

Manfaat residu teknologi biogas terhadap pertumbuhan tanaman kundur

(The benefits of biogas technology residues on the growth of winter melon)

Sashikala Maruthai Pillai

Pengenalan

Sektor pertanian merupakan salah satu industri yang menyumbang kepada pertumbuhan ekonomi di Malaysia. Keperluan tenaga dalam sektor tersebut sememangnya tidak dapat dinafikan di semua peringkat pengeluaran pertanian, termasuk penggunaan peralatan ladang, pengairan dan pengurusan air, penanaman, penuaian, pemprosesan makanan, penyimpanan dan pengangkutan. Biogas merupakan sumber tenaga moden yang sedang diperkembangkan dengan tujuan menjadi salah satu penyelesaian yang mampan dalam menangani kekurangan tenaga dalam pelbagai bidang melalui inovasi teknologi. Pendekatan bersepadu adalah penting bagi memenuhi keperluan tenaga dalam sektor pertanian untuk mencapai pembangunan mampan dari aspek sosial, ekonomi dan alam sekitar. Hal ini dianggarkan dapat dicapai dengan mempelbagaikan penggunaan sistem dan produk daripada proses biogas.

Biogas menghasilkan gas metana sebagai komponen utama, dengan kuantiti kecil karbon dioksida, nitrogen dan hidrogen sulfida melalui proses hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Bahan buangan pertanian seperti sisa vegetatif dan sisa buangan haiwan, berfungsi sebagai substrat semasa proses anaerobik untuk menghasilkan biogas. Selain penghasilan biogas, proses ini juga menghasilkan residu biogas sebagai produk sampingan organik yang bernutrisi tinggi dan berpotensi untuk memperbaiki ciri-ciri tanah bagi meningkatkan produktiviti pertanian secara mesra alam.

Residu biogas kebiasaannya mengandungi air (93%), bahan organik (4.5%) dan komponen bukan organik (2.5%) dengan nilai pH 6.9 – 7.8 dan merupakan sumber yang kaya dengan nutrien yang penting termasuk nitrogen (N), fosforus (P), kalium (K), ferum (Fe), kuprum (Cu), zink (Zn), mangan (Mn), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Kandungan N, P dan K serta unsur-unsur surih boleh didapati dengan kadar yang berbeza dalam residu biogas bergantung kepada jenis substrat yang digunakan (*Jadual 1*). Secara umumnya, residu biogas dilaporkan mengandungi kira-kira 2.55% N, 0.57% P dan 1.77% K sebagai unsur-unsur utama.

Kaedah pengurusan tanah melalui penggunaan baja sintetik yang ekstrem untuk meningkatkan produktiviti pertanian boleh menjurus kepada kemerosotan kualiti tanah. Penggunaan residu biogas boleh dipertimbangkan sebagai baja organik dan alternatif kepada penggunaan baja sintetik serta mengurangkan kos dan

kejadian larut lesap nitrat daripada baja. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi menilai kesan penggunaan residu biogas sebagai alternatif pembajaan yang mesra alam terhadap pertumbuhan tanaman kundur. Kualiti tanah yang sihat dapat mewujudkan persekitaran yang kondusif untuk pertumbuhan tanaman. Selain mengurangkan kebergantungan kepada baja sintetik, pendekatan mesra alam ini juga selaras dengan amalan pertanian mampan dan menawarkan petani kaedah untuk mengitar semula sisa organik. Kajian ini merupakan antara usaha awal untuk membandingkan kesan residu biogas dengan baja kimia terhadap sifat fisiologi tanaman kundur.

Jadual 1. Komposisi sisa pertanian yang sesuai digunakan semasa penghasilan biogas

Substrat	Nitrogen (N) %	Fosforus (P) %	Potassium (K) %
Tinja lembu	1.5 – 2.0	0.5 – 1.0	0.6 – 1.5
Tinja ayam	1.3 – 2.5	0.9 – 1.9	1.0
Sisa sayuran/vegetatif	1.0 – 1.8	0.8 – 1.2	0.8 – 1.0

Kaedah penghasilan residu biogas

Satu prototaip sistem biogas telah dibina di Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia (MARDI), Stesen Cameron Highlands untuk menghasilkan biogas daripada sisa pertanian, termasuk sisa kubis dan tinja lembu. Dalam proses ini, campuran sisa yang terdiri daripada tiga bahagian sisa kubis dan satu bahagian tinja lembu dalam bentuk cecair telah difermentasikan di dalam tangki sistem biogas. Campuran ini diaduk menggunakan pam pengaduk untuk memastikan keadaan homogen dan mempercepat penghasilan biogas. Setelah 60 hari, residu biogas yang matang telah dihasilkan (*Gambar 1*). Kematangan residu dikenal pasti menggunakan nilai pH. Sampel residu yang diambil dianalisis untuk nisbah karbon/nitrogen (C/N) melalui teknik *Macro Combustion Analysis For Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Protein Determinator* menggunakan *Elemental Analyzer Leco CN828* dan unsur N, P serta K dianalisis melalui teknik *Inductively coupled plasma – optical emission spectrometry (ICP - OES)* menggunakan sistem Perkim Elmer Optical Emission Spectrometer Avio 200.



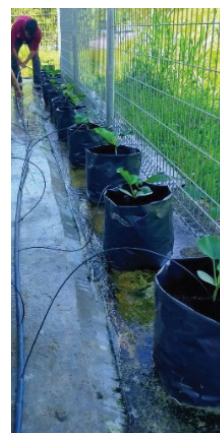
Gambar 1. Residu biogas



Gambar 2. Anak pokok buah kundur

Kajian kesan residu biogas terhadap pertumbuhan tanaman

Tanaman buah kundur (*Benincasa hispida*) telah dipilih sebagai tanaman ujian bagi melihat kesan residu biogas terhadap pertumbuhannya. Penanaman buah kundur dalam kajian ini menggunakan sistem polibeg. Tanaman buah kundur merupakan tanaman yang memerlukan pembajaan yang intensif untuk menghasilkan bilangan buah yang banyak. Sebanyak 60 polibeg tanaman buah kundur telah disediakan untuk kajian menggunakan medium *peat moss*, setiap polibeg diisi dengan medium sebanyak 5 kg. Benih buah kundur telah disemai terlebih dahulu di atas dulang semaian dan anak benih buah kundur yang sihat telah dipindahkan ke dalam polibeg (*Gambar 2*). Kajian dijalankan menggunakan tiga rawatan berbeza: (a) kawalan (b) residu biogas dan (c) baja kimia NPK 15:15:15. Setiap rawatan menggunakan 20 replika tanaman. Residu biogas (10 mL) dicairkan menggunakan air (1,000 mL) dan dibekalkan pada tanaman menggunakan sistem fertigasi. Aplikasi campuran residu biogas bersama air (200 mL/polibeg) dilakukan sebanyak satu kali sehari untuk minggu 1 – 4 semasa penyiraman tanaman (*Gambar 3*). Penggunaan baja kimia (pepejal) untuk kajian ialah NPK 15:15:15 sebanyak 20 g/polibeg yang dilakukan dua kali sahaja dalam tempoh 1 – 4 minggu. Pengumpulan data fisiologi termasuk diameter batang tumbuhan, bilangan buah dan ketinggian tumbuhan (*Gambar 4*) telah dilakukan selama 4 minggu berturut-turut.



Gambar 3. Kajian impak residu biogas



Gambar 4. Pokok buah kundur di tapak kajian

Penemuan kajian lapangan kesan residu biogas

Residu biogas daripada prototaip sistem biogas di MARDI Cameron Highlands telah disampel pada hari ke-60 selepas proses fermentasi menggunakan tinja lembu dan sisa kubis untuk menghasilkan biogas. Kematangan residu biogas dikenal pasti menggunakan nilai pH. Perubahan nilai pH residu biogas daripada 5.0 – 5.5 kepada 6.9 – 7.8 menunjukkan tahap kematangan dan ketersediaan residu untuk diaplikasikan pada tanaman. Hasil analisis sampel tersebut untuk kadar nisbah C/N, unsur N, P dan K disenaraikan seperti dalam *Jadual 2*. Semasa proses anaerobik dalam sistem biogas, sisa organik akan diuraikan kepada gas metana dan residu yang terhasil akan mempunyai nisbah karbon kepada nitrogen (C/N) yang lebih rendah daripada 25.

Residu biogas yang disampel adalah dalam bentuk cecair dan berwarna perang muda serta tidak berbau di samping menunjukkan nilai pH yang tinggi sedikit berbanding dengan keadaan neutral. Walau bagaimanapun, nilai pH tersebut masih berada dalam lingkungan nilai yang telah dilaporkan dalam sumber rujukan kajian iaitu 6.9 – 7.8. Perbezaan nilai pH residu

Jadual 2. Ciri-ciri residu biogas semasa kajian lapangan

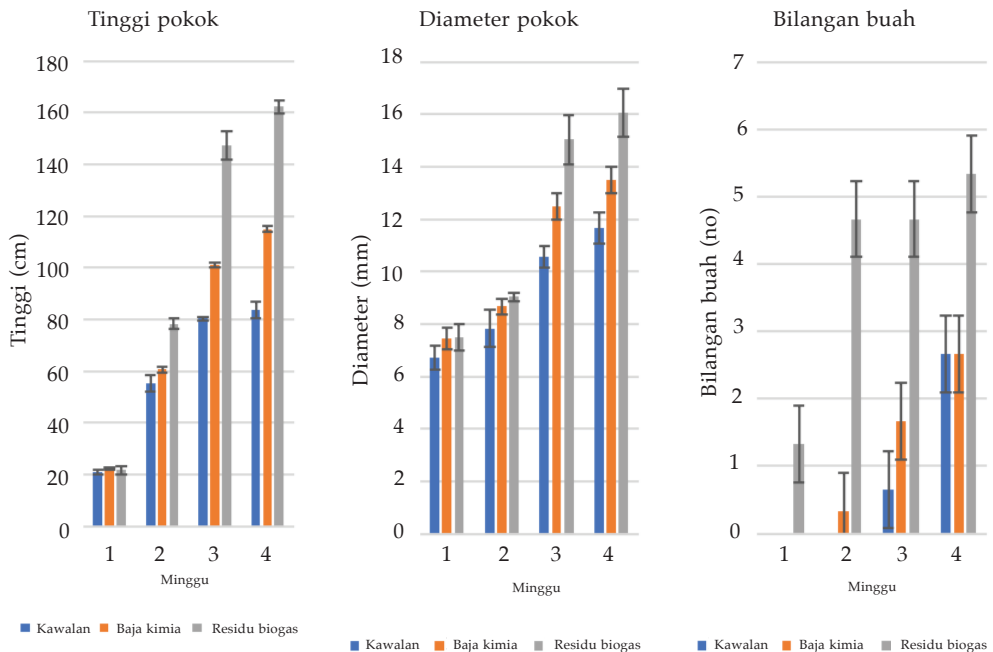
Parameter kimia residu biogas	
Nisbah C/N	17.96 ± 0.30
N %	0.202 ± 0.01
P %	0.06 ± 0.01
K %	0.11 ± 0.03
pH	7.17 ± 0.04

biogas juga boleh berbeza disebabkan jenis sisa pertanian dan ciri-ciri prosedur yang digunakan semasa proses anaerobik. Sebelum proses anaerobik di dalam tangki biogas, campuran sisa didapati menunjukkan julat pH 5.0 hingga 5.5, berwarna perang pekat dan berbau hanyir. Peningkatan nilai pH dan perubahan sifat fizikal campuran seperti warna dan bau menunjukkan proses degradasi dan pencernaan sisa pertanian yang berlaku. Nilai pH semasa proses anaerobik adalah selaras dengan penurunan kadar nisbah

C/N di samping pengurangan kandungan unsur N, P dan K dalam residu biogas tersebut.

Tiga parameter fisiologi tanaman yang telah direkodkan semasa kajian adalah ketinggian pokok, diameter batang pokok dan bilangan buah. Hasil perbandingan antara penggunaan baja kimia dan residu biogas untuk penanaman tanaman buah kundur menunjukkan bahawa aplikasi residu biogas memberikan perkembangan pertumbuhan pokok yang lebih baik. Aplikasi residu biogas untuk kajian pertumbuhan tanaman buah kundur menunjukkan penggunaannya adalah cepat dan mudah, terutama apabila dilarutkan dalam air. Hal ini memudahkan penggunaan pam semasa kajian lapangan dilakukan. Penggunaan larutan residu biogas adalah sekali setiap hari iaitu 200 mL setiap polibeg selama 4 minggu berbanding dengan baja kimia NPK 15:15:15 sebanyak 20 g setiap polibeg yang diberikan dua kali dalam tempoh 4 minggu. Penggunaan residu biogas adalah lebih kerap berbanding dengan baja kimia kerana kandungan NPK yang lebih rendah dalam residu biogas.

Hasil pemerhatian kajian menunjukkan pertumbuhan pokok berbanding dengan set kawalan dan baja kimia (*Rajah 1*). Walaupun pada minggu pertama ketiga-tiga rawatan menunjukkan pertumbuhan yang hampir sama, namun begitu mulai minggu kedua ketiga-tiga set rawatan merekodkan pertambahan ketinggian yang ketara. Tanaman yang menggunakan residu biogas menunjukkan kadar pertambahan ketinggian yang lebih ketara berbanding dengan set kawalan dan baja kimia bermula pada minggu ketiga dan keempat. Corak perkembangan yang serupa diperhatikan dalam analisis diameter pokok. Set kajian menggunakan residu biogas menunjukkan perkembangan diameter pokok buah kundur yang lebih ketara berbanding dengan set yang menggunakan baja kimia. Dari segi penghasilan buah, tanaman kundur yang menggunakan residu biogas bukan sahaja menghasilkan buah lebih cepat, malah bilangan buah yang lebih banyak berbanding dengan tanaman yang menggunakan baja kimia. Secara keseluruhan, peningkatan sebanyak 26 – 39% bagi ketinggian pokok, 4 – 17% bagi pertumbuhan diameter pokok dan 100 – 400% bagi penghasilan buah direkodkan semasa kajian kesan penggunaan residu biogas berbanding dengan penggunaan baja kimia.



Rajah 1. Impak residu biogas terhadap tanaman kundur selama 4 minggu

Salah satu sebab pertumbuhan tanaman kundur adalah lebih baik menggunakan residu biogas berbanding dengan baja kimia adalah disebabkan oleh frekuensi aplikasi cecair residu biogas yang lebih kerap. Secara umumnya, residu merupakan hasil sampingan daripada proses penguraian anaerobik untuk menghasilkan gas metana di mana akan memberikan nilai unsur N, P dan K yang amat rendah berbanding dengan baja kimia. Faktor ini telah diambil kira semasa penggunaan larutan residu pada tanaman untuk mendapatkan nilai nutrien yang setanding atau yang lebih baik berbanding dengan aplikasi baja kimia.

Selain itu, pengambilan nutrisi dalam cecair residu biogas adalah lebih cepat berbanding dengan baja kimia yang berbentuk pepejal di mana proses pengambilan nutrien memerlukan masa mineralisasi dan penyerapan lebih lama. Residu biogas yang berbentuk cecair biasanya kaya dengan nutrien seperti ammonium (NH_4^+), fosfat (PO_4^{3-}) dan kalium (K) yang berada dalam bentuk yang sedia diambil oleh tanaman. Selain itu, kandungan nitrogen (N) daripada sumber cecair biogas juga lebih banyak dalam bentuk tersedia berbanding dengan baja tinja yang perlu melalui penguraian mikrob dan mineralisasi sisa pepejal organik untuk pengambilan tanaman. Kaedah menggunakan tinja sebagai baja telah dilaporkan menunjukkan ketersediaan N yang rendah untuk tanaman dan mengambil masa yang panjang untuk menunjukkan kesan terhadap pertumbuhan tanaman pada tahun pertama akibat proses mineralisasi yang lambat. Sebaliknya, NH_4^+ yang terdapat dalam baja berbentuk cecair merupakan unsur yang telah tersedia untuk ambilan pokok dan boleh digunakan dengan cara yang

efektif dan setanding dengan baja mineral N berbentuk pepejal. Jenis sisa yang digunakan semasa proses penghasilan biogas juga memberikan kesan terhadap efikasi penghasilan gas metana dan ketersediaan nilai nutrisi di dalam residu. Unsur N organik yang terdapat dalam sisa yang digunakan untuk penghasilan biogas akan melalui proses mineralisasi dimana NH_4^+ akan dibebaskan untuk ambilan tumbuhan secara beransuran.

Kalium (K) dan fosforus (P) secara kuantitatif adalah nutrien tumbuhan yang utama dan sangat penting untuk menjamin pertumbuhan dan perkembangan pokok. Kedua-dua unsur ini turut terhasil semasa proses penguraian anaerobik. Dalam komponen sisa tumbuhan, unsur K akan diurai sebagai kation iaitu dalam bentuk yang tersedia untuk pengambilan oleh tumbuhan. Manakala unsur P dalam cecair residu biogas akan terurai sebagai fosfat iaitu dalam bentuk anion untuk pengambilan oleh tumbuhan. Dos penggunaan fosfat untuk tanaman perlu dalam kuantiti yang berpatutan bagi mengelakkan larut resap disebabkan dos fosfat yang berlebihan. Kesan larut resap tersebut boleh mengakibatkan kejadian eutrofikasi dalam sumber air di sekitarnya. Justeru, aplikasi residu biogas hanya dilakukan selepas anak pokok dipindahkan ke dalam polibeg bagi mengelakkan kesan pembaziran nutrien dalam bentuk larut resap ke persekitaran semasa pengairan tanaman.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, hasil kajian terhadap kesan residu biogas ke atas pertumbuhan dan fisiologi tanaman buah kundur adalah memberangsangkan. Ketiga-tiga ciri fisiologi tanaman menunjukkan perkembangan yang positif berbanding dengan kawalan dan penggunaan baja kimia. Peningkatan sebanyak 26 – 39% dalam ketinggian pokok, 4 – 17% dalam pertumbuhan diameter pokok dan 100 – 400% dalam penghasilan buah telah direkodkan semasa kajian penggunaan residu biogas berbanding dengan penggunaan baja kimia. Residu biogas merupakan produk sampingan yang harus dimanfaatkan oleh para petani sebagai peluang untuk mengurangkan kebergantungan terhadap baja kimia, mengurangkan kos input pertanian dan meningkatkan kesuburan tanah ke arah pertanian lestari. Keputusan kajian menunjukkan penggunaan residu biogas berpotensi sebagai alternatif kepada input baja kimia dalam penanaman. Kajian lanjut perlu dijalankan dengan mengambil kira pelbagai parameter dan faktor-faktor lain seperti cuaca, jenis tanaman, keperluan nutrisi, jenis substrat residu biogas dan sebagainya untuk hasil yang optimum menggunakan alternatif residu biogas sebagai input baja dalam pertanian.

Bibliografi

- Langone, M., & Basso, D. (2020). Process Waters from Hydrothermal Carbonization of Sludge: Characteristics and possible Valorization Pathways. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 6618.
- Liu, Z., Jia, M., Li, Q., Lu, S., Zhou, D., Feng, L., Hou, Z., & Yu, J. (2023). Comparative analysis of the properties of biochars produced from different pecan feedstocks and pyrolysis temperatures. *Ind. Crop. Prod.*, 197, 116638.
- Mulu, E., M'Arimi, M. M., & Ramkat, R. C. (2021). A review of recent developments in application of low-cost natural materials in purification and upgrade of biogas. *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 145, 111081.
- Skrzypczak, D., Trzaska, K., Mikula, K., Gil, F., Izydorczyk, G., Mironiuk, M., Polomska, X., Moustakas, K., Witek-Krowiak, A., & Chojnacka, K. (2023). Conversion of anaerobic digestates from biogas plants: Laboratory fertilizer formulation, scale-up, and demonstration of applicative properties on plants. *Renew. Energy*, 203, 506–517.

Ringkasan

Biogas berpotensi menjadi salah satu sumber tenaga moden yang mendorong pembangunan mampan dalam sektor pertanian. Sebuah sistem prototaip biogas telah dibina di MARDI Cameron Highlands, di mana kebanyakan sisa pepejal, termasuk pelbagai bahan buangan sayur seperti kubis, salad dan sebagainya serta campuran baja cecair telah difermentasi secara anaerobik untuk menghasilkan biogas yang boleh digunakan sebagai sumber tenaga bagi pemanasan dan penjanaan kuasa elektrik. Selain biogas sebagai hasil utama, residu biogas yang dihasilkan oleh sistem ini digunakan sebagai alternatif baja aktiviti penanaman. Kajian telah dijalankan untuk menilai kesan residu biogas terhadap tanaman buah kundur dengan membandingkan ciri-ciri fisiologi pertumbuhan tanaman tersebut dengan penggunaan baja kimia. Hasil kajian menunjukkan bahawa pertumbuhan lebih ketara dicapai dengan penggunaan residu biogas berbanding dengan baja kimia, termasuk peningkatan ketinggian pokok sebanyak 26 – 39%, diameter pokok 4 – 17% dan penghasilan buah kundur sebanyak 100 – 400%. Penggunaan residu biogas dilihat mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan ketara, memberikan input nutrisi yang signifikan kepada tanaman dan dapat mengurangkan kos.

Summary

Biogas has the potential to become one of the modern energy sources that drives sustainable development in the agricultural sector. A biogas prototype system has been built at MARDI Cameron Highlands, where most of the solid waste, including mixed vegetable waste like cabbage, lettuce and liquid manure, has been anaerobically fermented to produce biogas that can be used as an energy source for heating and electricity generation. In addition to biogas, the biogas residue produced by this system is used as a fertiliser substitute in crop production. A study was conducted to investigate the impact of biogas residue on wax gourd plants by comparing the physiological growth characteristics of these plants with the use of chemical fertilisers. The study results showed that more significant growth was achieved using biogas residue compared to chemical fertilisers, including an increase in plant height by 26 – 39%, trunk diameter by 4 – 17% and fruit yield by 100 – 400%. Biogas residue has been proven to enhance plant growth significantly, provide substantial nutritional input to the crops and help reduce costs.

Pengarang

Sashikala Maruthai Pillai (Dr.)
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: msj@mardi.gov.my