

## ***Sustainable Product Development for Irrigation Water Pump using Biogas Fuel***

Willyanto Anggono<sup>1,a\*</sup>, Fandi D Suprianto<sup>2,b</sup>, Ian H Siahaan<sup>3,c</sup> dan Yaser Martinus Santoso<sup>4,d</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra

<sup>1,2,3,4</sup>Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

<sup>a</sup>willy@petra.ac.id

### **Abstrak**

Biogas merupakan bahan bakar yang *sustainable dan renewable*. Biogas sangat mudah untuk diproduksi dalam waktu yang cukup singkat, dengan peralatan penunjang yang sangat sederhana dan memerlukan biaya yang sangat murah (lebih murah dari bahan bakar minyak bersubsidi (bahan bakar premium) dan LPG (*Liquid Petroleum Gas*)). Biogas tidak memberikan kontribusi dalam peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer karena berasal dari bahan-bahan organik serta memiliki rantai karbon yang pendek. Proses pengembangan produk berbasis pada metode *sustainable product development* merupakan proses pengembangan produk yang terbaik karena memperhitungkan pengembangan produk secara terintegrasi, berkesinambungan, mengurangi waktu dan biaya desain serta pemakaian material yang ramah lingkungan. Biogas merupakan solusi pengembangan bahan bakar yang ramah lingkungan, *renewable dan sustainable*. Penggunaan biogas di Indonesia sampai saat ini hanya terpakai sebagai bahan bakar untuk melakukan kegiatan pemenuhan kebutuhan energi memasak di dapur. Saat ini *irrigation water pump* (pompa air untuk irigasi guna mendukung proses bercocok tanam untuk produksi tanaman pangan) masih menggunakan *fossil fuel* (bahan bakar minyak bersubsidi premium) dan penggunaan biogas sebagai bahan bakar mesin terutama *irrigation water pump* sampai saat ini masih belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk *irrigation water pump* dengan menggunakan bahan bakar biogas. Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan biogas dari kotoran sapi yang telah di murnikan (*inhibitorless biogas*) sebagai bahan bakar yang dapat diperbaharui untuk mensuplai energi yang digunakan sebagai bahan bakar *irrigation water pump* dengan menggunakan *spark ignited premix combustion engine* dengan cara memasukkan bahan bakar biogas ke ruang bakar melalui *converter kit*. Pada penelitian ini telah berhasil dikembangkan *irrigation water pump* berbahan bakar biogas (*inhibitorless biogas fuel*) disamping tetap mempertahankan pemakaian bahan bakar minyak jika *irrigation water pump* diperlukan beroperasi (bekerja) saat bahan bakar biogas dalam tangki biogas telah habis. *Inhibitorless biogas* dipergunakan karena memiliki karakteristik pembakaran yang terbaik (dibanding dengan *biogas with inhibitor*) dan paling cocok untuk *irrigation water pump engine*. Proses pengembangan produk *irrigation water pump* dengan bahan bakar biogas sesuai dengan pendekatan *sustainable product development* atau pengembangan produk yang berkesinambungan, dapat mengurangi biaya, waktu serta penggunaan material yang ramah lingkungan.

**Kata kunci :** *Biogas, Sustainable product development, Irrigation water pump, Sustainable fuel.*

### **Pendahuluan**

Biogas merupakan bahan bakar yang *sustainable dan renewable*. Biogas sangat mudah untuk diproduksi dalam waktu yang cukup singkat, dengan peralatan penunjang yang sangat sederhana dan memerlukan biaya yang sangat murah (lebih murah dari bahan

bakar minyak bersubsidi (bahan bakar premium) dan LPG (*Liquid Petroleum Gas*)). Biogas tidak memberikan kontribusi dalam peningkatan kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer karena berasal dari bahan-bahan organik serta memiliki rantai karbon yang pendek.

Proses pengembangan produk berbasis pada metode *sustainable product development*

merupakan proses pengembangan produk yang terbaik karena memperhitungkan pengembangan produk secara terintegrasi, berkesinambungan, mengurangi waktu dan biaya desain serta pemakaian material yang ramah lingkungan. Biogas merupakan solusi pengembangan bahan bakar yang ramah lingkungan, *renewable* dan *sustainable*.

Penggunaan biogas di Indonesia sampai saat ini hanya terpakai sebagai bahan bakar untuk melakukan kegiatan pemenuhan kebutuhan energi memasak di dapur. Saat ini *irrigation water pump* (pompa air untuk irigasi guna mendukung proses bercocok tanam untuk produksi tanaman pangan) masih menggunakan *fossil fuel* (bahan bakar minyak bersubsidi premium) dan penggunaan biogas sebagai bahan bakar mesin terutama *irrigation water pump* sampai saat ini masih belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk *irrigation water pump* dengan menggunakan bahan bakar biogas.

### Metode Penelitian

Perencanaan *irrigation water pump* berbahan bakar biogas meliputi desain pembuatan atau modifikasi komponen mulai dari *converter kit* sampai dengan komponen penyusun *irrigation water pump* tersebut.

*Converter kit* merupakan suatu alat tambahan yang dipasangkan pada agar *irrigation water pump* dapat berjalan dengan menggunakan bahan bakar biogas. Semua *irrigation water pump* harus dimodifikasi desain, material bahan bakunya serta komponen-komponen lainnya agar *irrigation water pump* berbahan bakar gas ini dapat mampu berjalan dengan aman dan menjadi salah satu solusi penggunaan bahan bakar gas sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak (BBM).

Pompa yang digunakan adalah pompa ZB100 dan *engine* GX270 seperti terlihat pada Gambar 1 dengan spesifikasi:

- *Suction Diameter* : 100 mm ( 4 inch)
- *Discharge Diameter* : 100 mm ( 4 inch)
- *Total Head* : 26 m
- *Maximum Suction Head* : 8 m
- *Maximum Flow rate* : 4000 l/min

- *Engine Model* : Daiho GX270
- *Engine Fuel* : Unload Gasoline
- *Starter System* : Recoil
- *Ignition System* : Flywheel magneto/ CDI
- *Engine Type* : 1 cylinder, 4 stroke OHV
- *Cooling System* : Air Cooled
- *Bore x Stroke* : 77 x 58 mm
- *Compression Ratio* : 8,2 : 1
- *Carburator* : Horizontal type, butterfly valves
- *Displacement* : 270 cc
- *Maximum Output* : 9 Ps at 3600 rpm
- *Maximum Torque* : 1,95 kg/m at 2500 rpm
- *Fuel Tank Capacity* : 4.5 L
- *Starting System* : Recoil



Gambar 1. Pompa ZB100 dan *Engine* GX270

### Hasil dan Analisa

*Converter Kit* dapat diartikan sebagai sebuah alat yang dipergunakan untuk melakukan konversi pemakaian bahan bakar satu ke yang lainnya. Perencanaan *irrigation water pump* (pompa air irigasi) berbahan bakar biogas juga menggunakan:

- *Filter dryer (Water absorb fuel)*

*Filter dryer* adalah sebuah alat yang berguna sebagai *dehydrant* atau yang biasa disebut sebagai penyerap air seperti terlihat pada Gambar 2. Di dalam *filter dryer* ini terdapat butir-butiran seperti pasir yang disebut sebagai *molecular sieve* yang mempunyai fungsi sebagai penyerap air seperti terlihat pada Gambar 3. Pemilihan filter ini karena biogas ditakutkan masih mempunyai kandungan air yang apabila masuk ke karburator dapat menyebabkan kerak pada komponen-komponen pada karburator serta komponen-komponen *engine* lainnya. Selain itu, air yang masuk ke dalam ruang bakar dapat mengurangi performa dari hasil pembakaran di dalam ruang bakar.



Gambar 2. *Filter Dryer*



Gambar 3. Serbuk dalam *Filter Dryer*

- *Valve*

*Valve* adalah alat yang berfungsi untuk mengatur secara akurat aliran dari yang daerah bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan lebih rendah. Pemilihan *valve* ini supaya biogas dapat lebih mudah diatur dengan putaran *valve* yang lebih tepat dan akurat seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan *Filter Dryer* dan *Valve* pada Engine Pompa Air Irigasi

Dalam penelitian ini, *inhibitorless biogas* yang merupakan hasil pemurnian langsung dari biogas digunakan sebagai bahan bakar

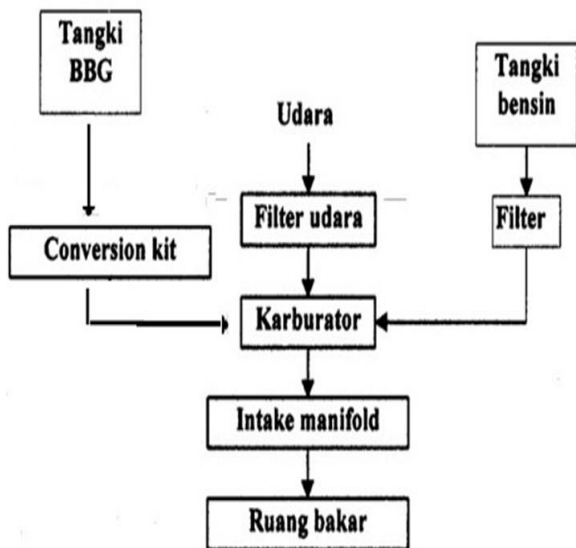
*irrigation water pump*. Penggunaan *inhibitorless biogas* ( $\text{CH}_4$ ) sebagai bahan bakar *irrigation water pump* dilakukan dengan tahapan awal memasukan gas kedalam tabung penampungan bahan bakar gas yang kemudian masuk ke alat *converter kit* yang berguna untuk menurunkan tekanan gas sesuai dengan tekanan kerja *engine* dan mengatur debit biogas yang akan bercampur dengan udara sehingga campuran bahan bakar dan udara bersama-sama masuk kedalam *engine* dan terjadilah pembakaran yang akan menghasilkan daya untuk menggerakan *irrigation water pump*.

Pada penelitian ini telah berhasil dibuat dan diaplikasikan *Irrigation water pump* berbahan bakar biogas (*inhibitorless biogas fuel*) seperti terlihat pada Gambar 5. Kotoran sapi sebagai nbahan baku penghasil biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar *irrigation water pump* sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan efek rumah kaca. Pemilihan mesin dalam penelitian ini telah dilakukan untuk mesin berbahan bakar bensin.



Gambar 5. *Irrigation Water Pump* saat Menggunakan Biogas

*Converter kit* berguna mengatur debit bahan bakar biogas dan udara supaya mengalir dengan tepat sesuai dengan kebutuhan proses pembakaran.



Gambar 6. Skema *System Dual Fuel Engine*

Mesin bensin yang dihasilkan dalam penelitian ini menggunakan *system dual fuel engine* dimana mesin dapat menggunakan 100% biogas (*inhibitorless biogas*) untuk bahan bakar dan juga dapat menggunakan bahan bakar minyak (bensin premium) apabila bahan bakar biogas dalam tabung habis seperti terlihat pada Gambar 6.

### Kesimpulan

Pemanfaatan *irrigation water pump* berbahan bakar biogas (*inhibitorless biogas fuel*) disamping tetap mempertahankan pemakaian bahan bakar minyak jika *irrigation water pump* diperlukan beroperasi (bekerja) saat bahan bakar biogas dalam tangki biogas telah habis. *Inhibitorless biogas* dipergunakan karena memiliki karakteristik pembakaran yang terbaik (dibanding dengan *biogas with inhibitor*) dan paling cocok untuk *irrigation water pump engine*. Proses pengembangan produk *irrigation water pump* dengan bahan bakar biogas sesuai dengan pendekatan *sustainable product development* atau pengembangan produk yang berkesinambungan, dapat mengurangi biaya, waktu serta penggunaan material yang ramah lingkungan.

### Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih sebesar-besarnya kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (Hibah

Penelitian Fundamental 2015 dan Iptek bagi Masyarakat 2015) dan Universitas Kristen Petra atas dukungan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

### Referensi

- [1] D.G. Ullman, The mechanical design process, McGraw-Hill, New York, 2003.
- [2] J.C. Weenen, Concept, context, and cooperation for sustainable technology, Proc. International Conference on Design and Manufacture for sustainable development, 2002.
- [3] W. Anggono, I.N.G. Wardana, M. Lawes, K.J. Hughes, S. Wahyudi, N. Hamidi, and A. Hayakawa, Biogas laminar burning velocity and flammability characteristics in spark ignited premix combustion, Journal of Physics: Conference Series, 423, 2013, 1-7.
- [4] W. Anggono, F.D. Suprianto, T.P. Wijaya, and M.S. Tanoto, Behavior of flame propagation in biogas spark ignited premix combustion with carbon dioxide inhibitor, Advanced Materials Research, 1044-1045, 2014, 251-254.
- [5] W. Anggono, I.N.G. Wardana, M. Pourkashanian, K.J. Hughes, M. Lawes, S. Wahyudi, and A. Hayakawa, Experimental and numerical simulation on biogas flame propagation characteristic in spark ignition premixed combustion, Proc. 3rd International Conference on Engine-ering and ICT, Melaka, Malaysia, 2012, 290-294.
- [6] S.E. Hosseini, and M.A. Wahid, Development of biogas combustion in combined heat and power generation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 2014, 868-875.
- [7] W. Anggono, I.N.G. Wardana, M. Lawes, and K.J. Hughes, Effect of inhibitors on biogas laminar burning velocity and flammability limits in spark ignited premix combustion, International Journal of Engineering and Technology, 5, 2014, 4980-4987.
- [8] Z.N. Ashrafi, M. Ashjaee, and M.H. Askari, Two-dimensional temperature field measurement of a premixed methane / air flame using Mach-Zehnder interferometry, Optics Communications. 341, 2014, 55-63.

- [9] S.H. Yoon, and C.S. Lee, Experimental investigation on the combustion and exhaust emission characteristics of biogas–biodiesel dual-fuel combustion in a CI engine, *Fuel Processing Technology*, 92, 2011, 992-1000.
- [10] N.N. Mustafi, R.R. Raine, and S. Verhelst, Combustion and emissions characteristics of a dual fuel engine operated on alter-native gaseous fuels, *Fuel*, 109, 2013, 669-678.
- [11] S.R. Turns, *An introduction to combustion: Concepts and applications*, McGraw-Hill, Singapore, 2000.
- [12] W.W. Pulkrabek, *Engineering fundamentals of internal combustion engine*, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.
- [13] W. Anggono, I.N.G. Wardana, M. Lawes, K.J. Hughes, S. Wahyudi, and N. Hamidi, Laminar burning characteristics of biogas-air mixtures in spark ignited premix combustion, *Journal of Applied Sciences Research*, 8, 2012, 4126-4132.
- [14] W. Anggono, I.N.G. Wardana, M. Lawes, K.J. Hughes, S. Wahyudi, and N. Hamidi, Laminar burning velocity and flammability characteristics of biogas in spark ignited premix combustion at reduced pressure, *Applied Mechanics and Materials*, 376, 2013, 79-85.
- [15] L. Gillespie, M. Lawes, C.G.W. Sheppard, and R. Woolley, Aspects of laminar and turbulent burning velocity relevant to SI engines, *SAE Paper Series 2000-01-0192*, 2000.
- [16] X.J. Gu, M.Z. Haq, M. Lawes, and R. Wooley, Laminar burning velocity and Markstein lengths of methane-air mixtures, *Combustion and Flame*, 121, 2000, 41-58.
- [17] D. Bradley, R.A. Hicks, M. Lawes, C.G.W. Sheppard, and R. Wooley, The measure-ment of laminar burning velocities and Markstein numbers for isooctane-air and iso-octane-n-heptane-air mixtures at elevated temperatures and pressures in an explosion bomb, *Combustion and Flame*, 115, 1998, 126-144.
- [18] C. Serrano, J.J. Hernandez, C. Mandilas, C.G.W. Sheppard, and R. Woolley, Laminar burning behaviour of biomass gasification-derived producer gas, *Hydrogen Energy*, 33, 2008, 851–862.
- [19] M. Renera, *Perencanaan converter kit untuk penggerak generator listrik dengan bahan bakar gas*, Universitas Kristen Petra, 2014.
- [20] Y.M. Santoso, *Perencanaan konversi bahan bakar elpiji pada motor bensin penggerak pompa irigasi*. Universitas Kristen Petra, 2015.