adalah 5 mm.
- Larva akan jatuh karena sifat mereka yang menghindari sinar matahari langsung
- Larva yang berada pada wadah penampungan selanjutnya diambil dengan menggunakan saringan
- Larva dipindahkan ke wadah pengeringan (yang diisi coco peat atau dedak) dan dibiarkan selama 1 hari → dapat menambah kualitas larva dan membersihkan kulit larva (bila akan digunakan)

Langkah 4 : Pupasi



- Untuk menjamin kelangsungan sistem, sebagian dari larva dibutuhkan untuk dipelihara menjadi pupa.
- Larva dipindahkan pada media yang lembab (kompos atau sisa dari sampah yang telah diolah oleh BSF)
- Pupa ditempatkan pada tempat gelap (dapat berupa kandang) yang berongga udara untuk memastikan bahwa prepupa terlindungi dari kondisi luar lingkungan.

Langkah 4 : Lalat dewasa



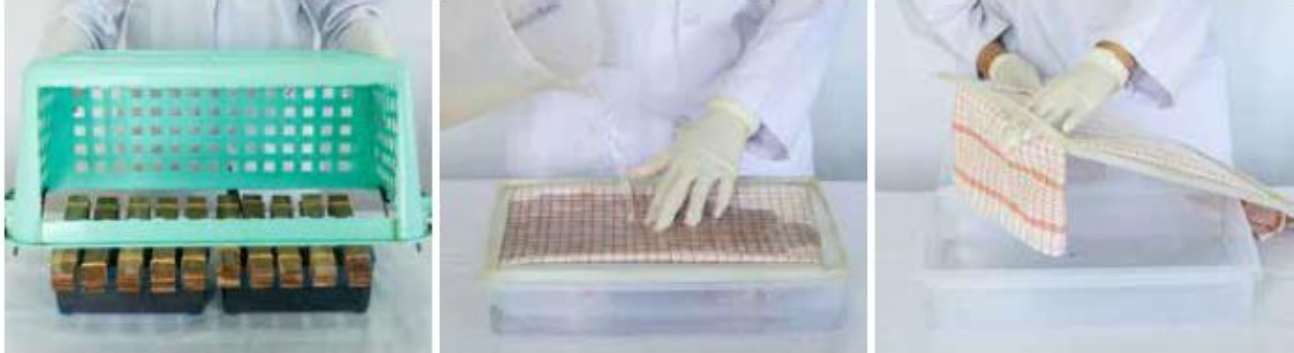
- Lalat dewasa dihasilkan dari pupa dan mengikuti pola seperti lonceng
- Masa pupa biasanya berlangsung selama 5 hari
- Umur dari lalat dewasa adalah 15 hari
- Perbedaan antara lalat jantan dan betina terletak pada bagian ekor dan hanya bisa dilakukan saat lalat menjadi dewasa

Langkah 4 : Produksi telur



- Produksi telur merupakan komponen terpenting dalam penggunaan BSF secara mandiri
- Terdapat 3 komponen penting dalam proses ini, yaitu
 - Kandang
 - Penarik bertelur

Langkah 4 : Produksi telur



- Shade box untuk melindungi papan telur
- Kain basah untuk minum bagi BSF
- Papan untuk tempat lalat betina meletakkan telur
- Kandang dimana proses kawin terjadi

Langkah 4 : Produksi telur

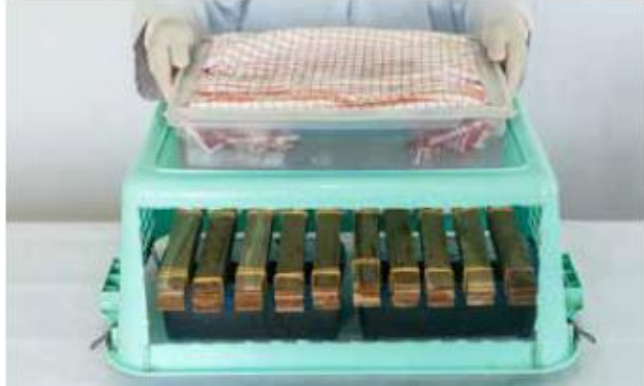


- Dapat menggunakan limbah organik sisa makanan atau buah (hal penting, bahan harus selalu basah)
- Penarik bertelur (atraktran bertelur)
 - 100 gram BSF mati
 - 200 gram residu dari media pemeliharaan
 - 200 gram residu dari atraktan lama
 - 1 liter jus buah terfermentasi



- Papan tempat bertelur
 - Papan keras yang tidak mudah menyerap air
 - Diberikan paku payung untuk memberikan celah di antara papan
 - Diikat dengan karet

Langkah 4 : Produksi telur



- Setting pada kendang kawin
 - Kain basah di bagian atas
 - Perangkat telur di bawah
 - Kayu tempat meletakkan telur di atas perangkat telur (dapat juga diganti dengan kardus)

