

## Mengoptimumkan Sistem Tenaga Hibrid Keterbaharuan Melalui Pemuliharaan Alam Sekitar

*Syamsyir Akmal Senawi  
Badrul Hisham Mohd Nor  
Wan Aizudin Wan Razali  
Nasharudin Sulaiman  
Azman Kasim*

### ABSTRAK

*Proses mengoptimumkan sistem tenaga hibrid keterbaharuan adalah melibatkan proses pemilihan komponen yang terbaik serta mensaizkan sesuatu sistem berdasarkan kecekapan, keandalan, dan kos yang efektif. Bekalan sumber yang semakin terhad, konflik harga yang menghambat, kesan rumah hijau, pertambahan penduduk dan malapetaka yang kerap melanda telah menyebabkan masyarakat dunia mencari penyelesaian yang kukuh bagi memastikan kesinambungan penggunaan tenaga yang kian meningkat. Dalam menepati tema permasalahan tenaga yang sedang mengancam dunia pada hari ini maka sistem hibrid keterbaharuan dilihat sebagai alternatif sebagai sumber pilihan terutamanya dikawasan pedalaman. Kajian yang dilakukan ini akan meneroka kepentingan untuk mengurangkan jumlah gas rumah hijau yang terhasil daripada sistem hibrid yang dipilih sebagai menyahut seruan Protokol Kyoto yang telah dimuktamadkan pada Disember 1997. Dalam masa yang sama pengurangan kos penghasilan tenaga berdasarkan pecahan tenaga keterbaharuan yang ideal, haruslah diperolehi bagi memastikan kesinambungan pembekalan tenaga yang berterusan. Maka perbincangan akan terarah bagi menjawab bagaimanakah pertambahan nilai saiz sistem hibrid dapat dimaksimakan dengan mengoptimumkan pecahan tenaga keterbaharuan dalam mengurangkan penghasilan gas rumah hijau yang menjadi punca utama kepada pemanasan global pada kos penghasilan tenaga yang terendah. Oleh yang demikian kertas ini akan membincangkan cadangan bagi mencapai penghasilan karbon dioksida dan kos penghasilan tenaga yang minima dan ideal. Merujuk kepada simulasi yang dilakukan, pengurangan gas Karbon Dioksida dapat dicapai sehingga 16.3 % pada kos penghasilan tenaga yang ideal dan optimum berbanding sistem yang hanya menggunakan generator diesel sahaja.*

**Kata Kunci :** *Pecahan tenaga keterbaharuan, Gas rumah hijau, Karbon Dioksida, Homer, Kos penghasil tenaga*

### Pengenalan

Kebanyakan kawasan di negara membangun, sebahagian besar bilangan penduduknya tinggal di kawasan pedalaman tanpa menggunakan sumber kuasa elektrik akibat ketiadaan jaringan kuasa talian grid yang biasanya terdapat di kawasan bandar yang berdaya maju. Kebiasaannya liputan talian grid kebangsaan diperluaskan ke kawasan yang dapat memberikan dampak ekonomi yang besar kepada sesuatu wilayah seperti kawasan industri, perdagangan dan sekitarnya yang mengandungi kepadatan penduduk yang tinggi. Berbanding kawasan bandar, adalah tidak ekonomi bagi memperluaskan liputan talian grid ke kawasan pedalaman yang sukar dicapai secara normal (Hadri Idris 2004). Ini adalah disebabkan kepadatan penduduk dikawasan pedalaman adalah rendah dan aktiviti ekonomi berkisar dengannya tidak memberikan kesan yang ketara terhadap pulangan keuntungan dari segi jangkamasa pendek atau sebaliknya. Biasanya keperluan tenaga elektrik dikawasan berkenaan dijana menggunakan generator diesel. Malangnya penggunaan tenaga diesel sebagai sumber yang dominan melibatkan kos operasi, penyelenggaraan dan logistik yang tinggi. Selain itu pemutusan kuasa secara mutlak kerap terjadi ketika penyelenggaraan generator diesel secara

berkala. Keadaan ini menjejaskan aktiviti-aktiviti yang dilaksanakan dikawasan berkenaan yang bergantung secara langsung terhadap penggunaan tenaga. Dalam pada itu generator diesel menghasilkan gas rumah hijau yang banyak dan akhirnya dapat menjejaskan keseimbangan alam sekitar (EPIA 2007). Oleh yang demikian sistem tenaga keterbaharuan bagi keperluan elektrik domestik (sistem tidak bersandaran "stand alone system") dilihat sebagai alternatif bagi memenuhi serta mengatasi masalah pemerolehan dan penggunaan tenaga.

Keadaan iklim di Malaysia amat menggalakkan pembagunan dan penggunaan tenaga solar akibat sinaran matahari yang melimpah-ruah dan berterusan sepanjang tahun. Purata sinaran bulanan di Malaysia adalah dalam julat 4.0 kwj/m<sup>2</sup>/hari ke 5.0 kwj/m<sup>2</sup>/hari. (Sopian. K 1992). Manakala purata sinaran bulanan di pantai barat Malaysia adalah sekitar 4.8 kwj/m<sup>2</sup>/hari ( Dalimin 1995). Sistem yang terlibat tidak memerlukan ruang yang banyak, bebas dari pengaruh pergolakan politik, penyelenggaraan yang minimum, operasi yang senyap dan bersih dari pencemaran. Penjana elektrik bersumberkan teknologi fotovoltaik dapat mengurangkan kesan perolehan haba sekeliling (penyejukan sendiri) serta memulihara alam semulajadi. Sistem PV dilihat sebagai pilihan bagi mengatasi keperluan tenaga sekitar kawasan pedalaman dan kepulauan yang sama sekali jauh daripada liputan & sambungan grid elektrik kebangsaan. Dalam kebanyakan kawasan yang terlibat sistem PV dilihat sebagai pilihan yang ekonomi bagi penyediaan dan penjana tenaga dikawasan terlibat (Daniel Ruoss 2007).

Malangnya kecekapan tenaga sumber keterbaharuan (sistem PV) secara relatifnya adalah rendah, manakala jumlah tenaga elektrik yang dihasilkan adalah kecil dan mahal. Oleh yang demikian sistem tenaga keterbaharuan dilihat tidak kompetitif dari segi penggunaannya secara pukal. Masalah corak perubahan cuaca di Malaysia adalah ketara. Sebagai contoh keadaan awan mendung & hujan akan menyebabkan kuasa keluaran yang dihasilkan oleh modul PV akan berkurangan. Maka ini akan merencatkan kuasa-jam harian yang dihasilkan bagi keperluan beban yang digunakan. Maka dirasakan penggunaan sistem PV sebagai sumber tunggal bekemungkinan tidak praktikal. Oleh yang demikian potensi bagi mempergunakan paduan PV dan generator-diesel serta komponen tenaga keterbaharuan yang lain adalah menarik untuk dikaji.

Penggunaan tenaga keterbaharuan dapat mengurangkan pembakaran bahan api fosil serta penghasilan gas CO<sub>2</sub> yang menjadi penyebab utama kepada fenomena pemanasan global. Perubahan cuaca global yang berpunca daripada pembentukan gas rumah hijau secara terus menerus di dalam atmosfera telah menyebabkan gangguan terhadap ekosistem serta telah mengakibatkan peningkatan kematian kira-kira 150,000 nyawa setiap tahun. Secara purata pemanasan global yang mencetuskan peningkatan suhu sebanyak 2°C akan mengancam kemaslahatan jutaan manusia dengan meningkatkan risiko kebeluran, wabak penyakit, banjir dan kekurangan bekalan air. Sekiranya peningkatan suhu dapat dipastikan kepada had yang munasabah maka pengurangan gas rumah hijau secara signifikan dapat dicapai (The nature of conservancy 2008). Merujuk kepada ketetapan Kyoto Disember 1997, sebanyak 160 buah Negara telah mencapai kesepakatan untuk menghadkan pembebasan gas rumah hijau yang dihasilkan (S.M. Shaahid 2008).

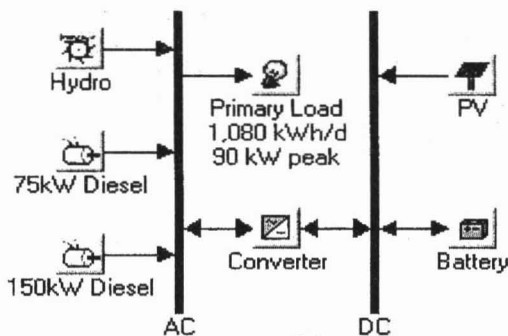
Bagi memastikan persekitaran yang bersih dan terkawal maka penggunaan bahan api fosil haruslah dikurangkan. Maka adalah perlu bagi mengekang atau merencatkan bahan pencemaran yang terhasil daripada operasi generator tanpa mengurangkan permintaan beban gunaan. Adalah penting bagi memastikan operasi generator diesel yang terlibat dikurangkan serta dioptimumkan bagi memastikan penghasilan gas-gas rumah hijau diminimalkan. Masalah ini ditangani dengan menerapkan penggunaan tenaga keterbaharuan sebagai sampingan kepada generator diesel yang dominan. Oleh yang demikian satu sistem hibrid yang sesuai perlu dipertimbangkan berdasarkan kepelbagaian padanan tenaga keterbaharuan yang tertentu dengan generator diesel. Selain itu adalah menarik untuk diperhatikan bagaimanakah pecahan keterbaharuan dalam sistem hibrid yang terlibat dapat mempengaruhi

kesan pencemaran yang dihasilkan. Pertambahan saiz sesuatu sistem hibrid akan melibatkan kos yang besar. Maka adalah penting untuk meningkatkan saiz tenaga keterbaharuan pada kos yang munasabah bagi menampung keperluan beban yang diperlukan untuk mencapai tujuan asal. Pecahan keterbaharuan yang ideal perlu diperoleh berdasarkan kos sistem yang efektif.

Maka kajian yang dilakukan ini akan meneroka kepentingan untuk mengurangkan jumlah gas rumah hijau yang terhasil daripada sistem hibrid yang dipilih sebagai menyahut seruan protokol Kyoto seperti mana yang telah dinyatakan. Dalam masa yang sama pengurangan kos penghasilan tenaga berdasarkan pecahan tenaga keterbaharuan yang ideal haruslah diperoleh bagi memastikan kesinambungan pembekalan tenaga yang berterusan. Maka perbincangan akan teraruh bagi menjawab bagaimanakah pertambahan nilai saiz sistem hibrid dapat dimaksimumkan dengan mengoptimumkan pecahan tenaga keterbaharuan dalam mengurangkan penghasilan gas rumah hijau yang menjadi punca utama kepada pemanasan global pada kos penghasilan tenaga yang terendah. Oleh yang demikian kertas ini akan membincangkan cadangan bagi mencapai penghasilan karbon dioksida dan kos penghasilan tenaga yang minima dan ideal.

## Kaedah Kajian

Simulasi yang dilakukan adalah menggunakan perisian HOMER (Model pengoptimuman kuasa Mikro) bagi mempermudah penilaian dan pentaksiran bagi memperoleh rekabentuk sistem tenaga hibrid yang bersesuaian. Perisian ini membolehkan analisis terhadap sistem dilakukan meliputi pemilihan komponen tenaga yang bersesuaian, bilangan dan saiz komponen tenaga yang relevan untuk dipertimbangkan serta kos penghasilan tenaga bagi sistem yang dicadangkan berdasarkan keberadaan sumber tenaga di tempat berkenaan (NREL 2005). Latar belakang kajian berdasarkan sebuah sekolah berasrama penuh yang terletak dikawasan pedalaman (Kapit Sarawak) yang dihuni sekitar 200 orang. Kebanyakan aktiviti rasmi dan tidak rasmi dikawasan berkenaan secara intensifnya bergantung kepada keperluan tenaga elektrik. Kawasan berkenaan adalah berdekatan dengan kawasan latar air terjun yang jauhnya kira-kira 500 m. Sumber tenaga yang berpotensi dikawasan berkenaan adalah tenaga solar, tenaga pico hidro dan diesel. Sistem hibrid yang dicadangkan adalah terdiri daripada turbin pico hidro, panel solar fotovoltaik, bateri, inverter dan generator diesel seperti mana yang dilampirkan dalam rajah 2.0. Jangka hayat sistem yang dirangka ini dianggarkan sekitar 25 tahun. Pulangan faedah tahunan ditetapkan kepada 4%.



Rajah 1 : Sistem Hibrid 1 (Generator diesel 75 kW/Generator 150 kW/ PV / Hidro /Bateri/invertor)

### Turbin Pico Hidro

Nilai kos awalan bagi turbin pico hidro adalah RM 10500 termasuk kerja-kerja sampingan dan pemasangan. Manakala kos penggantian juga adalah RM 10500. Jangka hayat turbin dijangka bertahan selama 25 tahun. Aliran air dianggap tetap sepanjang tahun iaitu sekitar 24 L/s. Turbin mempunyai tenaga nominal sekitar 8.83 kW dan output purata yang terhasil adalah 7.70 kW.

### Panel fotovoltaik

Terdapat 146 panel fotovoltaik didalam sistem hibrid yang terlibat iaitu masing-masing dengan kapasiti 123 Watt, jumlah keseluruhan kuasa puncak panel PV yang terlibat adalah 18 kW. Kos awalan bagi panel-panel yang berkenaan adalah RM 308854. Jangka hayat panel yang terlibat mampu bertahan selama 30 tahun.

Jadual 1 : Sinaran matahari bulanan

Bulan	Index kecerahan	Sinaran harian (kw/m <sup>2</sup> )
Januari	0.332	3.337
Februari	0.357	3.708
Mac	0.407	4.276
April	0.356	3.631
May	0.387	3.738
Jun	0.486	4.521
Julai	0.488	4.604
Ogos	0.424	4.207
September	0.425	4.386
Oktober	0.408	4.230
November	0.411	4.145
Disember	0.352	3.490

### Generator diesel

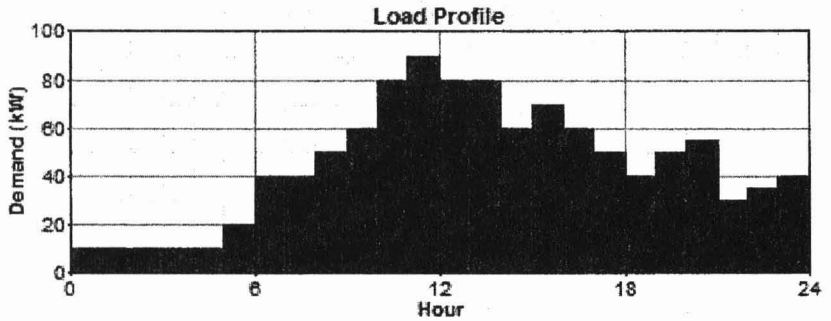
Terdapat dua Generator AC yang terlibat dalam sistem hibrid yang dicadangkan dengan masing-masing berkapasiti 150 kW dan 75 kW. Nilai kos modal awalan bagi Generator AC 150kW dan 75kW adalah RM 125000 dan RM 62500. Kos operasi dan penyelenggaraan tahunan bagi generator berkenaan adalah masing-masing RM 40 000 dan RM 20000.

### Bateri dan Invertor

Bateri yang digunakan adalah jenis Surrette 4KS25P dengan voltan nominal 4 V manakala kapasiti nominalnya adalah sekitar 1900 Ah. Sebanyak 24 bateri digunakan dalam sistem hibrid yang terlibat. Nilai kos modal awalan adalah sekitar RM 41016. Manakala kos operasi dan penyelenggaraan tahunan yang terlibat adalah RM 25. Invertor yang digunakan adalah 25kW.

### Beban keperluan

Penentuan beban keperluan adalah melibatkan maklumat kuasa elektrik bagi setiap peralatan elektrik yang digunakan dalam sekolah yang terlibat. Berikut adalah maklumat purata harian jumlah beban keperluan yang digunakan oleh sekolah berasrama berkenaan merujuk kepada aktiviti seharian berdasarkan tinjauan dan kajian yang telah dilakukan. Purata kuasa beban tahunan yang digunakan adalah 1080 kWh/sehari.



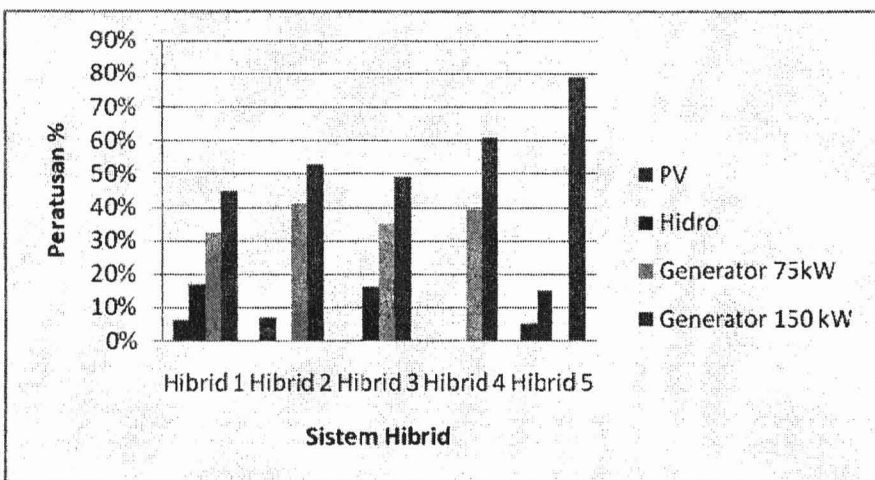
Rajah 2: Graf beban keperluan lawan jam

**Saiz dan pecahan tenaga keterbaharuan dalam sistem hibrid yang dirangka.**

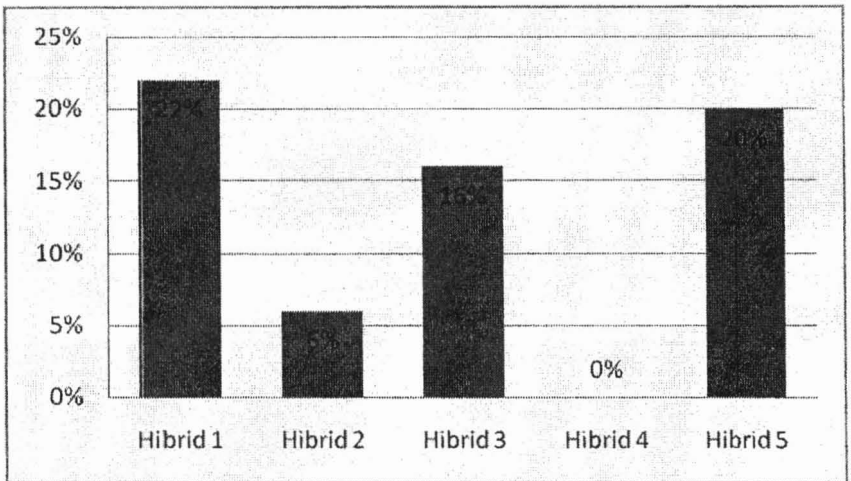
Untuk menunjukkan bahawa jumlah karbon dioksida yang dibebaskan adalah bergantung secara langsung kepada pecahan tenaga keterbaharuan dalam sesuatu sistem hibrid, maka terdapat 5 sistem hibrid dengan pecahan tenaga keterbaharuan yang berbeza digunakan dalam simulasi yang dilakukan. Rajah dibawah adalah mewakili 5 sistem hibrid iaitu :

- (a) sistem hibrid 1 (Generator diesel 75 kW/Generator 150 kW/ PV / Hidro /Bateri/invertor)
- (b) sistem hibrid 2 (Generator diesel 75 kW/Generator 150 kW /PV/Bateri/Invertor)
- (c) sistem hibrid 3 (Generator diesel 150kW/Generator 150 kW/Hidro/Bateri/Invertor)
- (d) sistem hibrid 4 (Generator diesel 75 kW/Generator 150 kW /Bateri/Invertor)
- (e) sistem hibrid 5 (Generator 150 kW/PV/Bateri/Invertor).

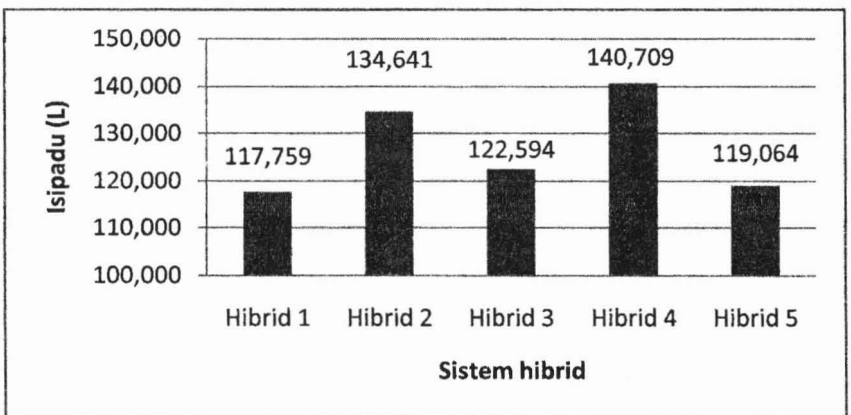
Selain itu jumlah gas karbon dioksida yang dibebaskan turut dipengaruhi secara terus dengan kadar penggunaan bahan api diesel. Oleh yang demikian sistem yang memberikan kos yang optimum berdasarkan perlepasan gas karbon dioksida yang terendah adalah matlamat utama kepada kajian ini.



Rajah 3: Peratusan penghasilan tenaga elektrik tahunan



Rajah 4: Peratusan tenaga keterbaharuan



Rajah 5: Isipadu penggunaan diesel tahunan

## Perbincangan

Berdasarkan simulasi yang dilakukan, keputusan optimum sistem hibrid yang terlibat ditunjukkan seperti dalam jadual merujuk kepada sistem hibrid 1, 2, 3, 4 dan 5. Dalam pada itu pertimbangan dilakukan dengan melihat sejauhmana nilai-nilai sensitif (kenaikan harga diesel) yang dikenakan dapat memangkinkan pengaruh terhadap kos penghasilan tenaga yang terlibat. Nilai-nilai sensitif adalah berdasarkan kepelbagaian harga minyak sehingga mencecah RM 1.80. Setiap jadual yang dilampirkan menunjukkan kenaikan harga bahan api diesel menyebabkan kos penghasilan tenaga meningkat daripada RM 0.467 sehingga RM 0.862. Berdasarkan keputusan yang diperolehi didapati apabila nilai harga diesel semakin bertambah maka sistem hibrid 3 dan 1 menjadi semakin kompetitif dengan masing-masing mencatatkan pecahan tenaga keterbaharuan 16% dan 22%. Jumlah bersih kos terkini juga turut mencatatkan peningkatan manakala kos modal awalan kekal tidak berubah bagi kelima-lima sistem hibrid yang berkenaan.

Jadual 2 : Harga diesel RM 1.00

Komponen	Pecahan tenaga keterbaharuan (%)	Kos modal awalan (RM)	Jumlah bersih kos terkini (RM)	Kos penghasilan tenaga (RM/kWh)
Hibrid 3	16	328,960	2,352,832	0.467
Hibrid 1	22	637,814	2,802,031	0.517
Hibrid 4	0	318,460	2,615,449	0.519
Hibrid 2	6	627,314	3,067,654	0.609
Hibrid 5	20	952,370	3,124,597	0.620

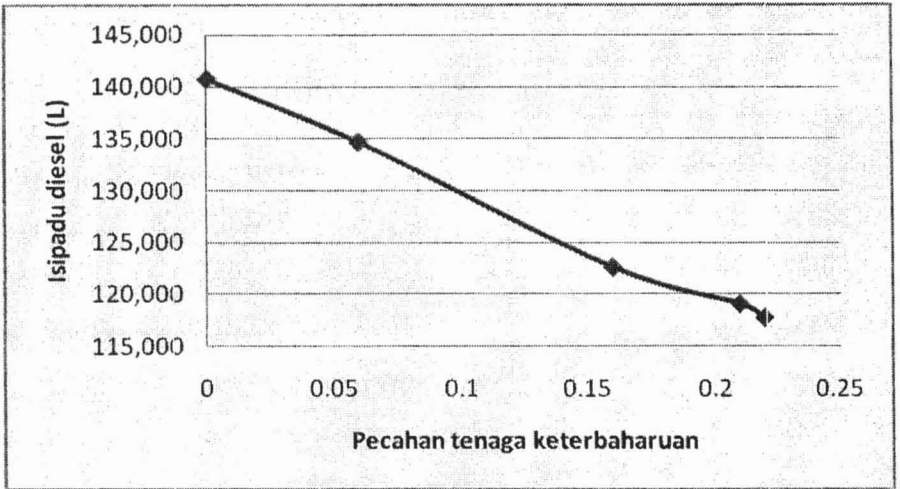
Jadual 3 : Harga diesel RM 1.40

Komponen	Pecahan tenaga keterbaharuan (%)	Kos modal awalan (RM)	Jumlah bersih kos terkini (RM)	Kos penghasilan tenaga (RM/kWh)
Hibrid 3	16	328,960	2,979,699	0.591
Hibrid 1	22	637,814	3,205,969	0.636
Hibrid 4	0	318,460	3,334,942	0.662
Hibrid 2	6	627,314	3,529,499	0.700
Hibrid 5	20	952,370	3,733,411	0.741

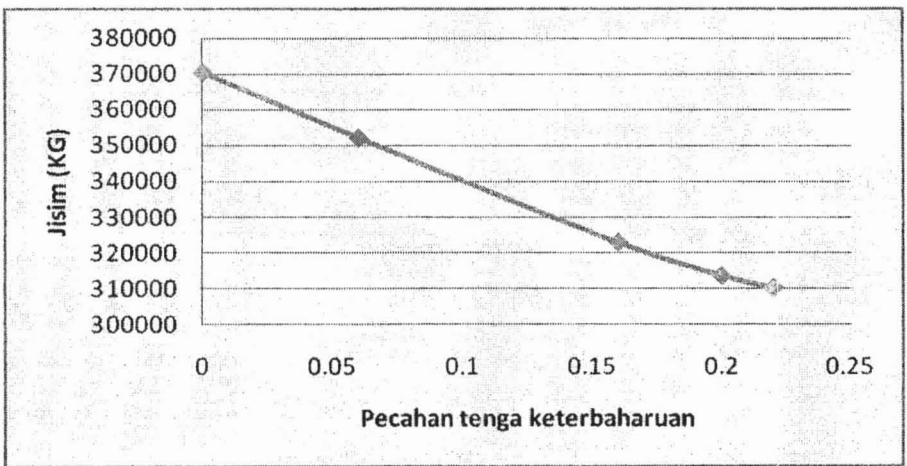
Jadual 4 : Harga diesel RM 1.80

Komponen	Pecahan tenaga keterbaharuan (%)	Kos modal awalan (RM)	Jumlah bersih kos terkini (RM)	Kos penghasilan tenaga (RM/kWh)
Hibrid 3	16	328,960	3,606,567	0.716
Hibrid 1	22	637,814	3,808,112	0.756
Hibrid 4	0	318,460	4,054,435	0.805
Hibrid 2	6	627,314	4,217,963	0.837
Hibrid 5	20	952,370	4,342,224	0.862

Merujuk kepada matlamat utama iaitu bagi mengurangkan kesan rumah hijau yang berlaku secara berleluasa maka adalah menarik untuk melihat bagaimanakah pecahan tenaga keterbaharuan dalam sistem hibrid yang terlibat dapat mempengaruhi jumlah gas karbon dioksida yang terhasil dalam sesuatu sistem yang dirangka. Sepertimana yang sedia maklum, gas CO<sub>2</sub> merupakan penyumbang terbesar kepada berlakunya fenomena pemanasan global. Sekiranya sistem hibrid 3, hibrid 1 serta 4 dijadikan ukuran, didapati pertambahan pecahan tenaga keterbaharuan akan menyebabkan pengurangan pembebasan gas CO<sub>2</sub> secara linear. Apabila perbandingan dilakukan, pengurangan gas karbon dioksida sebanyak 12.9 % dan 16.3 % dicatatkan bagi sistem hibrid 3 dan 1 dimana sistem hibrid 4 (Generator diesel 75 kW/Generator 150 kW /Bateri/Invertor) dijadikan sebagai piawai. Selain itu pengaruh pecahan tenaga keterbaharuan dalam sesuatu sistem hibrid dapat diperjelaskan dengan lebih terperinci berdasarkan rajah 6 dan rajah 7. Pengurangan dan penjimatan bahan diesel secara jelas dapat dilihat apabila saiz tenaga keterbaharuan semakin meningkat. Pengurangan diesel sebanyak 12.4% dan 16.3 % turut dicatatkan bagi sistem tenaga hibrid 3 dan 1. Ini menunjukkan bahawa pengurangan penggunaan diesel turut memangkinkan secara langsung pengurangan pembebasan gas CO<sub>2</sub> dioksida secara linear.



Rajah 6: Isipadu penggunaan diesel tahunan lawan pecahan tenaga keterbaharuan



Rajah 7: Perlepasan gas CO<sub>2</sub> tahunan lawan pecahan tenaga keterbaharuan

Dengan memperolehi pecahan tenaga keterbaharuan yang tinggi dalam sesuatu sistem hibrid, maka pengurangan penghasilan gas karbon dioksida dapat dikurangkan. Merujuk kepada kajian yang dilakukan tenaga piko hidro memainkan peranan yang dominan dalam kedua-dua sistem hibrid yang dirangka dengan kuasa penembusan sehingga 16% (Hibrid 1 dan hibrid 3). Piko hidro sahaja berjaya mengurangkan perlepasan karbon dioksida ke udara sebanyak 12.9% manakala sistem PV dengan kuasa penembusan sebanyak 6% hanya mampu memangkinkan perencatan sebanyak 3.4% .

Berdasarkan jadual perbandingan 3.4 didapati sistem hibrid 1 menghasilkan peratusan perencatan karbon dioksida yang tertinggi iaitu sekitar 16.3 % dengan kos penghasilan tenaga yang lebih tinggi berbanding sistem hibrid 3 dalam tiga keadaan harga diesel yang berbeza. Bagi sistem hibrid 3, walaupun peratusan pengurangan adalah kurang tetapi kos penghasilannya adalah rendah berbanding hibrid 1, bahkan lebih tenaga yang terjana daripada sistem tersebut adalah jauh lebih rendah dengan perbezaan sebanyak 1873 kWh. Maka dengan kelebihan dari segi kos dan lebih tenaga yang minima serta masih memberikan kesan yang signifikan kepada pengurangan gas karbon dioksida maka sistem hibrid 3 adalah praktikal serta kompetitif untuk dipertimbangkan perlaksanaannya. Walaubagaimanapun didapati margin perbezaan kos penghasilan tenaga bagi kedua-dua



sistem hibrid semakin mengecil (9-4 sen) apabila harga diesel meningkat. Ini bermakna pertambahan harga diesel akan menyebabkan sistem hibrid 1 semakin kompetitif berbanding hibrid 3. Kemungkinan besar sistem hibrid 3 menjadi lebih ideal mengatasi hibrid 3 sekiranya harga diesel menjadi terlalu tinggi.

Jadual 3.4 : Perbandingan hibrid 1 dan hibrid 2

	Hibrid 1			Hibrid 3		
Lebih tenaga elektrik yang terhasil (kWh)	6824			4951		
Peratusan pengurangan karbon dioksida (%)	16.3			12.9		
Jumlah bersih kos terkini (RM)	Diesel RM 1.00	Diesel RM 1.40	Diesel RM 1.80	Diesel RM 1.00	Diesel RM 1.40	Diesel RM 1.80
	2,802,031	3,205,969	3,808,112	2,352,832	2,979,699	3,606,567
Kos penghasilan tenaga (RM/kWh)	Diesel RM 1.00	Diesel RM 1.40	Diesel RM 1.80	Diesel RM 1.00	Diesel RM 1.40	Diesel RM 1.80
	0.556	0.636	0.756	0.467	0.591	0.716

## Kesimpulan

Keputusan daripada simulasi yang dilakukan menunjukkan bahawa untuk mengurangkan jumlah gas rumah hijau yang terhasil maka adalah penting untuk melihat kepada penambahan pecahan tenaga keterbaharuan dalam sesuatu sistem hibrid yang dirangka. Berdasar kajian yang dilakukan kuasa piko hidro merupakan kuasa yang dominan dalam menyumbangkan kuasa yang terbesar dalam pecahan tenaga keterbaharuan. Manakala komponen PV hanya menyumbangkan sekitar 6 % kuasa penembusan di dalam pecahan tersebut. Sekiranya kuasa yang disumbangkan PV melampaui 6% atau melebihi 18kWp maka kos penghasilan bagi sistem hibrid yang mengandungi komponen PV menjadi tidak praktikal dan berdaya saing. Merujuk kepada simulasi yang dilakukan, pengurangan gas karbon dioksida dapat dicapai sehingga 16.3 % pada kos penghasilan tenaga yang ideal dan optimum berbanding sistem yang hanya menggunakan generator diesel sahaja. Oleh yang demikian dirasakan sistem hibrid 1 (Generator diesel 75 kW/Generator 150 kW/ PV / Hidro /Bateri/invertor) mampu memberikan kesan yang maksimum kepada pengurangan gas rumah hijau manakala system hybrid 3(Generator diesel 150kW/Generator 150 kW/Hidro/Bateri/Invertor) adalah ideal dari segi kos dan pengurangan gas rumah hijau yang optimum dengan pengurangan gas CO<sub>2</sub> sebanyak 12.9% . Oleh yang demikian system hibrid tenaga keterbaharuan 3 mampu menyahut seruan kepada pengurangan pembebasan gas rumah hijau serta menyediakan akses kepada tenaga elektrik pada harga yang kompetitif untuk keperluan kawasan pedalaman bagi perkepstif sekolah berasrama penuh di Kapit Sarawak..

## Rujukan

- Ahmad Hadri Haris, 2004, Installing BIPV: Process & Benefits, Making Malaysian Homes Energy Efficient, DDC Project Stakeholder Workshop Impiana Hotel, Kuala Lumpur, TNB Research Sdn Bhd
- Daniel Ruoss, 2007, Global and National photovoltaic business, International Consultant MBIPV with support from Lalchand Gulabrai, Technical Advisor MBIPV  
<http://www.mbipv.net.my/news1/2007/december/ptm%20energy%2028-44.pdf>.
- EPIA & Greenpeace. 2007. *Solar Generation IV – 2007*. European Photovoltaic Industry Association (EPIA).
- Juhari AB. Razak Kamaruzzaman Sopian, Yusoff Ali & Mohammad Ahmed Alghoul 2007, Optimization of Renewable Energy Hybrid System by Minimizing Excess Capacity, Solar Energy Institute, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mohd Noh Dalimin,,(1995) Renewable energy Malaysia Update, Renewable energy, 4: 435-439
- National Renewable Energy Laboratory (NREL),(2005). The Micro Power Optimization Model (HOMER) Version 2.1, U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy by Midwest Research Institute • Battelle.  
<http://homerenergy.com/>
- S.M. Shaahid & M.A. Elhadidy, 2008, Economic analysis of hybrid photovoltaic–diesel–battery power systems for residential loads in hot regions—A step to clean future, Renewable and Sustainable Energy Reviews (12). 488–503
- Sopian, K. & Othman M. Y. (1992). Estimate of Monthly Average Daily Global Solar Radiation in Malaysia, Renewable Energy .Vol 2(3). 319-325
- The nature of conservancy. (2008). Climate change impact, Heat related illness & diseases.  
<http://www.nature.org/initiatives/climatechange/issues/>

---

SYAMSYIR AKMAL SENAWI, BADRUL HISHAM MOHD NOR, WAN AIZUDIN WAN RAZALI, NASHARUDIN SULAIMAN, AZMAN KASIM, Fakulti Sains Gunaan, UiTM Pahang. [syamsyir@pahang.uitm.edu.my](mailto:syamsyir@pahang.uitm.edu.my)