

KAJIAN KUALITAS NUTRISI MAGGOT HASIL PENGERINGAN MENGGUNAKAN KONSENTRATOR SOLAR TERMAL TIPE PARABOLIC DISH COLLECTOR (PDC)

ALIKA SHABIRA NISA¹, LIU KIN MEN², OTONG NURHILAL², NOTO SUSANTO GULTOM²,
SETIANTO², NOWO RIVELI², SAHRUL HIDAYAT^{2*}

¹Prodi Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran

²Departemen Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Jatinangor Km. 21 Sumedang

*email : sahrul@unpad.ac.id

Diserahkan: 03/08/2026

Diterima: 04/08/2026

Dipublikasikan: 07/08/2026

Abstrak. Maggot *Black Soldier Fly* (BSF, *Hermetia illucens*) merupakan komoditas yang populer karena kemampuannya mengurai sampah organik dan berpotensi menjadi sumber protein pakan hewan. Pemanfaatan maggot sebagai pakan memerlukan proses pengeringan agar mutu nutrisinya terjaga selama penyimpanan, namun teknik pengeringan konvensional seperti oven dan microwave mengonsumsi energi dan biaya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menentukan profil suhu yang dihasilkan konsentrator solar termal tipe *Parabolic Dish Collector* (PDC), menguji efektivitasnya dalam mengeringkan maggot BSF, serta mengevaluasi kualitas proksimat maggot kering yang dihasilkan. Konsentrator PDC digunakan untuk mengeringkan maggot BSF berumur 18 hari selama 10 menit, hasilnya dibandingkan dengan maggot yang dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga mencapai berat konstan. Kandungan proksimat (air, abu, protein, lemak, serat, dan karbohidrat) kedua jenis maggot kering kemudian dibandingkan satu sama lain, terhadap bahan pakan ikan lain (tepung cacing tanah dan tepung ikan), dan Standar Nasional Indonesia (SNI) pakan ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu alas tabung konsentrator berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari, dengan suhu tertinggi mencapai 166,9°C pada intensitas 86,5 klx. Pengeringan menggunakan konsentrator PDC hanya membutuhkan waktu 10 menit, jauh lebih singkat dibandingkan oven yang memerlukan belasan jam, dengan kualitas nutrisi yang tidak berbeda jauh. Kandungan protein, lemak, serat, dan abu pada maggot hasil pengeringan konsentrator (36,16% protein; 23,7% lemak) memenuhi seluruh ambang SNI pakan ikan lele, nila, patin, dan ikan mas, serta melampaui kandungan protein dan lemak tepung cacing tanah maupun tepung ikan. Dengan demikian, konsentrator solar termal tipe PDC merupakan teknologi pengeringan alternatif yang efektif, hemat energi, dan berpotensi dikembangkan sebagai solusi produksi pakan ikan berbasis energi terbarukan di Indonesia.

Kata kunci: Maggot BSF; konsentrator solar termal; Parabolic Dish Collector; uji proksimat

Abstract. *Black Soldier Fly* (BSF, *Hermetia illucens*) larvae, commonly known as maggots, have become a popular commodity due to their ability to decompose organic waste while offering potential as an animal feed protein source. Utilizing maggots as feed requires a drying process to preserve their nutritional quality during storage, yet conventional drying techniques such as oven and microwave drying demand high energy consumption and cost. This study aims to determine the temperature profile generated by a *Parabolic Dish Collector* (PDC) type solar thermal concentrator, to examine its effectiveness in drying BSF maggots, and to evaluate the proximate quality of the resulting dried maggots. The PDC concentrator was used to dry 18-day-old BSF maggots for 10 minutes, with results compared to maggots oven-dried at 60°C until reaching a constant weight. The proximate content (moisture, ash, protein, fat, fiber, and carbohydrate) of both dried maggot types was compared against each other, other fish feed ingredients (earthworm meal and fish meal), and Indonesian National Standards (SNI) for fish feed. Results show that the concentrator's receiver-tube temperature is proportional to solar light intensity, reaching a maximum of 166.9°C at an intensity of 86.5 klx. Drying with the PDC concentrator required only 10 minutes, far shorter than oven drying which took over ten hours, while producing nutritional quality comparable to the oven-dried product. The protein, fat, fiber, and ash content of the concentrator-dried maggots (36.16% protein; 23.7% fat) met all SNI thresholds for catfish, tilapia, pangasius, and carp feed, and exceeded the protein and fat content of earthworm meal and fish meal. Thermal solar concentrators of the PDC type are therefore an effective, energy-efficient alternative drying technology with potential as a renewable-energy-based solution for fish feed production in Indonesia.

keywords: BSF maggots; solar thermal concentrator; parabolic dish collector; proximate analysis

Doi: 10.24198/saintika.v1i1.44663

1. Pendahuluan

Pemerintah Kota Bandung dan berbagai daerah lain di Indonesia tengah mendorong pemanfaatan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) sebagai salah satu solusi pengurangan sampah organik perkotaan. Larva BSF, yang dikenal sebagai maggot, mampu mengonsumsi berbagai jenis sampah organik dan mengonversinya menjadi biomassa kaya nutrisi melalui aktivitas bakteri dalam saluran pencernaannya. Dalam kurun waktu 36 hari, maggot dilaporkan mampu mereduksi sampah organik perkotaan hingga 47,75% [1]. Nutrisi hasil konversi tersebut, terutama protein dan lemak, membuat maggot berpotensi besar sebagai bahan campuran pakan hewan, baik untuk unggas, ikan, maupun babi, dengan kandungan protein dan lemak larva BSF yang dilaporkan berkisar 40–44% dan 15–49% [2].

Maggot dapat dimanfaatkan sebagai pakan dalam kondisi segar maupun kering. Akan tetapi, maggot segar rentan mengalami penurunan mutu akibat aktivitas enzimatik dan mikroorganisme selama penyimpanan, sehingga proses pengeringan menjadi tahapan penting untuk memperpanjang masa simpan dan menjaga stabilitas nutrisinya [3]. Teknik pengeringan yang umum digunakan secara komersial, seperti *oven* dan *microwave*, memang efektif menurunkan kadar air maggot, tetapi memerlukan konsumsi energi listrik yang besar sehingga berdampak pada tingginya biaya produksi. Di sisi lain, pengeringan tradisional dengan sinar matahari langsung (*solar dryer*) membutuhkan waktu yang sangat lama, dapat mencapai puluhan jam. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan metode pengeringan alternatif yang lebih hemat energi dan biaya, salah satunya melalui pemanfaatan teknologi energi terbarukan berupa konsentrator solar termal.

Konsentrator solar termal bekerja berdasarkan prinsip fototermal, yaitu memfokuskan cahaya matahari pada satu titik penerima (*receiver*) sehingga terjadi konversi energi cahaya menjadi energi panas yang jauh lebih tinggi dibandingkan *solar dryer* konvensional. Di antara berbagai tipe konsentrator, tipe *Parabolic Dish Collector* (PDC) memiliki keunggulan berupa efisiensi konversi energi yang tinggi serta *concentrating ratio* yang besar, sehingga mampu menghasilkan suhu tinggi dalam waktu relatif singkat, dapat digunakan pada skala kecil, dan tidak memerlukan permukaan penempatan yang datar [15], [16].

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji pengaruh teknik pengeringan terhadap kandungan nutrisi larva BSF dan serangga pakan lainnya. Pengeringan menggunakan oven umumnya dilakukan pada suhu sekitar 60°C dengan durasi lebih dari 10 jam hingga tercapai berat konstan, sedangkan pengeringan *microwave* dapat dipersingkat menjadi 10–30 menit tergantung daya yang digunakan; sementara *solar dryer tipe parabolic dome* dilaporkan memerlukan waktu hingga 48 jam [14], [19]. Perlakuan panas turut memengaruhi profil nutrisi bahan pangan berbasis serangga; proses pemanasan dapat menurunkan kandungan lemak sekaligus meningkatkan kandungan protein relatif akibat hilangnya kadar air, sebagaimana ditemukan pada pengeringan serangga lain seperti jangkrik [4]. Teknik pra-perlakuan dan pengeringan juga terbukti memengaruhi muatan mikroba dan karakteristik fisikokimia larva BSF [18], sementara proses pengolahan tradisional pada serangga pangan lain turut memengaruhi mutu gizi dan mikrobiologisnya [13]. Studi proksimat dan asam lemak larva BSF turut menegaskan variasi kandungan nutrisi bergantung pada substrat pakan dan kondisi pengolahan [9].

Pada aspek pemanfaatan sebagai pakan, ulasan komprehensif mengenai peluang dan tantangan larva BSF sebagai pakan hewan menegaskan potensinya sebagai substitusi sumber protein hewani konvensional [16], sementara larva BSF telah dilaporkan aman ditambahkan pada pakan unggas hingga proporsi tertentu tanpa memengaruhi kualitas pertumbuhan dan karkas [10]. Pemanfaatan serangga, termasuk BSF, sebagai bahan pakan ikan (*aquafeed*) juga menjadi topik kajian yang berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir [12], demikian pula pemanfaatannya sebagai pakan hewan peliharaan dan hewan eksotik [20]. Dari sisi teknologi konsentrator solar termal, tinjauan mengenai berbagai jenis konsentrator dan aplikasinya menunjukkan bahwa tipe berbasis parabola (*dish/PDC*) memiliki efisiensi

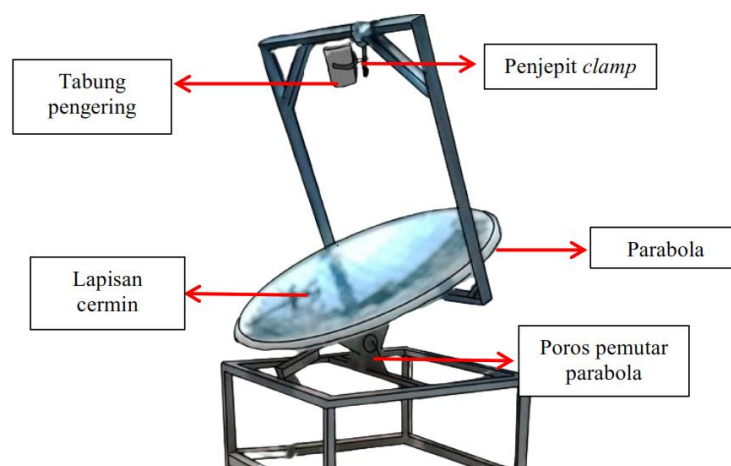
konversi energi cahaya-panas yang unggul dibandingkan tipe datar maupun *trough* [5], dan studi eksperimental *parabolic solar concentrator* telah mengonfirmasi kemampuannya menghasilkan suhu tinggi pada skala laboratorium [17].

Meskipun kajian mengenai pengeringan larva BSF melalui oven, microwave, dan solar dryer konvensional telah banyak dilakukan, pemanfaatan konsentrator solar termal tipe PDC sebagai metode pengeringan maggot belum banyak dieksplorasi. Penelitian ini menawarkan kebaruan berupa penerapan konsentrator solar termal PDC skala kecil sebagai teknologi pengeringan maggot BSF yang hemat energi dan berbasis energi terbarukan, sekaligus mengevaluasi secara komprehensif hubungan antara profil suhu-intensitas cahaya matahari, efektivitas waktu pengeringan, dan mutu proksimat produk akhir dibandingkan dengan metode oven konvensional serta standar mutu pakan ikan nasional (SNI). Pendekatan ini diharapkan menjadi studi awal pengembangan produksi maggot kering berbasis energi matahari sebagai alternatif bahan pakan ikan di Indonesia.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Maggot BSF yang digunakan berasal dari peternakan di daerah Cibiru, Bandung, berumur 18 hari dengan pakan berupa sampah organik rumahan. Alat utama penelitian adalah konsentrator solar termal tipe *Parabolic Dish Collector* (PDC) yang terdiri atas kolektor berbentuk parabola berlapis kaca cermin dan tabung penerima (receiver) berbahan *stainless steel* yang dilapisi lembar silikon sebagai isolator panas. Tabung penerima memiliki tinggi 11 cm, luas alas 29,9 cm², massa 187,34 g, dan panas jenis 515 J/kg.K pada suhu 400 K, dengan jarak fokus konsentrator sebesar 58,5 cm dan concentrating ratio sebesar 0,00573. Ilustrasi konsentrator solar termal diperlihatkan pada Gambar 1. Sebagai pembanding, digunakan oven listrik dengan rentang suhu maksimum 250°C. Alat ukur yang digunakan meliputi thermogun (suhu alas tabung), illuminance meter berskala 400–400.000 lux (intensitas cahaya matahari), higrometer (kelembapan udara), dan timbangan digital (massa sampel).



Gambar 1. Skema konsentrator solar termal

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri atas tiga tahapan utama: pengujian karakteristik konsentrator solar termal, pengeringan maggot, dan karakterisasi hasil pengeringan melalui uji proksimat. Pada tahap pengujian alat, konsentrator ditempatkan di bawah sinar matahari dengan tabung penerima disesuaikan pada titik fokusnya, kemudian suhu alas tabung, intensitas cahaya, dan kelembapan udara diukur setiap 10 menit selama lima jam (pukul 10.00–15.00 WIB) untuk memperoleh profil suhu maksimum konsentrator.

Pada tahap pengeringan, maggot terlebih dahulu dimatikan melalui perendaman dalam air

panas bersuhu 80°C selama 40 detik, dilanjutkan pendinginan segera menggunakan air dingin. Sampel maggot seberat 18 gram kemudian dikeringkan menggunakan konsentrator PDC selama 10 menit sambil dilakukan pengukuran suhu alas tabung dan kelembapan setiap 5 menit. Sebagai pembanding, sampel maggot seberat 40 gram dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga mencapai berat konstan. Diagram alir tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

Maggot kering hasil kedua metode pengeringan tersebut, beserta maggot segar sebagai kontrol, selanjutnya diuji kandungan proksimatnya di Laboratorium Nutrisi Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran, meliputi kandungan air, abu, protein, lemak, serat, dan karbohidrat. Hasil uji proksimat kemudian dibandingkan antarperlakuan, terhadap bahan pakan ikan pembanding berupa tepung cacing tanah dan tepung ikan, serta terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) pakan ikan lele (SNI 01-4087-2006), nila (SNI 01-7242-2006), patin (SNI 7548:2009), dan ikan mas (SNI 01-4266-2006).

2.3 Analisis Data

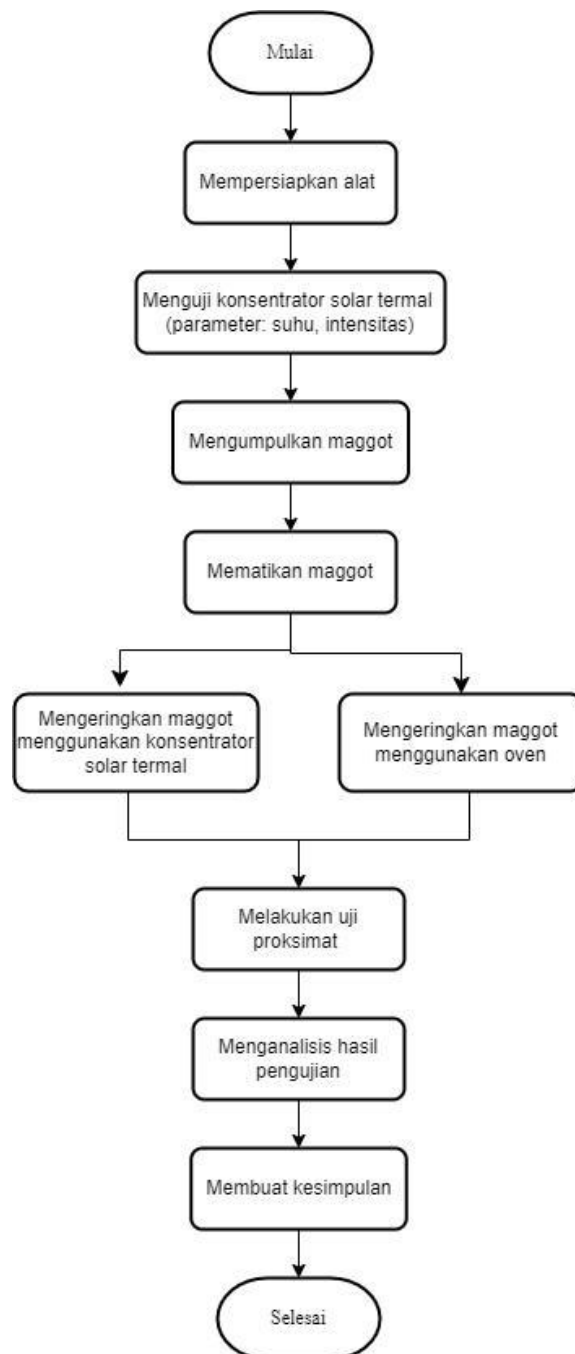
Hubungan antara suhu alas tabung dan intensitas cahaya matahari dianalisis secara deskriptif-kuantitatif menggunakan grafik time-series dan grafik korelasi. Jumlah fluks cahaya yang terkonsentrasi pada alas tabung dihitung menggunakan persamaan $F = I \times A_{\text{penerima}}$, sedangkan jumlah kalor yang diserap maupun dilepaskan tabung dihitung menggunakan persamaan $Q = mc\Delta T$, dengan m , c , dan ΔT masing-masing merupakan massa tabung, panas jenis bahan tabung, dan perubahan suhu antarwaktu pengukuran. Hasil uji proksimat dianalisis secara deskriptif-komparatif terhadap maggot segar, antarmetode pengeringan, terhadap bahan pakan pembanding, dan terhadap ambang batas SNI pakan ikan.

3. Hasil Kegiatan dan Pembahasan

3.1 Profil Suhu Konsentrator Solar Termal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu alas tabung penerima secara umum berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari di sekitar konsentrator: semakin tinggi intensitas cahaya, semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan, dan sebaliknya. Suhu maksimum yang tercapai selama pengujian adalah 166,9°C pada intensitas 86,5 klx (pukul 10.10 WIB), sedangkan intensitas cahaya tertinggi yang terukur adalah 92 klx dengan suhu 153,7°C. Beberapa penurunan intensitas yang tidak proporsional dengan suhu teramati pada jam-jam tertentu, yang diperkirakan disebabkan oleh perubahan kondisi langit (berawan) maupun ketidaktepatan posisi *illuminance* meter terhadap arah datang cahaya matahari.

Perhitungan fluks cahaya yang terkonsentrasi pada alas tabung menggunakan Persamaan $F = I \times A_{\text{penerima}}$ menunjukkan nilai 258,635 lumens pada kondisi suhu maksimum (intensitas 86,5 klx) dan 275,08 lumens pada kondisi intensitas maksimum (92 klx). Perhitungan kalor menggunakan Persamaan $Q = mc\Delta T$ juga menunjukkan bahwa peningkatan suhu tabung dari 159,5°C menjadi 166,9°C memerlukan kalor sebesar 714 J. Nilai efisiensi energi konsentrator secara aktual tidak dapat ditentukan secara pasti karena sifat energi matahari yang fluktuatif akibat perubahan kondisi langit serta adanya kehilangan panas (heat loss) melalui konveksi dan radiasi dari alas tabung ke lingkungan.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.2 Efektivitas Pengeringan Maggot

Pengeringan maggot menggunakan konsentrator PDC hanya membutuhkan waktu 10 menit dengan suhu alas tabung berkisar 132–147°C, jauh lebih singkat dibandingkan pengeringan oven pada suhu 60°C yang memerlukan waktu belasan jam hingga tercapai berat konstan, maupun solar dryer konvensional yang dapat mencapai 48 jam sebagaimana dilaporkan pada penelitian terdahulu [14]. Dari segi morfologi, maggot yang dikeringkan dengan konsentrator berwarna hitam, bertekstur rapuh, dan menggembung akibat penguapan air secara cepat pada suhu di atas titik didih air yang menimbulkan lonjakan tekanan uap dalam tubuh maggot. Sebaliknya, maggot hasil oven berwarna cokelat dengan tekstur lebih keras dan tipis karena penguapan air berlangsung bertahap pada suhu yang lebih rendah. Pengurangan massa juga lebih besar pada maggot yang dikeringkan dengan konsentrator (dari 18 gram menjadi kurang dari 5 gram) dibandingkan dengan oven (menjadi kurang dari 7 gram), yang mengindikasikan tingkat kehilangan nutrisi yang sedikit lebih tinggi pada suhu pengeringan yang lebih ekstrem.

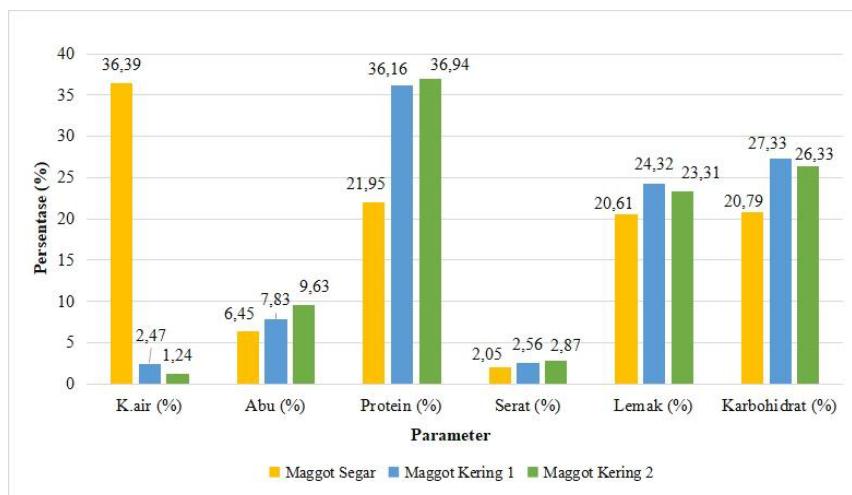
3.3 Kandungan Proksimat Maggot Kering

Hasil uji proksimat menunjukkan bahwa maggot kering, baik hasil konsentrator solar termal (Maggot Kering 1) maupun hasil oven (Maggot Kering 2), memiliki kandungan air dan abu yang lebih rendah, tetapi kandungan protein, lemak, serat, dan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan maggot segar. Hal ini konsisten dengan prinsip bahwa penurunan kadar air pada bahan pangan berkorelasi dengan peningkatan proporsi relatif komponen nutrisi lainnya. Ringkasan hasil uji proksimat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan kandungan proksimat maggot segar dan maggot kering hasil konsentrator PDC

Parameter (%)	Maggot Segar	Maggot Kering 1 (PDC)	Maggot Kering 2 (Oven)	Keterangan
Kadar air	36,39	2,47	1,24	—
Abu	6,45	7,83	9,63	—
Protein	21,95	36,16	36,94	Memenuhi SNI (Kering 1 & 2)
Serat	2,05	2,50	2,87	—
Lemak	20,61	23,70	23,31	—
Karbohidrat	20,79	27,33	26,33	—

Kandungan protein maggot segar dalam penelitian ini (21,95%) tergolong lebih rendah dibandingkan penelitian terdahulu yang melaporkan kadar protein larva BSF pada kisaran 40–44% [2]. Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh jenis substrat organik yang dikonsumsi maggot serta usia panen yang lebih tua pada penelitian ini, sebagaimana kandungan nutrisi larva BSF memang sangat bergantung pada jenis pakan dan umur larva saat dipanen [11]. Antara kedua metode pengeringan, Maggot Kering 2 (oven) memiliki kadar air yang lebih rendah serta kadar protein yang sedikit lebih tinggi (selisih 0,78%) dibandingkan Maggot Kering 1 (PDC), yang diduga terkait dengan durasi pengeringan oven yang jauh lebih lama sehingga air teruapkan lebih tuntas, meskipun paparan suhu tinggi dalam durasi singkat pada PDC juga berpotensi memicu denaturasi protein. Sebaliknya, kandungan lemak dan karbohidrat Maggot Kering 1 sedikit lebih tinggi dibandingkan Maggot Kering 2, sementara kandungan seratnya sedikit lebih rendah, konsisten dengan temuan bahwa kombinasi suhu dan durasi pengeringan memengaruhi laju kerusakan komponen nutrisi serta pembentukan kompleks protein-serat pada bahan berserat [8]. Perbandingan kandungan nutrisi maggot hasil pengeringan diperlihatkan pada Gambar 3. Secara keseluruhan, perbedaan kandungan proksimat antara kedua metode relatif kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas nutrisi maggot hasil pengeringan konsentrator solar termal tidak jauh berbeda dari kualitas maggot hasil pengovenan konvensional.



Gambar 3. Diagram hasil uji proksimat maggot segar, maggot hasil pengeringan dengan konsentrator solar termal

3.4 Perbandingan terhadap Bahan Pakan Lain dan SNI Pakan Ikan

Perbandingan kandungan proksimat maggot kering hasil konsentrator (Maggot Kering 1) terhadap tepung cacing tanah dan tepung ikan sebagai bahan pakan ikan pembanding [7] menunjukkan bahwa Maggot Kering 1 memiliki kandungan protein (36,16%) dan lemak (23,7%) yang lebih tinggi dibandingkan tepung cacing tanah (32,37% protein; 7,58% lemak) maupun tepung ikan (31,07% protein; 6,67% lemak), sekaligus kandungan serat dan abu yang lebih rendah dari kedua bahan pembanding tersebut. Dibandingkan dengan ambang SNI pakan ikan lele, nila, patin, dan ikan mas, Maggot Kering 1 maupun Maggot Kering 2 memenuhi seluruh persyaratan kandungan protein (>25–35%), lemak (>5–7%), serat (<8%), dan abu (<13%), sedangkan maggot segar belum memenuhi persyaratan tersebut akibat kadar airnya yang masih tinggi. Temuan ini memperkuat potensi maggot kering, baik hasil pengeringan konsentrator solar termal maupun oven, sebagai substitusi bahan pakan ikan konvensional yang lebih ekonomis dan berkelanjutan [6], [12], [16].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan tiga hal utama. Pertama, suhu yang dihasilkan konsentrator solar termal tipe PDC berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari di sekitarnya, dengan suhu tertinggi yang tercapai sebesar 166,9°C pada intensitas 86,5 klx. Kedua, ditinjau dari segi waktu dan hasil pengeringan, konsentrator solar termal PDC tergolong efektif untuk mengeringkan maggot BSF dibandingkan dengan pengeringan menggunakan oven, karena mampu memangkas waktu pengeringan dari belasan jam menjadi hanya 10 menit. Ketiga, kualitas nutrisi maggot yang dikeringkan menggunakan konsentrator solar termal tidak jauh berbeda dari kualitas maggot hasil pengovenan, dan keduanya telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk bahan pakan ikan. Dengan demikian, konsentrator solar termal tipe PDC berpotensi menjadi teknologi pengeringan maggot alternatif yang hemat energi dan biaya, sehingga dapat mendukung pengembangan produksi pakan ikan berbasis energi terbarukan di Indonesia. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengembangkan sistem *solar tracking* otomatis, memperbesar kapasitas tabung dan parabola untuk skala komersial, serta menerapkan proses defatting pada maggot sebelum pengeringan guna menghasilkan produk dengan kandungan lemak yang lebih terkendali.

Daftar Pustaka

1. Kahar, A., dkk. (2020). Bioconversion of municipal organic waste using black soldier fly larvae into compost and liquid organic fertilizer. *Konversi*, 9(2). <https://doi.org/10.20527/k.v9i2.9176>
2. Raman, S., dkk. (2022). Opportunities, challenges and solutions for black soldier fly larvae-based animal feed production. *Journal of Cleaner Production*, 373, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133802>
3. Saucier, L., dkk. (2020). Comparison of black soldier fly larvae pre-treatments and drying techniques on the microbial load and physico-chemical characteristics. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(1), 45–64. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0002>
4. Dobermann, D., Field, L. M., dan Michaelson, L. v. (2019). Impact of heat processing on the nutritional content of *Gryllus bimaculatus* (black cricket). *Nutrition Bulletin*, 44(2), 116–122. <https://doi.org/10.1111/nbu.12374>
5. Ghodbane, M., dkk. (2020). Brief on solar concentrators: Differences and applications. *Instrumentation Measure Metrologie*, 19(5), 371–378. <https://doi.org/10.18280/i2m.190507>

6. Gunawan dan Khalil, M. (2015). Analisa proksimat formulasi pakan pelet dengan penambahan bahan baku hewani yang berbeda. *Acta Aquatica*, 2, 23–30.
7. Aslamyiah, S., dkk. (2013). Potensi tepung cacing tanah *Lumbrius* sp. sebagai pengganti tepung ikan dalam pakan terhadap kinerja pertumbuhan, komposisi tubuh, kadar glikogen hati dan otot ikan bandeng *Chanos chanos* Forsskal. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(1), 67–76.
8. Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., dan Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 255–266.
9. Loho, L., dan Lo, D. (2023). Proximate and fatty acid analysis of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1169(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012082>
10. Lu, S., dkk. (2022). Nutritional composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/insects13090831>
11. Mangisah, I., Mulyono, dan Yunianto, V. D. (2022). Maggot bahan pakan sumber protein untuk unggas. Semarang: UNDIP Press Semarang, 37–39.
12. Maulu, S., dkk. (2022). Recent advances in the utilization of insects as an ingredient in aquafeeds: A review. *Animal Nutrition*, 11, 334–349. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.07.013>
13. Nyangena, D. N., dkk. (2020). Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa. *Foods*, 9(5), 2–16. <https://doi.org/10.3390/foods9050574>
14. Pornsuwan, R., dkk. (2023). Evaluation of the physical characteristics and chemical properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as a potential protein source for poultry feed. *Animals*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/ani13142244>
15. Rahman, R. A., dkk. (2022). Teknologi concentrated solar power: referensi perkembangan teknologi photo-thermal conversion sebagai alternatif sumber energi baru terbarukan. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.
16. Kenis, M., dkk. (2018). Small-scale fly larvae production for animal feed. In *Edible Insects in Sustainable Food Systems*, 239–261. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_15
17. Ridha, A., dkk. (2009). Experimental study of a parabolic solar concentrator. *Revue des Energies Renouvelables*, 12.
18. Dana, P. A., Susanto, A., Fahri, D., dan Giffari, R. (2022). Kinerja pertumbuhan larva lalat tentara hitam *Hermetia illucens* Linnaeus (Diptera: Stratiomyidae) pada substrat kulit ari kedelai dan kulit pisang. *Jurnal Agrikultura*, (1), 13–24.
19. Son, J., dkk. (2023). Effects of drying methods and blanching on nutrient utilization in black soldier fly larva meals based on in vitro assays for pigs. *Animals*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/ani13050858>
20. Valdés, F., dkk. (2022). Insects as feed for companion and exotic pets: A current trend. *Animals*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/ani12111450>