

Perbandingan antara penggunaan sistem tenaga solar dengan sumber syarikat utiliti [Tenaga Nasional Berhad (TNB)] bagi penjimatan kos elektrik untuk sistem penyejukan kandang dalam ladang tenusu berskala kecil

(Comparison between the use of solar energy and utility company-based (TNB) for electricity cost savings in barn cooling systems in small-scale dairy farms)

Azizi Ahmad Azmin, Mohd Hafiz Abd Wahab, Mohd Azri Azman, Mohamad Hifzan Rosali, Izuan Bahtiar Ab. Jalal dan Mohd Saufi Bastami

Pengenalan

Industri tenusu merupakan salah satu industri yang semakin meningkat naik dalam negara selaras dengan keperluan masyarakat terhadap produk tenusu yang semakin bertambah. Industri ini dirancakkan lagi dengan perancangan kerajaan bagi meningkatkan pengeluaran komoditi pertanian utama berdasarkan Polisi Agromakanan Nasional 2.0 (NAP2.0) yang menyasarkan peningkatan tahap sara diri [*Self Sufficiency Rate* (SSR)] tenusu (susu segar) sebanyak 100% menjelang tahun 2030. Sehingga tahun 2022, dianggarkan SSR tenusu Malaysia telah mencapai lebih daripada 50% bagi memenuhi keperluan susu tahunan yang dianggarkan sebanyak 80 juta liter. Walau bagaimanapun, tanpa disedari dengan peningkatan SSR yang disasarkan ini, emisi gas rumah kaca (GHG) juga dijangka akan turut meningkat selaras dengan peningkatan pengeluaran tenusu melalui pertambahan populasi lembu tenusu. Ladang tenusu berskala kecil didefinisikan sebagai ladang yang mempunyai bilangan populasi lembu kurang daripada 50 ekor pada satu-satu masa. Penternak lembu tenusu berskala kecil merupakan golongan majoriti dalam negara. Golongan ini juga sangat terkesan dengan impak perubahan iklim yang semakin meningkat.

Umum mengetahui, peningkatan emisi GHG memberi kesan negatif kepada alam sekitar dengan memburukkan lagi fenomena perubahan iklim yang dialami dunia pada masa kini. Oleh itu, langkah-langkah mitigasi GHG terutamanya yang disebabkan oleh peningkatan pengeluaran industri tersebut perlu diambil bagi mengurangkan impak perubahan iklim. Perlu juga diketahui, perubahan iklim melalui emisi GHG terutamanya gas metana (CH₄) boleh disebabkan oleh peningkatan pengeluaran ruminan, pada masa yang sama, perubahan iklim juga boleh membawa kesan negatif terhadap industri berasaskan pertanian itu sendiri. Dalam konteks ternakan ruminan, perubahan iklim boleh menyebabkan peningkatan kepada suhu ambien atau persekitaran yang boleh meningkatkan tekanan haba (*heat-stress*). Tekanan haba berlaku apabila lembu tidak dapat menghilangkan haba badan

yang berlebihan dan menyebabkan hipertermia. Gejala termasuk pengurangan pengambilan makanan, pengurangan hasil susu dan perubahan proses metabolik berbanding dengan ternakan yang tidak menghadapi tekanan haba. Sistem atau kaedah penyejukan yang berkesan adalah penting untuk mengekalkan kesihatan dan produktiviti lembu yang optimum di ladang tenusu.

Pelbagai kaedah bagi mengurangkan suhu ambien atau persekitaran ternakan telah diguna pakai di seluruh dunia. Kaedah-kaedah tersebut mempunyai kesan yang berbeza dari segi tahap penurunan suhu persekitaran ternakan. Antara kaedah yang paling utama diguna pakai dalam industri tenusu ialah aplikasi kipas dan pad penyejuk dalam kandang atau perumahan tertutup serta kaedah siraman dan kipas penyejuk bagi kandang terbuka atau separa terbuka. Kedua-dua kaedah ini banyak diguna pakai di Malaysia dengan pelbagai kajian lanjutan seperti yang telah dijalankan pihak MARDI bagi meningkatkan lagi prestasi sistem tersebut dalam persekitaran tempatan.

Kajian telah menunjukkan bahawa penggunaan sistem perumahan tertutup untuk ladang tenusu dapat mengurangkan suhu dengan ketara berbanding dengan kandang terbuka. Sistem tertutup dapat menurunkan suhu dalaman sekitar 5 – 10 °C, bergantung kepada reka bentuk khusus dan langkah kawalan iklim yang dilaksanakan. Pengurangan ini membantu mengurangkan tekanan haba, meningkatkan kesihatan dan produktiviti keseluruhan lembu tenusu. Sistem pengudaraan dan penyejukan yang berkesan adalah penting dalam sesebuah ladang bagi mencapai hasil yang optimum dan memastikan kesejahteraan haiwan. Walau bagaimanapun, kaedah ini sering dikaitkan dengan penggunaan kuasa elektrik yang agak tinggi bagi menggerakkan kipas-kipas dan pam air pada pad penyejuk menyebabkan kos operasi meningkat berbanding dengan kaedah konvensional.

Oleh itu, suatu pendekatan baharu atau berasaskan teknologi hijau bagi menjana tenaga elektrik pada kos yang lebih rendah bagi sistem kandang tertutup perlu digunakan. Teknologi hijau yang paling mudah diakses dan semakin menjadi pilihan terutamanya di negara-negara maju adalah dengan menggunakan tenaga solar bagi menjana elektrik yang diperlukan dalam operasi tenusu.

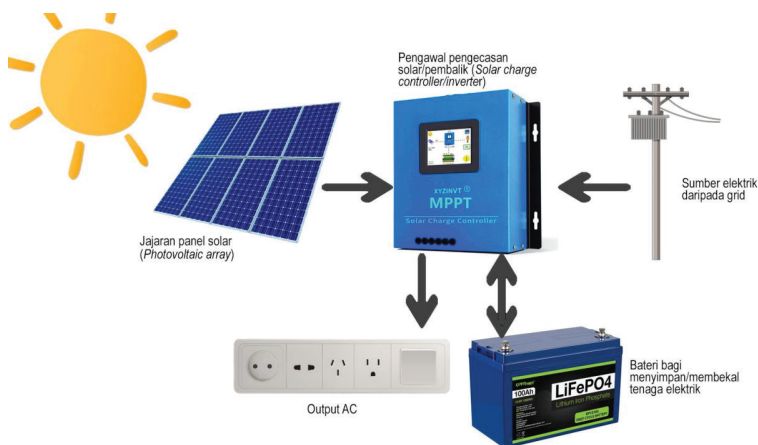
Sistem solar bagi menjana elektrik untuk kegunaan sistem penyejuk (kipas dan pad) di ladang tenusu

Pada masa kini, sistem solar bagi menjana tenaga elektrik menjadi semakin mampu milik. Penggunaan sistem solar juga mampu menjana tenaga elektrik dengan kapasiti yang tinggi, secara tipikal sehingga 12 kilo Watt peak (kWp) bagi sistem fasa tunggal (*single phase*) dan sehingga 72 kWp bagi sistem tiga fasa (*three phases*). Kapasiti ini lebih daripada mencukupi sebagai sumber tenaga tambahan mahupun sebagai sumber utama bagi menggerakkan sistem penyejukan dalam kandang tertutup bagi lembu tenusu.

Jadual 1 menunjukkan komponen atau alatan yang diperlukan bagi suatu sistem penjanaan tenaga elektrik menggunakan kuasa solar manakala *Gambar rajah 1* adalah susun atur tipikal pemasangan alatan-alatan tersebut bagi suatu sistem kuasa solar yang lengkap. Pada kebiasaannya penjanaan kuasa elektrik bagi setiap PV adalah antara 300 – 600 Watt (W) dengan voltan terbuka [*open circuit voltage (OCV)*] antara 42 – 60 v. Terdapat juga *solar charge controller-inverter* hibrid yang memudahkan pemasangan sistem solar tanpa penggunaan *solar charge controller* dan *inverter* berasingan. Kuasa terjana bergantung kepada susunan PV (*array*). Kuasa elektrik yang terjana daripada PV akan disalurkan oleh *charge controller* ini kepada bateri untuk disimpan. Biasanya setiap bateri 12 v dengan kapasiti 100 Amp-jam (Ah) mempunyai simpanan kuasa elektrik sebanyak 1,280 Watt-jam (Wh). Alatan tambahan seperti fius atau *circuit breaker* juga boleh dipasang di antara bateri dan *charge controller* bagi meningkatkan keselamatan sistem supaya litar dapat diputuskan sekiranya berlaku litar pintas atau arus melebihi muatan (*current over load*). *Inverter* pula membolehkan alat elektrik bervoltan 220 v seperti kipas dan pam air di ladang tenusu digunakan dengan kuasa yang disalurkan daripada bateri bervoltan rendah tersebut.

Jadual 1. Komponen utama sistem solar untuk menjana tenaga elektrik

Komponen/alatan	Fungsi
1. Panel PV (<i>array</i>) atau panel solar	Menukar tenaga solar (<i>irradiance</i>) kepada tenaga elektrik solar
2. Pengawal pengecasan solar (<i>solar charge controller</i>)	Mengawal tahap kuasa elektrik terjana PV bagi disalur kepada bateri
3. Bateri	Menyimpan tenaga elektrik yang dijana oleh PV apabila diperlukan
4. Pembalik (<i>inverter</i>)	Menukar voltan arus terus (DC) 12 – 48 volt (v) bateri kepada arus ulang-alik (AC) 220 v



Gambar rajah 1. Susunan tipikal komponen sistem solar bagi menjana tenaga elektrik

Kegunaan dan aplikasi sistem solar

Sistem solar boleh diguna pakai bagi menjana tenaga elektrik yang diperlukan oleh sistem penyejukan ladang. Sistem solar juga sangat sesuai digunakan terutamanya di ladang tenusu yang jauh dari kawasan penempatan, berhampiran hutan atau jauh daripada pencawang elektrik. Sistem solar juga boleh bersifat *standalone* dan tidak akan tergugat sekiranya berlaku kerosakan atau gangguan pada grid elektrik yang boleh menyebabkan kerugian besar sekiranya operasi sistem penyejuk ladang tenusu terhenti dalam jangka masa yang lama.

Selain itu, sistem solar juga boleh digunakan sebagai sistem dokongan (*backup*) ataupun sebagai sokongan (*support*) kepada sumber tenaga elektrik utama daripada grid.

Kelebihan utama penggunaan sistem solar adalah dari segi pengurangan kos operasi untuk jangka masa panjang. Pihak pembekal elektrik seperti Tenaga Nasional Berhad (TNB) telah mengklasifikasikan industri tenusu sebagai entiti komersial bawah tarif spesifik pertanian. Kadar elektrik bagi tarif ini ialah RM0.39/kWj untuk penggunaan sehingga 200 kWj setiap bulan dan RM0.472/kWj untuk penggunaan melebihi 201 kWj setiap bulan. Tarif ini juga dikenali sebagai tarif H iaitu bagi penggunaan elektrik voltan rendah spesifik kepada aktiviti pertanian. Walaupun dilihat tarif ini rendah, pengekalan tarif ini pada masa akan datang tidak akan terjamin. Dengan peningkatan kos operasi jana kuasa elektrik serta bahan api, tidak mustahil tarif akan meningkat pada masa akan datang.

Penggunaan sistem solar bagi menjana tenaga elektrik mampu menjamin industri tenusu tidak akan terkesan dengan peningkatan kos elektrik pada masa akan datang.

Kelebihan sistem solar

Penggunaan tenaga solar bagi menjana tenaga elektrik merupakan suatu kaedah aplikasi teknologi hijau bagi mengurangkan jejak karbon dalam operasi tenusu dengan mengurangkan kebergantungan kepada bahan api fosil. Tenaga solar adalah sumber tenaga yang bersih dan boleh diperbaharui yang menyumbang kepada kelestarian alam sekitar berbanding dengan bahan api fosil yang tidak boleh diperbaharui dan boleh mencemar alam sekitar melalui pelepasan gas-gas rumah kaca.

Walaupun pelaburan awal dalam penggunaan kuasa solar bagi menjana elektrik adalah tinggi, penjimatan kos tenaga jangka panjang dan insentif kerajaan yang semakin meluas berpotensi menjadikan teknologi ini berdaya ekonomi. Selain itu, peningkatan kesihatan dan produktiviti lembu kesan daripada aplikasi sistem penyejuk ladang menggunakan kuasa solar boleh membawa kepada peningkatan keuntungan.

Teknologi hijau seperti kuasa solar menyumbang kepada kesejahteraan haiwan dengan menyediakan penyejukan yang konsisten dan berkesan, serta mengurangkan masalah kesihatan yang berkaitan dengan tekanan haba.

Kekurangan sistem solar dan cara mengatasinya

Cabaran utama dalam penggunaan teknologi hijau seperti sistem solar dalam operasi tenusu adalah kos permulaan yang tinggi dan keperluan kepakaran teknikal. Penambahbaikan pada masa hadapan harus memberi tumpuan kepada pembangunan sistem yang lebih kos efektif di samping meningkatkan ketersediaan sokongan serta maklumat kepada penternak untuk menggunakan teknologi ini.

Penggunaan solar bagi menjana tenaga elektrik dilihat semakin bertambah di Malaysia. Pihak kerajaan telahpun memperkenalkan program *Nett Energy Metering* (NEM) Rakyat yang meliputi pemberian subsidi bersasar kepada pemilik rumah individu serta industri dan perniagaan bagi membantu menjadikan kos permulaan penggunaan tenaga solar lebih rendah. Program seperti ini harus diteruskan bagi membolehkan lebih ramai rakyat terutamanya golongan penternak memperoleh akses kepada tenaga solar pada kos permulaan yang rendah. Seajar dengan teori *economic of scale*, pertambahan aplikasi sistem solar bagi menjana tenaga elektrik mampu mengurangkan lagi kos peralatan sistem solar terutamanya PV dan bateri.

Panel voltan-foto [*photovoltaic* (PV)] atau lebih dikenal sebagai panel solar juga semakin menjadi lebih murah dan mampu milik di samping pertambahan lebih banyak kilang-kilang fabrikasi PV di negara kita yang mampu mengurangkan lagi kos pemilikan alatan tersebut, di mana kos perolehan PV merupakan antara kos tertinggi dalam sistem jana kuasa elektrik menggunakan solar.

Dari segi kekurangan kepakaran teknikal pula, pelbagai syarikat yang menawarkan pemasangan sistem solar telah mula beroperasi di dalam negara. Syarikat-syarikat ini menawarkan pakej-pakej yang mampu milik bagi memasang dan menyelenggara sistem tersebut jika diperlukan. Secara asasnya, sesebuah sistem solar tidak memerlukan penyelenggaraan yang kerap. Penyelenggaraan sistem solar juga adalah sangat mudah iaitu dengan cara membersihkan PV melalui semburan air jika terdapat kekotoran yang menutup panel sahaja.

Selain itu, bateri bagi penyimpanan tenaga elektrik yang dijana juga merupakan antara kos tertinggi dalam sistem solar. Bateri juga perlu ditukar apabila efisiensinya telah menurun (dibawah 60% berbanding dengan yang asal). Namun begitu, ini bergantung juga kepada jenis bateri yang diguna pakai. Bateri seperti jenis *Lithium Iron Phosphate* (LiFePo_4) secara tipikalnya lebih tahan lama dan mampu mengekalkan efisiensi 80% berbanding dengan asal bagi penggunaan harian melalui pusingan caj dan discaj sehingga 10 tahun berbanding dengan bateri jenis *Lithium Ion* atau berasaskan plumbum (Asid-Plumbum) yang mungkin hanya mampu bertahan sehingga 2 atau 3 tahun sahaja. Penggantian bateri ini juga adalah mudah dengan cara *plug and play* sahaja dan tidak memerlukan kemahiran teknikal yang tinggi. Selain itu, terdapat pelbagai sumber maklumat lain seperti tutorial di laman sesawang *Youtube* yang mudah diakses pemilik ladang

bagi mendapatkan maklumat penyelenggaraan sistem solar secara berkala atau untuk membaiki sebarang kerosakan kecil.

Bagi kawasan yang mempunyai tempoh *sun-hours* yang tinggi, iaitu sentiasa terdedah kepada sinaran matahari, tenaga elektrik boleh dijana secara terus daripada sistem solar dan *inverter*. Ini boleh mengurangkan bilangan bateri atau tidak diperlukan sama sekali.

Analisis penggunaan tenaga elektrik

Sebuah kipas penyejuk berdiameter kipas 50 inci, dengan kadar aliran udara maksimum sehingga 26,000 kaki padu per minit (CFM) secara tipikalnya menggunakan kuasa elektrik sebanyak 1,100 W. Kipas bersaiz ini boleh dipasang di kandang tertutup dengan saiz sehingga 160 m². Kebiasaannya, seekor lembu memerlukan ruang di antara 2 – 3 m² bagi sistem perumahan tertutup. Penggunaan sebuah kipas sebegini dapat diguna pakai bagi sesebuah kandang tertutup dengan anggaran bilangan ternakan sebanyak 40 – 45 ekor lembu, iaitu penternakan tenusu skala kecil (kurang daripada 50 ekor). Pam air turut digunakan bagi membolehkan air dialirkan pada pad penyejuk yang dipasang di kandang.

Jadual 2 menunjukkan analisis anggaran pengiraan bagi keperluan tenaga elektrik serta kos operasi kipas penyejuk bersama pam air bagi sesebuah sistem kandang tertutup bagi ternakan lembu tenusu berskala kecil.

Jadual 3 pula menunjukkan alatan yang diperlukan bagi membangunkan sistem solar untuk memenuhi keperluan tenaga elektrik yang sama di ladang tenusu bagi kegunaan sistem penyejuk secara harian serta kos-kos berkaitan seperti dalam *Jadual 4*. Bagi pengiraan ini, bateri dengan kapasiti 100 AH dan jumlah voltan 48 v digunakan.

Kos penggunaan elektrik yang dijana menggunakan sistem solar lebih menguntungkan untuk jangka masa yang panjang, walaupun kos permulaannya agak tinggi (*Jadual 5*). Tempoh pulang modal yang dianggarkan bagi sistem tenusu berskala kecil adalah agak lama iaitu sehingga sembilan tahun. Walau bagaimanapun, selepas tempoh itu, pelaburan sistem solar akan mula membuahkan hasil dari segi penjimatan kos tenaga elektrik secara berterusan. Bagi tahun ke-10 dan seterusnya, hanya bateri yang perlu diganti sekiranya tahap efisiensi kitar pengecasan-discaj menurun bawah 80% bagi mengekalkan prestasi ekonomik sistem. Panel solar atau PV pula masih lagi boleh diguna pakai pada kebiasaannya sehingga tahun ke-25. Alatan lain seperti *inverter controller* hanya perlu diganti atau diselenggara apabila berlaku kerosakan. PV pula hanya perlu dicuci apabila kotor bagi mengekalkan efisiensinya.

Pengiraan dalam *Jadual 5* menunjukkan anggaran penjimatan yang mampu diperolehi dengan pemasangan sistem solar bagi menjana tenaga elektrik secara sepenuhnya untuk kegunaan kipas dan pad penyejuk. Kos-kos alatan yang dinyatakan juga

adalah tertakluk kepada perubahan pada masa akan datang. Bagi mengurangkan lagi kos permulaan, penternak juga boleh memilih untuk mengurangkan bilangan bateri, atau tidak menggunakan sebarang bateri sama sekali dalam sistem solar tersebut yang mampu mengurangkan lagi tempoh pulang modal. Tenaga elektrik boleh juga dijana melalui penggunaan PV dan *controller-inverter* dan disalur terus bagi menggerakkan kipas dan pam air tanpa disimpan di dalam bateri. Walau bagaimanapun, bilangan PV perlu ditambah bagi membolehkan lebih banyak tenaga elektrik dibekalkan secara terus sekiranya tempoh *sun-hours* adalah rendah pada hari-hari tertentu. Bilangan PV yang dipasang juga akan bergantung kepada lokasi ladang serta bentuk muka bumi dan teduhan yang ada (pokok-pokok besar atau bukit) berhampiran.

Jadual 2. Penggunaan tenaga elektrik tipikal untuk kipas dan pam air bagi kandang tertutup tenusu berskala kecil

Perkara	Penggunaan tenaga elektrik harian	Penggunaan tenaga elektrik bulanan
Anggaran penggunaan tenaga elektrik:	<p>Kipas penyejuk saiz 50 inci, berkuasa 1,100 W penggunaan selama 8 jam (9 pagi hingga 5 petang): $1,100 \text{ W} \times 8 \text{ jam} = 8,800 \text{ Wh} = 8.8 \text{ kWh}$</p> <p>Pam air (150 W), anggaran sebanyak 4 unit bagi penggunaan selama 8 jam (9 pagi hingga 5 petang): $150 \text{ W} \times 8 \text{ jam} \times 4 = 4800 \text{ Wh} = 4.8 \text{ kWh}$</p> <p>Jumlah penggunaan elektrik harian, (A + B) bagi kipas penyejuk dan pam air: $8.8 \text{ kWh} + 4.8 \text{ kWh} = 13.6 \text{ kWh}$</p>	<p>Penggunaan selama satu bulan (30 hari): $13.6 \text{ kWh} \times 30 = 408 \text{ kWh}$</p>
Kos operasi kipas dan pam air bagi tempoh sebulan (TNB tarif H):	<p>200 kWh pertama: $200 \text{ kWh} \times 0.39 \text{ sen} = \text{RM}78.00$</p> <p>208 kWh berikutnya: $208 \text{ kWh} \times 0.472 \text{ sen} = \text{RM}98.18$</p>	<p>Jumlah kos penggunaan elektrik sebulan: $\text{RM}78.00 + \text{RM}98.18 = \text{RM}176.18$</p> <p>Kos setahun = $\text{RM}2,114.16$</p> <p>Kos untuk sepuluh tahun = $\text{RM}21,141.60$</p>

Jadual 3. Keperluan permulaan bagi sistem solar kegunaan harian dengan kapasiti 13.6 kWh sehari

Perkara	Anggaran unit diperlukan bagi kegunaan harian	Penerangan
Bateri 100 AH (Jenis LiFePo ₄), 12 v (12.8 v nominal)	<p>Kapasiti bateri 100 AH diperlukan:</p> <p>Keperluan berdasarkan amp hours (AH): $13,600 \text{ Wh} / 48 \text{ v} = 283.33 \text{ AH} \sim \mathbf{300 \text{ AH}}$</p> <p>Keperluan berdasarkan bilangan bateri dengan voltan 48 v: $48 / 12 = 4$ buah bateri secara bersiri, dengan kapasiti 100 AH</p> <p>Bagi mendapatkan jumlah kapasiti 300 AH, tiga sambungan secara selari bagi sistem di atas diperlukan (<i>Gambar rajah 2</i>)</p> <p>Jumlah bateri diperlukan: $4 \times 3 = \mathbf{12 \text{ buah}}$</p>	<p>Bateri jenis LiFePo₄ mempunyai jangka hayat yang lama, sehingga 10 tahun dan masih mampu mengekalkan efisiensi kitaran caj-discaj sehingga 80%. Sistem bateri 48 v (sambungan empat buah bateri 12 v secara bersiri) diperlukan bagi mengurangkan kos bateri di samping dapat membekalkan kuasa elektrik harian yang diperlukan</p>
Panel solar (PV), (Jenis <i>monocrystalline, single face</i>)	<p>Jumlah kuasa PV bagi pengecasan bateri, bagi tempoh jam-matahari (<i>sun-hours</i>) selama 6 jam: 13,600 Wh/6 jam = 2,266.7 W*</p> <p>*Kuasa PV yang dicadangkan ialah 590 W setiap PV, sebanyak 4 PV pada voltan terbuka (OCV) 52 v setiap satu bagi sambungan bersiri bagi mendapat jumlah kuasa maksimum dibekalkan = 2,360 W (melebihi yang diperlukan)</p>	<p>Tempoh jam-matahari (<i>sun-hours</i>) di Malaysia:</p> <p>Tengah dan Selatan Semenanjung: 6 jam Utara Semenanjung: 7 jam Sabah dan Sarawak: 5 jam</p>



Gambar rajah 2. Contoh sambungan litar bagi bateri berkapasiti 100 AH 12 v untuk mendapatkan kapasiti elektrik harian sebanyak 13.6 kWh

Jadual 4. Anggaran kos pelaburan permulaan bagi sistem solar, penggunaan selama 10 tahun bagi kawasan Semenanjung Malaysia

Alat	Anggaran kos seunit dan kuantiti	Jumlah
PV solar panel 590 W, 52 v OCV, Jinko Solar (Jangka hayat sehingga 25 tahun)	RM1,000 (4)	RM4,000.00
Bateri LiFePo ₄ 100 AH (Jangka hayat optimum sehingga 10 tahun, boleh digunakan melebihi 10 tahun)	RM1,000 (12)	RM12,000.00
<i>Inverter + controller (MPPT), 3.2,kW hibrid, 12/24/48,v system</i>	RM,1000 (1)	RM1,000.00
Lain-lain (kos pemasangan, sewa kren, kabel-kabel)	RM2,000 (1)	RM2,000.00
JUMLAH		RM19,000.00

Jadual 5. Perbandingan kos antara penggunaan elektrik sumber pembekal tempatan dengan tenaga solar bagi menggerakkan kipas dan pad penyejuk

Perkara	Sumber TNB	Sistem solar
Kos permulaan	RM0.00	RM19,000.000
Kos tahunan	RM2,114.16	RM0.00
Tempoh pulang modal	-	$RM19,000 / 2114.16 = 9$ tahun
Tempoh hayat optimum (berdasarkan hayat alatan paling rendah)	-	10 tahun (hayat bateri LiFePo ₄)
Nilai pulangan (lebih) bagi penggunaan selama 10 tahun	-	$10 - 9$ tahun = 1 tahun
Penjimatan (bermula pada tahun ke 10)	-	$RM2,114.16 \times 1$ tahun = RM2,114.16

Kesimpulan

Penggunaan tenaga solar dalam menjana tenaga elektrik menawarkan penyelesaian yang menjanjikan pengurangan tekanan haba pada lembu tenusu yang mampu meningkatkan kelestarian alam sekitar dan keberdayaan ekonomi. Kombinasi aplikasi sistem tenaga solar dengan teknologi pertanian tepat bagi sistem pengeluaran ternakan [*Livestock Precision Farming (LPF)*] dapat meningkatkan kesejahteraan haiwan, meningkatkan produktiviti, dan mengurangkan kos tenaga, menjadikannya pelaburan yang menguntungkan untuk industri tenusu. Bagi ladang tenusu berskala kecil, tempoh pulang modal ialah sembilan tahun. Tempoh ini boleh dikurangkan lagi kepada 7 – 8 tahun sahaja jika kos input permulaan sistem solar dapat dikurangkan. Penjana keuntungan juga dapat ditingkatkan terutamanya bagi saiz ladang sederhana ataupun besar, sejajar dengan *economic of scale*, di mana kos pembelian alatan bagi melengkapkan sistem solar menjadi lebih rendah bagi pembelian secara pukal.

Bibliografi

- Azlan, P. M., Yusof, H. A., Shanmugavelu, S., Dzulfazly, A., Mohd-Saufi, B., & Darus, A. R. (2010). Performance of Wagyu and Brahman crossbreds under two different environmental conditions. *Proceedings of the 31st Malaysian Society of Animal Production Annual Conference (MSAP'2010)* 6–8 Jun, Kota Bharu, Malaysia. m.s. 145–146.
- Azlan, P. M., Azizan, A., Shanmugavelu, S., Darus, A. R., Azlan, S.M., & Bilal, S.M. (2009). Enclosed house for high quality beef production. *Proceedings of the 30th Malaysian Society of Animal Production Annual Conference (MSAP)*. 2–5 Jun, Kota Kinabalu, Malaysia. m.s. 121–122.
- Deepak, D., Raol, J. B., Patel, S., & Chauhan, I. (2013). Application of Solar energy for sustainable Dairy Development. *European Journal of Sustainable Development*, 2, 131–140. Diperoleh dari 10.14207/ejsd.2013.v2n2p131.
- Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (KPKM). (2021). *Dasar Agromakanan Negara 2.0*.
- Shanmugavelu, S. (1996). A model on the effect of evaporatively cooled environment on milk production. Silver Jubilee MSAP Conference, Kuching Hilton, Sarawak.
- Shanmugavelu, S., Mohd Azlan, P., & Azizan, A. R. (2009). A mathematical model to predict the temperature in an enclosed animal house with evaporative cooling under Malaysian conditions. *National Conference on Agricultural and Food Mechanization, Melaka, Malaysia*. m.s. 169–172.
- Shanmugavelu, S. (2010). Intelligent animal housing. In *Malaysia International Agro-Bio Business Conference*.

Ringkasan

Industri ternakan ruminan negara menghadapi cabaran besar akibat tekanan haba berikutan fenomena perubahan iklim yang semakin melampau. Keadaan ini memberi kesan kepada kesejahteraan dan produktiviti haiwan. Tekanan haba pada lembu tenusu menyebabkan pengurangan pengeluaran susu, prestasi reproduktif yang terganggu dan peningkatan kerentanan terhadap penyakit. Kaedah penyejukan konvensional seperti kipas, penyiram dan pad penyejuk menggunakan banyak tenaga terutamanya elektrik yang boleh menyebabkan peningkatan kos operasi ladang. Teknologi hijau, terutamanya tenaga solar, menawarkan alternatif yang mampan dan merupakan penyelesaian yang inovatif bagi mengurangkan impak kos penggunaan tenaga elektrik bagi operasi ladang tenusu. Artikel ini meneroka aplikasi tenaga solar sebagai salah satu teknologi hijau dalam menggerakkan industri tenusu, terutamanya pada skala kecil, melihat sejauh mana peranannya sebagai satu opsyen yang menjimatkan dalam mengurangkan tekanan haba pada ternakan ruminan.

Summary

The ruminant livestock industry in the country faces significant challenges due to heat stress as a result of climate change. This condition affects the welfare and productivity of the animals. Heat stress in dairy cattle leads to decreased milk production, impaired reproductive performance and increased susceptibility to diseases. Conventional cooling methods, such as fans, sprinklers and cooling pads, consume a lot of energy, particularly electricity, which can increase farm operating costs. Green technology, especially solar energy, offers a sustainable alternative and an innovative solution to reduce the impact of electricity costs for dairy farm operations. This article explores the application of solar system to generate electricity as one of the green technologies in powering the dairy industry, especially on a small-scale farms, examining its role as a cost-effective option in reducing heat stress in ruminant livestock.

Pengarang

Azizi Ahmad Azmin

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: aziziazmin@mardi.gov.my

Mohd Saufi Bastami (Dr.)

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Mohd Hafiz Abd Wahab dan Izuan Bahtiar Ab. Jalal

Pusat Penyelidikan Sains Ternakan, MARDI Muadzam Shah

26810 Muadzam Shah, Pahang

Mohd Azri Azman dan Mohamad Hifzan Rosali

Pusat Penyelidikan Sains Ternakan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor