

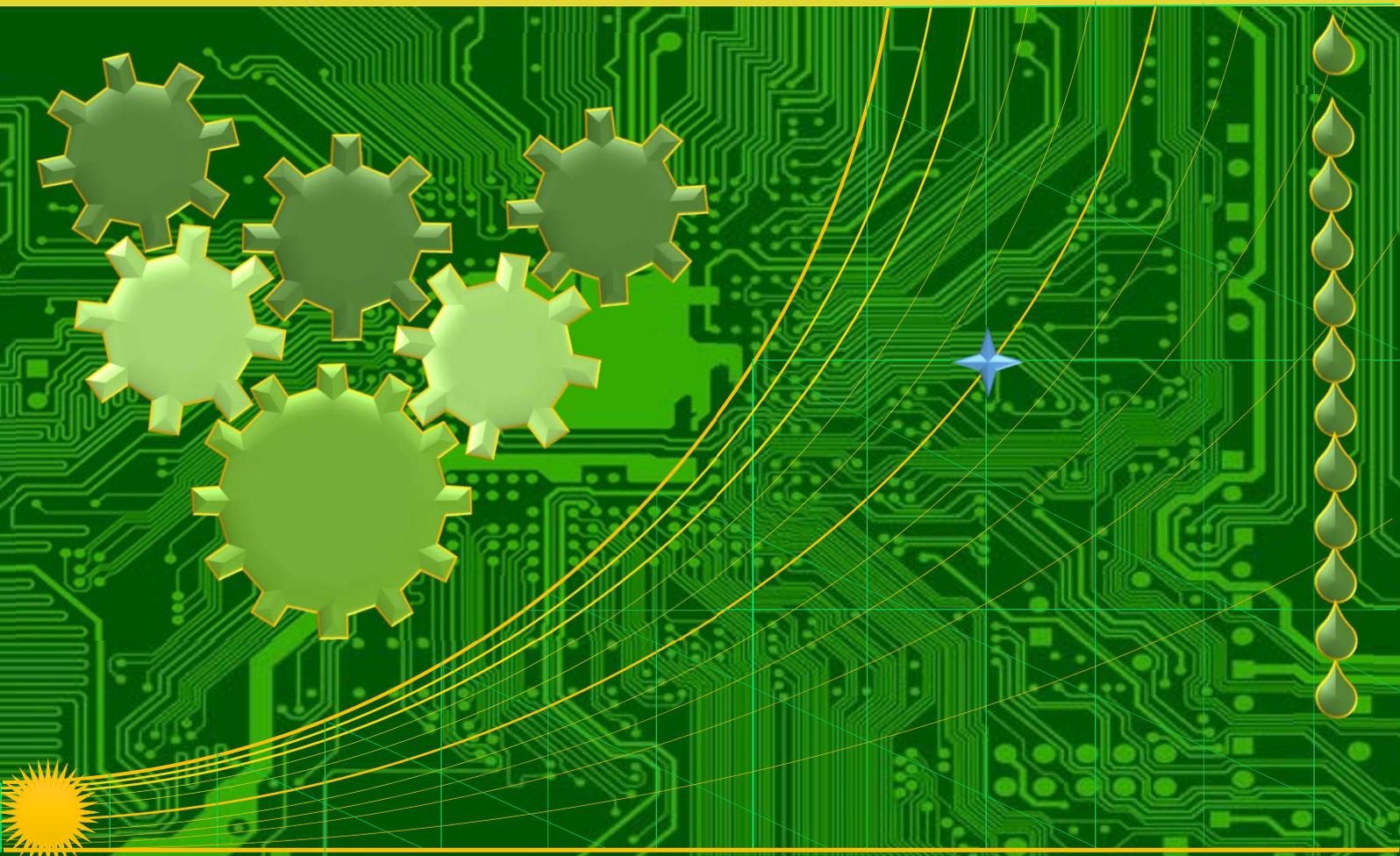
p-ISSN 2655-9145

e-ISSN 2684-8201



JAMETECH

**Journal of
APPLIED MECHANICAL ENGINEERING
AND GREEN TECHNOLOGY**





JAMETECH

Journal of APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND GREEN TECHNOLOGY

Gedung P3M, Lt.1 Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran
PO BOX 1064, Kuta Selatan, Badung, Bali - Indonesia
Telp. (+62)361 701981 Fax. (+62)361 701128
Email: jametech@pnb.ac.id

JOURNAL TEAM

Advisors

I Nyoman Abdi (*Director of Politeknik Negeri Bali*)

A.A. Ngurah Bagus Mulawarman (*First Vice Director of Politeknik Negeri Bali*)

I Putu Mertha Astawa (*Head of Research Centre and Community Services of Politeknik Negeri Bali*)

Anak Agung Ngurah Gde Sapteka (*Head of Scientific Publication Unit of Politeknik Negeri Bali*)

Editor-in-Chief

I Nyoman Suamir

Associate Editor

I Made Rasta

Editorial Boards

I Dewa Made Cipta Santosa (*Politeknik Negeri Bali*)

I Made Suarta (*Politeknik Negeri Bali*)

I Putu Gede Sopan Rahtika (*Politeknik Negeri Bali*)

I Ketut Widana (*Politeknik Negeri Bali*)

I Wayan Gede Santika (*Politeknik Negeri Bali*)

Putu Wijaya Sunu (*Politeknik Negeri Bali*)

Adi Winarta (*Politeknik Negeri Bali*)

Nyoman Sugiarta (*Politeknik Negeri Bali*)

Made Ery Arsana (*Politeknik Negeri Bali*)

I Gusti Agung Bagus Wirajati (*Politeknik Negeri Bali*)

Kasni Sumeru (*Politeknik Negeri Bandung*)

Ardiyansyah Yatim (*Universitas Indonesia*)

Mirmanto (*University of Mataram*)

Language Editors

I Made Rai Jaya Widanta (*Politeknik Negeri Bali*)

Peer Reviewers

Nandy Setiadi Djaya Putra (*Mechanical Engineering Department, Universitas Indonesia*)

Wayan Nata Septiadi (*Mechanical Engineering Department, Universitas Udayana, Indonesia*)

I Dewa Gede Ary Subagia (*Mechanical Engineering Department, Universitas Udayana, Indonesia*)

Nyoman Budiarsa (*Mechanical Engineering Department, Universitas Udayana, Indonesia*)

I Gusti Ketut Puja (*Mechanical Engineering Department, Universitas Sanata Dharma, Indonesia*)

Tineke Saroinsong (*Mechanical Engineering Department, Politeknik Negeri Manado, Indonesia*)

Herman Saputro (*Universitas Sebelas Maret, Solo, Indonesia*)

Mulya Juarsa (*Puspitek BATAN, Serpong, Indonesia*)

Administrator

Ni Putu Werdiani Utami

PREFACE

Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology promotes and enhances research developments and publication of original research papers, review articles, short reports and experimental details. It is essential reading for all those wishing to keep well informed of research and industrial news in the fields of Applied Mechanical Engineering and Green Technology. The journal also provides platforms for debate and dissemination of research findings whilst also facilitating the discussion of new research areas and techniques.

The scope of the journal encompasses research into broad aspects in Mechanical Engineering, Green Technology and associated fields include Mechanics, Materials, Manufacturing and Production, Design and Construction, Automotive, Refrigeration Heating Ventilating and Air Conditioning (RHVAC), Mechanical and Plumbing for Buildings, Sustainable Energy Management and Technology, New, and Renewable Energy Technologies. This is particularly important in these times of rapid introduction of alternative new and renewable energy sources and the emergence of new sustainable energy technology. The journal also brings the development of new research approaches in the area.

The journal is managed by Department of Mechanical Engineering and published by the Center of Research and Community Services of Politeknik Negeri Bali three times in a year: March, July and November. Papers in this journal are published in English and Indonesian.

Best Regards,
JAMETECH Editorial Team

TABLE OF CONTENTS

Performance analysis of retrofit R410a refrigerant with R32 refrigerant on a split air conditioner	1-4
<i>I Nengah Ardita, I Gusti Agung Bagus Wirajati, I Dewa Made Susila and Sudirman</i>	
Pengaruh sudut kemiringan dan arah penempatan terhadap daya keluaran pada modul panel surya	5-9
<i>I Gusti Agung Bagus Wirajati dan I Made Agus Kusuma Natha</i>	
Analisis kelayakan penataan Tukad Badung sebagai sarana pariwisata dari aspek lingkungan dan hidrologi	10-15
<i>Made Sudiarsa dan I Ketut Sutapa</i>	
Pengaruh sistem pengapian pada mesin vespa 2 tak tahun 1981	16-19
<i>I Nyoman Sutarna dan I Nengah Ludra Antara</i>	
Penerapan sistem CHP dan sistem refrigerasi refrigeran natural: sebuah kajian literatur konservasi energi dan keselamatan lingkungan pada gedung supermarket	20-25
<i>I Nyoman Suamir, Ketut Bangse, I Wayan Adi Subagia dan Achmad Wibolo</i>	
Rancang bangun mesin perontok padi bertenaga matahari yang ramah lingkungan	26-30
<i>I Putu Gede Sopan Rahtika, I Nyoman Gunung, Anak Agung Ngurah Bagus Mulawarman, I.N.G. Sastrawan dan Bagus Raditya</i>	
Kajian dan penerapan teknologi atomisasi ultrasonik dalam proses pemurnian air laut skala kecil	31-35
<i>I Dewa Gede Agustriputra, Putu Wijaya Sunu, I Made Sugina, I Wayan Temaja, Nyoman Sugiarta, Made Ery Arsana dan Sudirman</i>	
Kajian pendahuluan potensi energi surya untuk mengerakkan freezer display cabinet	36-39
<i>I Dewa Made Cipta Santosa, I Gede Nyoman Suta Waisnawa, I Gusti Agung Bagus Wirajati</i>	



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Performance analysis of retrofit R410a refrigerant with R32 refrigerant on a split air conditioner

I Nengah Ardita^{1*}, I Gusti Agung Bagus Wirajati¹, I Dewa Made Susila² and Sudirman¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364 Indonesia

²Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364 Indonesia

*Email: nengahardita@pnb.ac.id

Abstract

Split air conditioning (AC) is the most widely used in the community for both commercial and domestic utilities. At the present refrigerant which used in Split AC is mostly common group of HFCs, such as R410a. R410a is a zeotropic refrigerant and if there is a leak in the system, it cannot be added this refrigerant. This will increase the cost of maintenance. The aims of this research is to investigate the retrofit of R410a with R32 on the Split AC system. The R32 is chosen because it has higher latent evaporation heat at the same temperature and has less effect on global warming. The refrigeration effect, the power consumption and the system performance are the main three quantities that want to be examined in this research which are observed before and after retrofit. Experimental investigation conducted during this research, including design and manufacture of experimental equipment, calibration and tools installment, collecting the experimental data and analysis by quantitative description method before and after retrofit. The results informed that cooling effect increased during the research, but the COP system has a slight decrease about 4%. R32 refrigerant is quite feasible as a retrofit refrigerant to R410a refrigerant.

Keywords: Retrofit, refrigeration effect and COP

Publisher @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Introduction

Refrigerants that used in split ac are very varied, for example old model that use R22 refrigerant and new model that use R410a, R32, R290 refrigerant. Every models have same purpose to have more efficiency system and eco-friendly. For system R410a refrigerant use mixture of two refrigerants, they are R32 and R125. This refrigerant mixture has zeotropic character which is the mixture cannot produce a new substance, but character of each substance are still in mixture. R410 refrigerant is classified as eco-friendly refrigerant, although it still has a fairly global warming effect [1,2].

The AC system with R410 refrigerant has some obstacles in charging proses to the system. For example, it is not justified to add refrigerant if half of refrigerant systems are leak out because there is a change in composition and so its characteristics also change. To fill the system, the remaining refrigerant in the system must be removed or completely discharged and then refilled again. So it makes the cost will be more expensive if the system is carried out maintenance and repairs.

In this problem, some technicians asked "Can R32 refrigerant replace R410a refrigerant without doing a

change in system?". To answer that question, it is deemed necessary to test so that it can be known the effect of refrigerant replacement (retrofit) from R410a to R32 refrigerant. As it is known that R32 refrigerant is eco-friendlier and it is cheaper than R410a refrigerant for this reason, this research will investigate retrofit of R410a refrigerant with R32 refrigerant in split AC.

Based on simulation result comparison of potential refrigerant as retrofit refrigerant by using CoolPack program, it was found that R32 refrigerant has potential as a retrofit refrigerant in system that use R410a refrigerant, because R32 refrigerant has greater performance almost equal working pressure condition and it is eco-friendlier [1,3]. Hadya [4] has also done performance comparison simulation for 3 refrigerants in AC system. The result was R32 refrigerant has greater performance than R410a refrigerant at various evaporator temperatures. So does the compressor energy consumption for R32 refrigerant is less than R410a refrigerant. Performance evaluation on the heat pump and chiller systems using R410a refrigerant and R32 refrigerant has also been carried out [5,6]. It was reported that both experimentally and in simulation results, the performance for R32 refrigerant was greater than R410a

refrigerant, but discharge the temperatures for R32 refrigerant was higher.

The applications of three refrigerants which are R22, R410a and R32 refrigerant in AC systems has also investigated [7,8,9,10,2]. The result was performance and energy efficiency ratio for R32 refrigerant was the biggest than the others. From the result of several investigations carried out both theoretically and experimentally it can be said that R32 refrigerant was very suitable as a refrigerant replacement(retrofit) of R410a refrigerant

2. Methods and Materials

This research was carried out in stages, which included: preparation, study of literature, design of experimental equipment, retrieval of experimental data, data processing and analysis of test results. The research equipment uses a series such as AC Split which is placed on a stand (buffer frame) with a capacity of 1460 Watt made by Daikin Industries LTD. Sketch the arrangement of the test equipment as shown in Figure 1

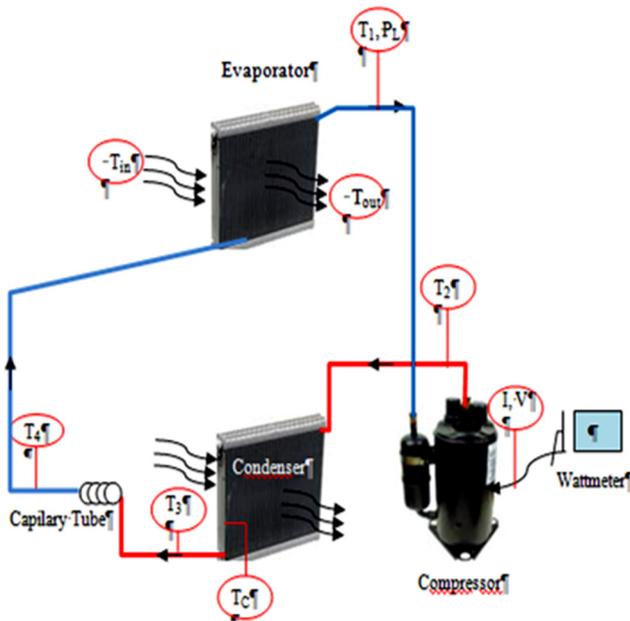


Figure 1. Sketch of the experimental design and position of the instrument equipment

Compressor power consumption measuring device uses a digital AC clamp power meter (Kyoritsu, with 1.5% accuracy). Evaporator output refrigerant pressure is measured with a bourdon tube type pressure gauge according to the refrigerant used with a precision level of 5 psi. Pressure drop on the condenser and evaporator in this study was ignored because the influence on the final result was not significant. Refrigerant temperature, and evaporator air circulation at predetermined measurement points are measured using a K type thermocouple. Test data are recorded every minute after the system is in a steady state.

Eqs. (1) - (4) are used to calculate the desired parameter. Equation (1) is used to calculate the compressor power consumption. The mass flow rate is calculated using Eq. (2). The cooling capacity is calculated using equation (3), while for system performance is calculated using Eqs. (4) [11,12].

$$W_p = V.I.Cos\phi \tag{1}$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_1 - h_3} \tag{2}$$

$$Q_r = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \tag{3}$$

$$COP = \frac{Q_r}{W_k} \tag{4}$$

In the equations above, subscripts (1), (2), (3) and (4) are used to express the output condition of the evaporator, compressor, condenser and capillary pipe output respectively.

3. Results and Discussion

The test was carried out in stages using R410a refrigerant and R32 refrigerant. The first test was carried out using R410a refrigerant. The second test was carried out using R32 at various working pressures including; (130, 140, 150, 160, 170, 180 and 190) psi. Testing for each condition was carried out at the same time on different days. Data was recorded after the steady state system, which was estimated after 10 minutes the system operates. Testing data was recorded every 5 minutes with 5 data per test. The test data obtained as an example as shown in Table 1.

Table 1. Data and Data Processing Results

Parameter	R410a	R32- P140	R32- P150	R32- P160	R32- P170	R32- P180	R32- P190
Compressor output refrigerant temperature (T ₂) (°C)	60,8	88,0	87,0	83,0	81,0	78,6	45,0
Condenser output refrigerant temperature (T ₃) (°C)	32,0	32,0	32,0	34,0	35,0	34,0	31,1
Evaporator output refrigerant temperature (T ₁) (°C)	17,0	24,0	24,0	22,0	20,6	20,3	18,0
Condensation temperature (T _c) (°C)	41,3	42,2	42,9	42,0	40,0	40,5	41,0
Evaporator pressure (psig)	170	140	150	160	170	180	190
Evaporator entering air temperature (°C)	28,4	29,0	28,9	28,6	28,8	28,1	28,7
Evaporator exiting air temperature (°C)	19,6	23,1	22,9	22,5	21,6	19,7	19,7
Compressor electric current (A)	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Electric voltage (Volt)	220	220	220	220	220	220	220
Superheat degree (K)	1,5	15,3	12,2	9,2	5,9	3,7	-0,4
Refrigeration effect (ER) (kJ/kg)	175	276	172	165	159	158	
COP	6,73	6,25	5,97	6,02	6,33	6,57	

R32-P140,... R32 refrigerant at 140 psig working pressure

Based on the data that has been obtained, then flipped into the P-h diagram with the help of the Mollier-Chart program will get an enthalpy magnitude at each measurement position which is then used to calculate; refrigeration effect, cooling capacity and system coefficient of performance (COP). Calculations are made for both types of refrigerant used. One of the results of plotting data with R410a refrigerant can be seen in Figure-2, and the results of the calculation of the effects of refrigeration and COP as shown in Table 1.

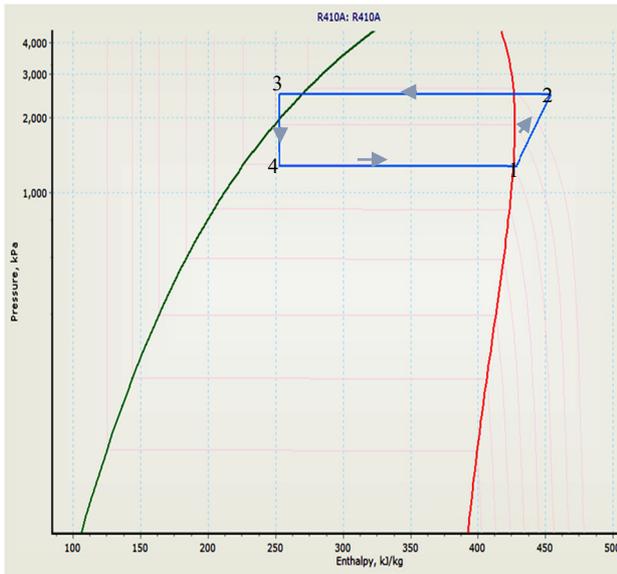


Figure 2. P-h diagram of system with R410a

In the retrofit process of an AC system using R410a refrigerant to R32 refrigerant without changing the system, it was found that the pressure limit for filling with R32 ranged from 165 ÷ 180 psig as shown in Figure 3. This charging takes into account the magnitude of the refrigerant superheat in the system which ranges between 3 ÷ 8 °C

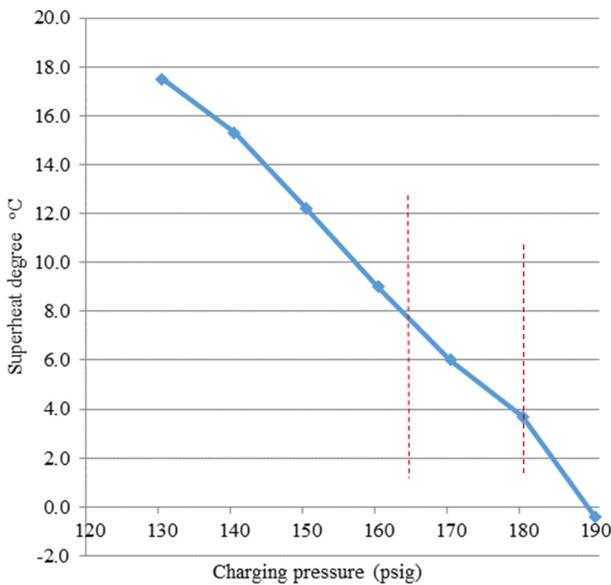


Figure 3. R32 superheat degree at various charging pressure

Based on the results of data processing carried out for both types of refrigerant used, it was found that R32 refrigerant instead of R410a had a greater refrigeration effect than R410a as shown in Figure-4. R32 refrigerant charging in the range of 165 ÷ 180 psig provides a nearly same refrigeration effect of 260 kJ/kg.

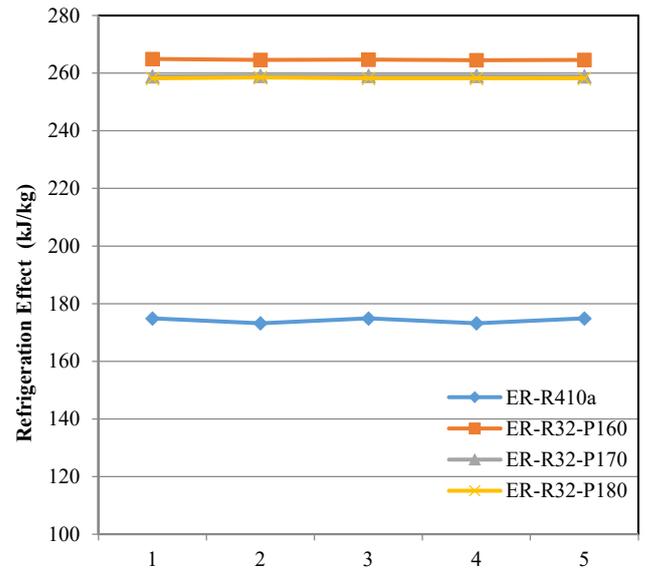


Figure 4. Refrigerant Effects of R410a and R32 Refrigerants

Figure 5 shows that the coefficient of performance (COP) of the system using R32 refrigerant is indeed slightly smaller than the system using R410a refrigerant of around 4%. Then the R32 refrigerant is quite feasible as a R410a refrigerant retrofit. Besides that, R32 refrigerant is more environmentally friendly and is a single refrigerant making it easier to add refrigerant to the system.

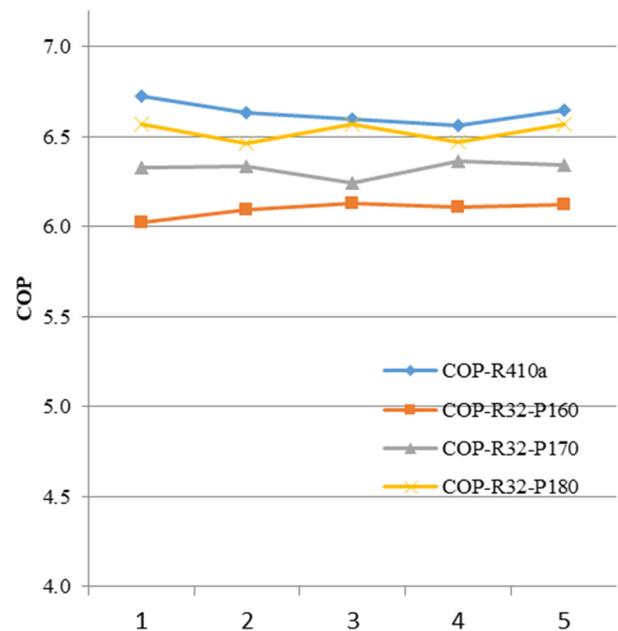


Figure 5. COP system with R410a and R32 refrigerants

Based on observations of the data, that the temperature of the cold air that exits the evaporator after being retrofitted with R32, occurs slightly higher when the charging pressures are 160 and 170 psig. But at a charging pressure of R32 of 180 psig, the evaporator outlet air temperature is the same as shown in Figure 6.

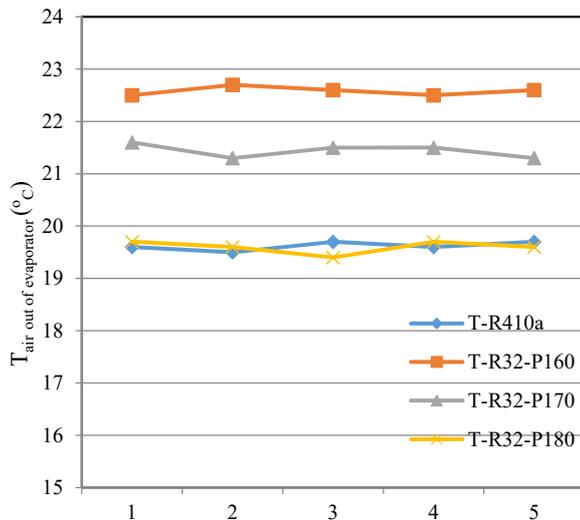


Figure 6. Temperature of air out evaporator

4. Conclusion

From the results of this study and the analysis that has been carried out it can be concluded that in the same system, R32 refrigerant is suitable as a retrofit refrigerant against R410a refrigerant with a greater refrigeration effect although there is a slight decrease in COP of around 4%. Besides that, R32 refrigerant is more environmentally friendly. The charging pressure for R32 refrigerant instead of R410a refrigerant is in the range of 170 - 180 psig. Evaporator outlet air temperature is slightly higher when using R32 refrigerant compared to using R410a refrigerant

Acknowledgments

The authors would like to thank the government of the Republic of Indonesia, especially the Bali State Polytechnic who has funded this research. The author also thanks the head of P3M PNB who has helped facilitate the writing, implementation and reporting of the research.

Nomenclature

AC	Air conditioning	P	pressure, psi
COP	Coefficient of performance	Wp	Horse power of compressor, watt
HFC	Hydro fluoro-carbon	\dot{m}	Mass flow rate, kg/s
R	Refrigerant	Qr	Heat rejection, watt
T	Temperature, °C	h	Specific enthalpy, kJ/kg
V	Voltage, Volt	Cosφ	Power factor
A	Current, Ampere	ER	Refrigeration effect, kJ/kg

References

- [1] B. Hadya, P. Ushasri, "Simulation of Air Conditioning Compressor with Different Refrigerants and to Retrofit in Existing (HCFCs-22) Air Conditioning Systems", International Journal of Thermal Technologies, 4, 2014.
- [2] T.D.J. Prabha, V. Rambabu, "Experiment Investigation on the Performance of Air Conditioning Using R32 Refrigerant", IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 12, 2015, pp.139-144
- [3] R. Prapainop, K.Q. Suen, "Simulation of Potential refrigerants for Retrofit replacement", ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 7, 2012, pp. 1146-1151.
- [4] B. Hadya, "Simulation of Air Conditioning System Components and Comparison of Performance for Three Different Refrigerants", International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences (IJREAS), 6, 2016.
- [5] B. Bella, N. Kaemmer, R. Brignoli, C. Zilio, "Energy Efficiency of a Chiller Using R410A or R32", International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, 2014, paper 1453.
- [6] S. Taira, T. Haikawa, "Evaluation of Performance of Heat Pump System Using R32 and HFO Mixed Refrigerant", International Refrigeration and Air Conditioning Conference, 2014, paper 1451.
- [7] B. Hadya, A.M.K. Prasad, S. Akella, "Performance Assessment of HFC Group Refrigerants in Window Air Conditioning System", International Journal of Mechanical Engineering and Applications (IJMEA), 3, 2015, pp.81-85.
- [8] H. Pham, R. Rajendran, "R32 And HFOs Low-GWP Refrigerants For Air Conditioning", International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, 2012.
- [9] W. Guo, G. Ji, H. Zhan, D. Wang, "R32 Compressor for Air Conditioning and Refrigeration Applications in China. International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, 2012, paper 2098.
- [10] V. Joashi, S. Prajapatir and S.B. Bhatt, "Experimental Performance of Air Conditioner Using Refrigerant R410a as Alternative for R22", International Journal of Advance Research in Engineering Science & Technology (IJAREST), 2, 2015, pp 2394-2444.
- [11] C.P. Arora, "Refrigeration And Air Conditioning", 2nd edition. Singapore: McGraw-Hill, 2001.
- [12] S. Moran, "Fundamental of Engineering Thermodynamic", 5th edition. New York. John Wiley & Sons, Inc., 2004.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Pengaruh sudut kemiringan dan arah penempatan terhadap daya keluaran pada modul panel surya

I Gusti Agung Bagus Wirajati^{1*}, I Made Agus Kusuma Natha²

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364 Indonesia

²Program D3 Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364 Indonesia

*Email: igabwirajati@pnb.ac.id

Abstrak

Energi surya adalah sumber energi yang bisa disebut sangat berlimpah-ruah keadaannya, bersih, bebas dari *polusi*, dan tidak akan habis sepanjang masa. Panel surya merupakan suatu alat yang mampu mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai maksimum dari sudut kemiringan 0°, 15°, 30°, 45° dan untuk mengetahui nilai maksimum pada penempatan dengan arah mata angin utara, selatan, timur, dan barat. Penelitian ini menggunakan metode pengujian langsung pada sebuah perangkat modul sistem panel surya jenis polikristal 100 Wp, solar charge controller model SC-30DD, baterai 12V/100A, inverter 220V/1000W. Pengujian dilakukan pada hari yang berbeda dengan variasi sudut kemiringan panel surya dan arah mata angin. Adapun parameter yang diamati meliputi intensitas radiasi matahari, temperatur modul fotovoltaik, temperatur lingkungan, kelembaban relatif udara, tegangan dan arus keluar panel surya, arus beban AC dan arus beban DC terhadap waktu. Nilai daya maksimum keluaran yang didapatkan berdasarkan sudut kemiringan dengan kombinasi arah mata angin adalah sebesar 30° arah Utara. Sedangkan sudut kemiringan 15° merupakan sudut yang memberikan nilai daya paling besar.

Kata kunci: Sistem panel surya, sudut kemiringan photovoltaik, arah mata angin

Abstract: Solar energy is a source of energy that can be called very abundant, clean, free from pollution, and will not run out all the time. Solar panels are equipment capable of converting solar energy into electrical energy. The purpose of this study was to find out the maximum value of the inclination angle of 0°, 15°, 30°, 45° and to find out the maximum value on placement with the direction of the north, south, east, and west. This study used direct testing method on a solar panel system module device type polycrystalline 100 Wp, solar charge controller model SC-30DD, battery 12V/100A, Inverter 220V/1000W. This test was conducted on different days with a combination of the angle of inclination of the solar panels and the solar panel direction. The parameters observed include solar radiation intensity, photovoltaic module temperature, environmental temperature, relative humidity of air, voltage and current out from solar panels, AC and DC current against time. The maximum output power value obtained based on the angle of inclination with the combination of solar panel direction is 30° northwards. While a tilt angle of 15° is the angle that provides the greatest power value.

Keywords: Solar panel system, inclination angle, panel direction

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Indonesia, salah satu negara di kawasan Asia, tepatnya di Asia Tenggara yang dikenal sebagai negara tropis, tentunya memiliki tingkat paparan sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun. Namun pemanfaatan eksposurnya masih belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Banyak negara tropis lainnya juga menghadapi masalah seperti ini [1-3]. Pengumpulan data yang baik melalui eksperimen diperlukan untuk dapat menganalisis kegunaan energi matahari yang dilepaskan oleh fotovoltaik. Dalam beberapa tahun terakhir, telah terjadi penurunan biaya untuk pembangkit listrik dengan teknologi fotovoltaik karena penurunan efisiensi modul fotovoltaik yang signifikan. Hal

inilah yang menjadi salah satu pertimbangan dalam pemanfaatan fotovoltaik sebagai sumber energi alternatif pada gedung. Metode dan sistem penyimpanan energi yang baik juga perlu diperhatikan agar dapat membantu kebutuhan energi gedung. [4-5]. Sistem PV yang merupakan bagian dari energi baru dan terbarukan sudah sering dibahas mulai dari tingkat teknis pelaksanaannya hingga nilai ekonomisnya bahkan sampai ke tingkat kelembagaan. Sistem PV sangat memungkinkan untuk diaplikasikan pada jaringan listrik rumah tangga sehingga hasil yang didapat dari daya keluaran PV dapat lebih maksimal. Permasalahan pada sistem kendali pada gedung, kondisi cuaca, desain modul dan penyimpanan energi yang dihasilkan oleh PV

juga telah mendapat perhatian dari banyak peneliti yang bergerak di bidang PV. Sehingga kolaborasi penelitian yang berkelanjutan tetap dilakukan dan dikembangkan [6-9]. Modul fotovoltaik dapat menghasilkan listrik dan panas secara bersamaan sehingga tergolong teknologi yang menarik untuk digunakan pada gedung [10 -13]. Pemasangan modul PV dipengaruhi oleh azimuth dan shading yang pada dasarnya merupakan parameter desain untuk mendapatkan hasil yang maksimal [14-18].

Berdasarkan hal tersebut, kami mencoba melakukan percobaan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang kami miliki. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan 0°, 15°, 30° dan 45° serta pengaruh sudut kemiringan yang dikombinasikan dengan penempatan arah mata angin terhadap daya keluaran maksimum fotovoltaik. Hasilnya, daya keluaran photovoltaic 43,4 watt dihasilkan pada sudut kemiringan 15°. Dari kombinasi sudut kemiringan dan arah didapatkan sudut kemiringan 30° dan sisi Utara memberikan daya keluaran terbaik.

2. Metode dan Bahan

Penelitian dilakukan pada sistem panel surya dengan kapasitas 100 Wp yang berjumlah 3 buah panel surya tipe polycrystalline dengan sistem solar home system (SHS), dimana sistem ini dapat diterapkan pada rumah tinggal untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada peralatan rumah tangga. Data tegangan dan arus dari output panel surya merupakan karakteristik yang akan diuji untuk mencari nilai optimal dari sudut kemiringan dan arah mata angin yang dihasilkan.

Lokasi dalam pengambilan data penelitian ini dilakukan di kampus Politeknik Negeri Bali pada bulan Maret - Agustus 2020.

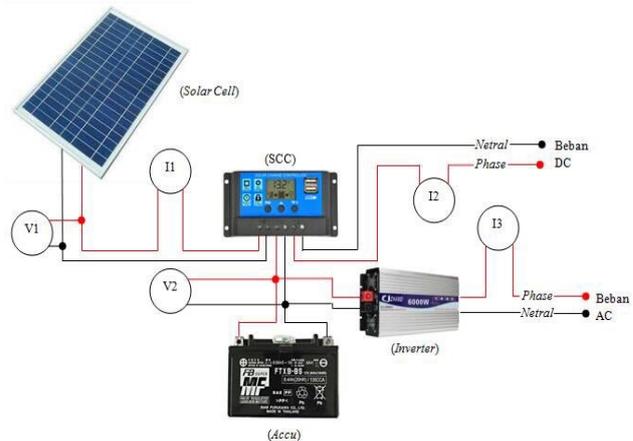
Alat ukur yang akan digunakan untuk pengambilan data adalah: stopwatch, multi meter, tang ampere, hygrometer, thermo couple, solar power meter dan busur derajat. Sedangkan titik-titik pengukurannya seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

Pada penelitian ini, data diperoleh dilakukan dengan pengujian langsung pada sistem panel surya, yang diambil setelah sistem bekerja dengan normal. Data pertama yakni sudut 0° dengan mencakup semua arah mata angin dilakukan selama 8 jam dimulai dari jam 8 pagi sampai pada pukul 4 sore waktu setempat. Di hari selanjutnya sudut di setiap panel berbeda, dengan arah mata angin yang sama selama 8 jam dan di hari seterusnya hanya mengubah arah mata angin tapi dengan sudut yang sama dengan hari sebelumnya. Pengambilan data diusahakan sebisa mungkin pada saat cuaca tidak terlalu mendung dalam satu harinya.

Adapun langkah-langkah pengambilan datanya mengikuti standar operasional prosedur (SOP) yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Mempersiapkan sistem panel surya dan meletakkannya di tempat yang terkena sinar matahari secara langsung.
- Langkah berikutnya posisikan panel surya menghadap arah utara di hari ke 1
- Selanjutnya memposisikan 3 modul panel surya dengan sudut kemiringan 0° (secara horizontal).

- Melakukan pengukuran pada $V_1, I_1, I_2, I_3, T_p, T_a, RH, I_s$ dan diamati setiap kurun waktu 30 menit sekali mulai pukul 08.30 - 16.00.
- Mencatat hasil pengambilan data $V_1, I_1, I_2, I_3, T_p, T_a, RH, I_s$
- Selanjutnya pada hari ke 2 posisikan panel surya menghadap arah Timur
- Ulangi langkah 3, 4, 5, dengan kemiringan sudut yang sama yaitu 0°
- Selanjutnya pada hari ke 3 posisikan panel surya menghadap arah Selatan
- Ulangi kembali langkah 3, 4, 5, dengan kemiringan sudut yang sama yaitu 0°
- Pada hari ke 4 posisikan panel surya menghadap arah Barat
- Ulangi kembali langkah 3, 4, 5, dengan kemiringan sudut yang sama yaitu 0° dan pengujian tersebut dicatat pada tabel.



Keterangan :

- V_1 = Tegangan keluar panel surya (V)
- V_2 = Tegangan masuk accu (V)
- I_1 = Arus keluar panel surya (A)
- I_2 = Arus masuk beban DC (A)
- I_3 = Arus masuk beban AC (A)
- T_p = Temperatur permukaan suhu panel surya (°C)
- T_a = Temperature lingkungan (°C)
- RH = Kelembaban relatif udara (%)
- I_s = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

Gambar 1. Skema titik pengambilan data pengujian

Untuk pengujian di minggu selanjutnya lakukan kembali langkah-langkah seperti sebelumnya namun pada pengujian

selanjutnya mengubah sudut kemiringan menjadi 15° , 30° , dan 45° .

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dengan sudut kemiringan dan penempatan arah panel surya maka selanjutnya akan diflot kedalam grafik hubungan antara tegangan dan arus dari output panel surya terhadap waktu.

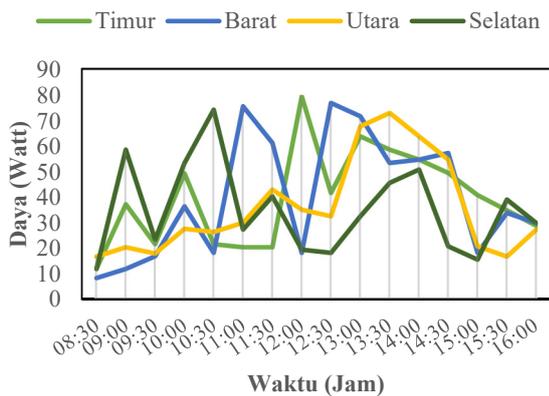
3.1. Pembangkitan Daya dan Arah Mata Angin

Gambar 2 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan 0° pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan.

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.
- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 12:00 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin timur dengan nilai daya 79,3 Watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array 0° dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 79,3 Watt pada posisi arah mata angin timur.



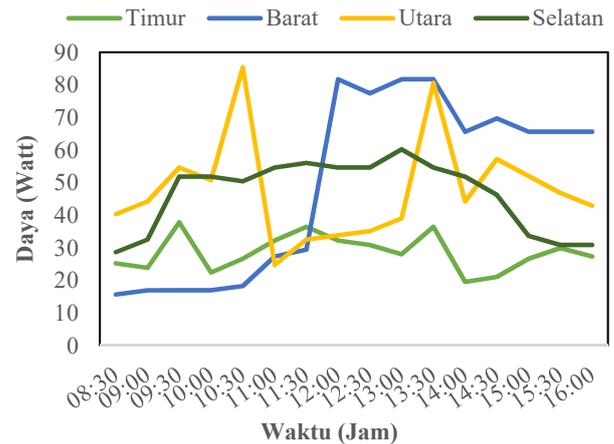
Gambar 2. Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi 0°

Pada Gambar 3 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan 15° pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan.

Dari Gambar 3 dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.
- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 10:30 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin Utara dengan nilai daya 85,4 Watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array 15° dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 85,4 Watt pada posisi arah mata angin Utara.

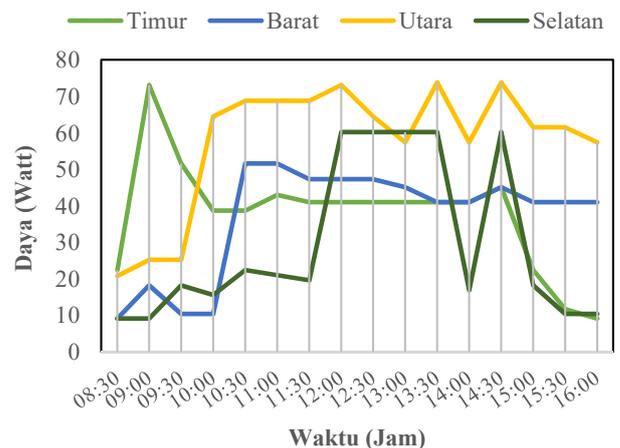


Gambar 3. Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi 15°

Berikutnya pada Gambar 4 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan 30° pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan. Dari grafik dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.
- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 10:30 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin Utara dengan nilai daya 85,4 Watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array 30° dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 85,4 Watt pada posisi arah mata angin Utara.



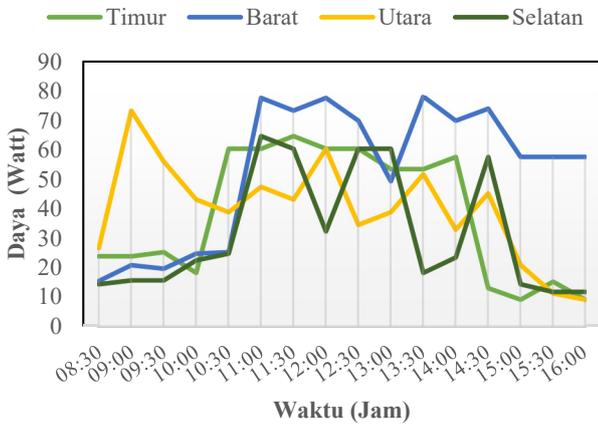
Gambar 4. Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi 30°

Sedangkan pada Gambar 5 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan 45° pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan. Dari grafik dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.

- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 13:30 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin Barat dengan nilai tegangan 77,9 watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array 45° dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 77,89 Watt pada posisi arah mata angin Barat.



Gambar 5. Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi 45°

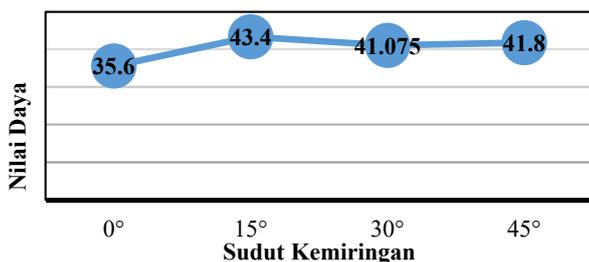
3.2. Pembangkitan Daya pada Sistem Panel Surya

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh data-data untuk mengetahui energi output hasil tertinggi dari sistem panel surya dengan sudut 15° sebagai hasil tertinggi di antara sudut lain nya dapat di simpulkan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Tabel keluaran daya keseluruhan panel surya

Sudut	Timur (watt)	Barat (watt)	Utara (watt)	Selatan (watt)	Rata-rata (watt)
0°	39.7	40	30.2	32.5	35.6
15°	28.8	49	48.5	47.3	43.4
30°	38.3	41.4	55.1	29.5	41.075
45°	38.4	52.7	42.5	33.6	41.8

Pada Gambar 6 adalah penjabaran dalam bentuk grafik dari tabel1 dan menerangkan tentang hubungan antara nilai daya (Watt) yang dihasilkn dari sistem panel surya dengan kombinasi sudut kemiringan 0°, 15°, 30° dan 45°. Nilai tersebut dihasilkan dengan mengkali tegangan dan arus terbesar pada setiap masing-masing sudut kemiringan.



Gambar 6. Grafik daya maksimum pada semua sudut

Dari penjelasan di atas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa sudut kemiringan 15° dalam menghasilkan daya tertinggi yaitu dengan nilai sebesar 43,4 Watt.

3.3. Efisiensi yang dihasilkan

Perhitungan efisiensi meliputi hasil dari rata-rata pengujian sistem photo voltaic dengan sudut 15° dengan data tambahan yang didapat dari hasil pengujian antara lain:

- a) Intensitas Matahari : 740 W/m²
- b) Daya total rata-rata pengujian sistem pv : 43.4 watt
- c) Luas panel surya : 0.72 m²
- d) Kapasitas panel surya : 100 Wp

Dengan memasukan nilai-nilai tersebut diatas ke dalam rumusan:

$$\frac{V.I}{A} = \frac{43.4}{0.72} = 60.277 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Intensitas Output Panel}}{\text{Intensitas Matahari}}$$

$$= \frac{60.277}{740} = 0,0815$$

$$\text{Efisiensi} = 0,0815 \times 100\% = 8,15 \%$$

Maka efisiensi yang dihasilkan sebesar 8,15%.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian sistem panel surya kapasitas 100 Wp dapat disimpulkan: (1) Nilai maksimal daya keluaran PV berdasarkan sudut kemiringan dengan kombinasi arah mata angin sebesar 30° arah Utara. Sudut Kemiringan 15° merupakan sudut yang membutuhkan nilai maksimal keluaran daya PV; (2) Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan maka didapatkan daya tertinggi pada sudut kemiringan dengan mengkalikan tegangan dan arus terbesar pada setiap arah mata angin pada sudut 15° adalah sebesar 43.4 watt. Hasil ini digunakan untuk menentukan efisiensi sistem panel surya yang mendapatkan hasil sebesar 0,8257% untuk efisiensi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin-Politeknik Negeri Bali atas kontribusinya. Juga Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) untuk semua dukungan administrasi serta mahasiswa yang terlibat langsung dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

[1] B.L. Williams, J.D. Major, L. Bowen, L. Phillips, G. Zoppi, I. Forbes, and K. Durose, "Challenges and prospects for developing CdS/CdTe substrate solar cells on Mo foils", Solar Energy Materials & Solar Cells, 124, 2014, pp. 31–38.

[2] E. Erdil, M. Ilkan, F. Egelioglu, "An experimental study on energy generation with a photovoltaic (PV)– solar thermal hybrid system", Energy, 33, 2008, pp. 1241–1245.

[3] J.O Oni and B.O Bolaji, "Development of a universal DC power supply using solar photovoltaic, utility and battery power sources", Journal of Energy in Southern Africa, 22, 2011, pp. 12-17.

- [4] S. Wendlandt and F. Popescu “Photovoltaic Energy Yield Prediction Using An Irradiance Forecast Model Based On Machine Learning For Decentralized Energy Systems”, 36th EU PVSEC France, September 2019.
- [5] P.D. Lund, “Data for global power demand and solar PV output matching”, Data in Brief, 19, 2018, pp. 1694–1715.
- [6] P.M.Congedo, C.Baglivo, D.D'Agostino, I.Zaca, “Cost-optimal design for nearly zero energy office buildings located in warm climates”, Energy, 91, 2015, pp. 967-982.
- [7] Y. Lu, S. Wang , K. Shan, “Design optimization and optimal control of grid-connected and standalone nearly/net zero energy buildings”, *Applied Energy*, 155, 2015, pp. 463–477.
- [8] F.R. Martins, R. Ruther, E.B. Pereira, S.L. Abreu, “Solar energy scenarios in Brazil. Part two: Photovoltaics applications”, Energy Policy, 36, 2008, pp. 2865– 2877.
- [9] L. Kwok, Shum, C. Watanabe, “An innovation management approach for renewable energy deployment—the case of solar photovoltaic (PV) technology”, Energy Policy, 37, 2009, pp. 3535–3544.
- [10] J.M. Pearce, “Expanding photovoltaic penetration with residential distributed generation from hybrid solar photovoltaic and combined heat and power systems”, Energy, 34, 2009, pp. 1947–1954.
- [11] C. Good, I. Andresen, A. G. Hestnes, “Solar energy for net zero energy buildings – A comparison between solar thermal, PV and photovoltaic–thermal (PV/T) systems”, Solar Energy, 122, 2015, pp. 986–996.
- [12] C.S.Jardim, R.Ruther, I.T.Salamoni, T.S.Viana, S.H.Rebechi, P.J.Knob, “The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil”, Energy and Buildings, 40, 2008, pp. 365–370.
- [13] R. Ruther, P. J. Knob, C. D. S. Jardim, S. H. Rebechi, “Potential of building integrated photovoltaic solar energy generators in assisting daytime peaking feeders in urban areas in Brazil”, Energy Conversion and Management, 49, 2008, pp. 1074–1079.
- [14] J.H. Yoon, J. Song, and S.J. Lee, “Practical application of building integrated photovoltaic (BIPV) system using transparent amorphous silicon thin-film PV module”, Solar Energy, 85, 2011, pp. 723–733.
- [15] P. Braun, and R. R  ther, “The role of grid-connected, building-integrated photovoltaic generation in commercial building energy and power loads in a warm and sunny climate”, Energy Conversion and Management, 51, 2010, pp. 2457–2466.
- [16] S. Yoon, S. Tak, J. Kim, Y. Jun, K. Kang, J. Park, “Application of transparent dye-sensitized solar cells to building integrated photovoltaic systems”, Building and Environment, 46, 2011, pp.1899-1904.
- [17] S.Yoon, S.Tak, J.Kim, Y.Jun, K.Kang, J. Park, “Application of transparent dye-sensitized solar cells to building integrated photovoltaic systems”, Building and Environment, 46, 2011, pp. 1899-1904.
- [18] H.A. Zondag, “Flat-plate PV-thermal collectors and systems. A review”, Renew *Sustain Energy Rev*; 4, 2008, pp. 891–959.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Analisis kelayakan penataan Tukad Badung sebagai sarana pariwisata dari aspek lingkungan dan hidrologi

Made Sudiarsa^{1*} dan I Ketut Sutapa¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364, Indonesia

*Email: sudiarsa@pnb.ac.id

Abstrak

Kota Denpasar sebagai ibukota Denpasar dan Propinsi Bali tidak terlepas dari permasalahan yang kompleks. Berbagai masalah lingkungan hidup yang terjadi seperti pencemaran sungai, sampah dan banjir pada beberapa saluran drainase, potensial menyebabkan menurunnya mutu lingkungan. Salah satu fenomena di Kota Denpasar adalah penataan Tukad Badung menjadi sarana wisata pendukung program *city tour*. Posisi penataan sungai ini sangat strategis berada di tengah-tengah kota. Ketakutan masyarakat adalah mubazirnya penataan karena berkurangnya fungsi dari sungai yaitu banjir dan menurunkan kualitas lingkungan yang ada. Permasalahan tersebut menjadi dasar dalam mengkaji apakah penataan tukad Badung dengan fungsi yang ada didalamnya sudah memenuhi kaedah aspek hidrologi dan lingkungan. Kelayakan penataan Tukad Badung dari aspek hidrologi menggunakan analisis hidrograph satuan Nakayasu dalam menentukan banjir rancangan. Aspek lingkungan mengidentifikasi dampak yang terjadi dan pemantauan serta pengelolaan lingkungannya sedangkan pemilihan alternatif menggunakan metode *zero-one*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penataan Tukad Badung layak dilaksanakan untuk debit banjir rancangan Q25 dan untuk mendukung pelaksanaan penataan yang berwawasan lingkungan dan meminimalkan dampak negatif yang timbul, maka perlu dilakukan Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL). Sedangkan alternatif material konstruksi terbaik untuk penataan sungai/tukad Badung adalah menggunakan *precast L shape K 300* dengan kriteria kapasitas, *green construction*, biaya dan metode pelaksanaan.

Kata kunci: Penataan sungai, hidrologi, lingkungan, zeroone

Abstract: Denpasar City has complex problems. Inhabitants diversity also reflects the settlement condition in Denpasar City. Trade development and residential centers in urban areas should be accompanied by the provision of adequate drainage channels and other supporting means. Various environmental problems that occur in Denpasar such as river pollution, garbage, and flooding in some drainage channels, potentially causing the decrease of environmental quality. One of the phenomenon in Denpasar City is the arrangement of Tukad Badung. People fear the program will cause flood and degrade the environment quality. These problems become the basis in assessing whether the arrangement of Tukad Badung already fulfill the hydrological and environmental aspect. The feasibility of Tukad Badung structuring from the hydrological aspect use the Nakayasu unit hydrograph analysis in determining the river flood design. While the environmental aspect will identify the environmental impacts, controller and environment management. And the alternative selection uses Zero-one method. The result showed that Tukad badung Arrangement is important to be done for design flood discharge Q25. To minimize the negative effect, Effort on Environment Management and Controller should be done. The best alternative material construction is Precast L shape K300 with capacity criteria, greenconstruction, cost and implementation method.

Keywords: River arrangement, hydrology, environment, zero-one

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu tujuan wisata terkemuka di dunia, Kota Denpasar memerlukan adanya dukungan berbagai sarana dan prasarana yang memadai, seperti: jaringan jalan, sistem transportasi, penyediaan air bersih, sistem sanitasi, pengelolaan sampah dan jaringan drainase. Oleh karena itu hal-hal yang berkaitan dengan layanan publik dan masalah lingkungan hidup perlu mendapatkan perhatian lebih serius. Harus disadari bahwa pembangunan kepariwisataan pada

masa yang akan datang, dapat tumbuh dan berkembang bila dikelola dengan konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Berbagai masalah lingkungan hidup yang terjadi di Kota Denpasar seperti kemacetan lalu-lintas, permasalahan kependudukan, pencemaran sungai, permasalahan sampah, dan masalah banjir pada beberapa saluran drainase, potensial menyebabkan menurunnya mutu lingkungan. Di samping masalah sosial budaya seperti: kepedulian dan partisipasi

masyarakat terhadap lingkungan masih kurang dan masyarakat masih membuang sampah ke sungai/saluran, masalah banjir dan sampah pada saluran drainase menimbulkan pemandangan dan kesan lingkungan yang kotor. Kenyataan tersebut sangat kontradiktif dengan visi pembangunan Kota Denpasar yaitu terwujudnya Denpasar yang bersih, sehat, rindang, dan indah menuju pembangunan Kota Denpasar yang berwawasan budaya [1].

Demikian juga akibat dari aktifitas kehidupan masyarakat dan kurangnya kesadaran dimana masih membuang sampah ke sungai menyebabkan terjadinya sedimentasi di alur sungai/tukad Badung. Kondisi ini akan mengakibatkan terjadinya bencana banjir pada saat musim hujan karena debit air sudah tidak dapat ditampung lagi oleh badan sungai dan banyaknya sampah yang menghambat lajunya air. Di samping itu meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan pembangunan yang kurang memperhatikan keseimbangan dan daya dukung lingkungan menyebabkan kualitas lingkungan hidup sungai semakin menurun akibat pencemaran dan kerusakan lingkungan [1].

Kota Denpasar sedang menapak menuju kota metropolitan, maka fasilitas rekreasi untuk warga dan wisatawan perlu disediakan. Fasilitas ini di samping untuk warga masyarakat kota sendiri, diharapkan dapat juga menjadi suatu kawasan wisata yang dilengkapi dengan objek-objek wisata budaya di dalamnya. Apalagi di tengah upaya menjadikan Denpasar sebagai kota berwawasan budaya dengan program wisata dalam kota (*City Tour*). Pencanangan Program *City Tour* di Denpasar telah menetapkan Tukad Badung sebagai salah satu objek wisata di samping objek-objek lain [2].

Penataan kawasan tepi Tukad Badung baik yang sudah maupun yang akan dilaksanakan, diharapkan tidak menghilangkan fungsi utamanya, namun dapat menciptakan ruang yang kondusif sebagai kawasan permukiman, pengembangan wisata dan tentu juga sebagai kawasan pemberdayaan masyarakat. Bertitik tolak dari hal tersebut di atas, diperlukan untuk melaksanakan kajian dari aspek lingkungan dan Analisa Hidrologi terhadap penataan Tukad Badung. Di samping itu mencari alternatif konstruksi yang paling sesuai dengan kondisi lokasi penataan.

Paper ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan penataan tukad Badung sebagai penunjang program *city tour* dari aspek lingkungan dan hidrologis serta memilih alternatif material konstruksi terbaik untuk penataan sungai/tukad Badung.

2. Metode dan Bahan

2.1. Rancangan Penelitian

Penataan kawasan tepi Tukad Badung baik yang sudah maupun yang akan dilaksanakan sebagai pendukung program *city tour*, diharapkan tidak menghilangkan fungsi utamanya dari sungai, namun dapat menciptakan ruang yang kondusif sebagai kawasan permukiman, pengembangan wisata dan tentu juga sebagai kawasan pemberdayaan masyarakat. Bertitik tolak dari hal tersebut di atas, diperlukan untuk melaksanakan Kajian dari aspek lingkungan dan Analisa Hidrologi terhadap penataan Tukad Badung. disamping itu mencari alternatif konstruksi yang paling sesuai dengan kondisi lokasi penataan. Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian dilakukan pada ruas Tukad Badung dari batas jembatan Jalan Maruti sampai Jembatan jalan Pulau Roon
- b. Perhitungan debit banjir diperhitungkan dengan kala ulang 25 dan 50 tahun
- c. Dilanjutkan dengan analisa hidrologi dan lingkungan

2.2. Penentuan Sumber Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam pengumpulan data baik data primer maupun sekunder adalah : studi literatur dan studi lapangan yaitu studi yang dilakukan langsung kepada sumber-sumber yang terkait, survey langsung ke lapangan untuk memperoleh data tentang kondisi lapangan

2.3. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan obyek penelitian yaitu proyek penataan Tukad Badung
- b. Mengumpulkan data curah hujan dan gambar DED
- c. Melaksanakan survey lapangan untuk mengetahui kondisi eksisting dari alur tukad Badung, Inventarisasi Sistem Drainase Eksisting, kondisi lingkungan sekitarnya
- d. Analisis Hidrolika
- e. Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana
- f. Analisa Kelayakan Lingkungan
- g. Mengkaji dampak lingkungan yang terjadi terkait dengan pengelolaan lingkungan dan pemantauan lingkungan baik pada tahap pra konstruksi dan saat konstruksi
- h. Analisis Pemilihan Alternatif dengan *zero one* Pemilihan material yang tepat untuk digunakan dalam penataan sungai dengan kriteria 1) Kapasitas, 2) *Green Construction*, 3) Biaya, 4) Metode Pelaksanaan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Hidrologi

Alur Tukad Badung pada awalnya mempunyai fungsi sebagai saluran irigasi bagi beberapa subak yang ada di Denpasar di Bendung Badung dan daerah irigasi di Tukad Mati. Akibat perkembangan dari Kota Denpasar menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian yang sangat besar yang berpengaruh terhadap meningkatnya limpasan permukaan ke badan sungai Tukad Badung [4]. Demikian juga dengan perkembangan Kota Denpasar yang menuntut lahan yang sangat banyak menyebabkan harga tanah menjadi sangat tinggi termasuk tanah di sepanjang alur Tukad Badung. Terkait kondisi alur Tukad Badung beberapa data dan fakta yang ada di lapangan yaitu: Banyaknya bangunan pelengkap yang melintang sungai, kondisi alur sebagian besar telah berupa dinding sungai dengan pasangan batu yang banyak retak-retak, sempadan sungai yang terbatas, banyaknya sedimen dan tumpukan sampah. Rincian data tentang kondisi alur Tukad Badung disajikan pada Tabel 1.

Saat ini Pemerintah Kota Denpasar sudah melakukan penataan sungai/tukad Badung pada ruas Jembatan Tukad Badung sampai Jalan Gajah Mada dan akan dilanjutkan pada segmen-segmen yang lain pada ruas Tukad Badung. Penataan Tukad Badung dilakukan dengan pemasangan

dinding dengan lebar penataan 2-3 m kiri kanan alur sungai tinggi 0.8 m seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Kondisi alur Tukad Badung

Ruas	<i>P</i> (m)	Kondisi	<i>B</i> (m)	H tanggul (m)	Kondisi Alur
Jemb. Jl.P. Roon - Jembatan P. Biak	491.86	Pas. Batu	25.00	4.00	Sendimentasi dan Sampah
Jemb. P. Biak – Jem.Jl. P. Bukit Tunggal	490.31	Pas. Batu	23.00	3.00	Sendimentasi dan Sampah
Jemb. Jl. P. Bukit Tunggal- Jl. Gn Kerinci	547.24	Pas. Batu	27.00	3.00	Sendimentasi dan Sampah
Jemb. Jl. Gn Kerinci - Jemb. Jl. Hasanudin	318.65	Pas. Batu	20.00	3.00	Sendimentasi dan Sampah
Jemb. Jl. Hasanudin – Jemb. Pasar Badung	424.27	Pas. Batu	20.00	4.00	Sendimentasi dan Sampah
Jemb. Pasar Badung - Jl Kumbakarna	335.27	Pas Batu	22.00	3.00	Sendimentasi dan Sampah
Jl Kumbakarna - TrashTrack Jl. Sutomo	690.63	Pas. Batu	24.00	7.00	Sendimentasi dan Sampah
Trash Track Jl. Sutomo – Jemb. Jl. Maruti	362.35	Pas. Batu	16.00	6.00	Sendimentasi dan Sampah



Gambar 1. Sebelum dan sesudah Penataan Tukad Badung segmen Pasar Badung

Tukad Badung terletak di bagian tengah Kota Denpasar memiliki panjang 19,60 km dan luas DAS 52,497 Km² [2]. Stasiun hujan yang berpengaruh di wilayah studi yaitu Stasiun hujan Abiansemal, Sading, Kapal di bagian utara, Stasiun Sumerta di bagian tengah serta Stasiun Ngurah Rai di bagian hilir. Dari data Curah Hujan dihitung curah hujan rancangan periode ulang 10 tahun, 25 tahun. metode Log Pearson Type III [4].

Berdasarkan analisis curah hujan rencana dari data curah hujan harian maksimum dengan perhitungan Hidrograf Satuan Nakayasu dapat dihitung besarnya debit banjir rancangan dengan skala ulang 25, 50. Selanjutnya analisa kapasitas dilakukan untuk mengetahui besarnya kapasitas masing-masing ruas sungai. Hasil analisis ini kemudian disandingkan dengan debit rencana yang ada (debit banjir rancangan Q25). Dari analisis ini akan muncul daya tampung badan sungai yang ada. Analisa kapasitas Tukad Badung masing-masing segmen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas Tukad Badung per segmen kondisi eksisting

Segmen	<i>P_j</i> m	<i>B</i> m	<i>H</i> m	<i>A</i> m	<i>P</i> m	<i>R</i> m	<i>V</i> m/dt	<i>Q</i> m ³ /dt	<i>Q25</i> m ³ /dt	Ket
Jl.P. Roon – Jl. P. Biak	491.86	25	4	100	33	3.03	2.69	269.0	188.5	Aman
Jl. P. Biak – Jl. P. Bk.Tunggal	490.31	23	3	69	29	2.38	2.28	157.3	181.5	Tidak aman
Jl. P. B.Tunggal- Jl. Gn Kerinci	547.24	27	3	81	33	2.45	2.33	188.7	175.2	Aman
Jl. Gn Kerinci - Jl. Hasanudin	318.65	20	3	60	26	2.31	2.24	134.4	167.8	Tidak aman
Jl. Hasanudin – J. Pasar Badung	424.27	20	4	80	28	2.86	2.58	206.4	163.5	Aman
J. Ps Badung - Jl Kumbakarna	335.27	22	3	66	28	2.36	2.27	149.8	157.8	Tidak aman
Jl Kumbakarna – TT Jl. Sutomo	690.63	24	7	168	38	2.42	3.46	581.3	152.3	Aman
TT.Jl. Sutomo – Jl. Maruti	362.35	16	6	96	28	3.43	2.92	280.3	145.3	Aman

Tabel 3. Kapasitas Tukad Badung dengan penataan

Segmen	<i>P_j</i> m	<i>B</i> m	<i>H</i> m	<i>A'</i> m	<i>P</i> m	<i>R'</i> m	<i>V'</i> m/dt	<i>Q</i> m ³ /dt	<i>Q25</i> m ³ /dt	Ket
Jl.P. Roon – Jl. P. Biak	491.86	25	4	95	33	2.88	2.69	256.1	188.5	Aman
Jl. P. Biak – Jl. P. Bk.Tunggal	490.31	23	3	64	29	2.21	2.28	146.4	181.5	Tidak aman
Jl. P. B.Tunggal- Jl. Gn Kerinci	547.24	27	3	76	33	2.31	2.33	177.6	175.2	Aman
Jl. Gn Kerinci - Jl. Hasanudin	318.65	20	3	55	26	2.12	2.24	123.7	167.8	Tidak aman
Jl. Hasanudin – J. Pasar Badung	424.27	20	4	75	28	2.69	2.58	194.1	163.5	Aman
J. Ps Badung - Jl Kumbakarna	335.27	22	3	61	28	2.19	2.27	138.9	157.8	Tidak aman
Jl Kumbakarna – TT Jl. Sutomo	690.63	24	7	163	38	2.29	3.46	564.7	152.3	Aman
TT.Jl. Sutomo – Jl. Maruti	362.35	16	6	91	28	3.26	2.92	266.3	145.3	Aman

Dari Tabel 3 terlihat bahwa penataan Tukad Badung dari aspek Hidrologi masih layak atau tidak terlalu signifikan mengurangi kapasitas sungai yang ada untuk

Q25 dengan catatan Penataan Tukad Badung sebaiknya tidak dilaksanakan pada segmen: Jembatan P. Biak - Jembatan Jl. P. Bukit Tunggal, Jembatan Jl. Gn Kerinci -

Jembatan. Jl. Hasanudin dan Jembatan Pasar Badung - Jembatan Jl. Kumbakarna.

3.2. Analisis Kelayakan Lingkungan

Untuk lebih memantapkan pelaksanaan Penataan Tukad Badung yang berwawasan lingkungan dan dapat meminimalkan dampak negatif yang akan timbul, maka perlu dilakukan Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL) [13].

3.2.1. Upaya Perkiraan Dampak Terjadi

Metode pendekatan identifikasi dampak besar dan penting dilakukan dengan metode pendekatan matrik interaksi antara kegiatan dengan komponen lingkungan. Pendekatan matrik interaksi ini memadukan tahapan kegiatan pelaksanaan dari penataan Tukad Badung (tahap pra-konstruksi, konstruksi dan pasca konstruksi) dengan komponen lingkungan yang potensial menerima dampak (fisik-kimia, biologi dan sosekbudkesmas-transportasi) Secara lengkap metode ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks interaksi dampak penataan Tukad Badung

Komponen Lingkungan Hidup Komponen Kegiatan	Fisik-Kimia		Biologi	Sosekbudkesmas-Transportasi										
	1. Kualitas Udara	2. Kebisingan	3. Kualitas Air	4. Limpasan Permukaan (run off)	5. Gangguan Vegetasi	6. Gangguan Fauna Darat	7. Kesempatan Kerja	8. Kesempatan Usaha	9. Kepadatan/Gangguan Lalu	10. Gangguan lalu Lintas	11. Kecelakaan lalu Lintas	12. Keresahan Masyarakat	13. Persepsi dan Sikap Masy.	14. Gangguan dari Masyarakat
Tahap Pra Konstruksi														
Survey lapangan												√		√
Sosialisai Kegiatan													√	
Tahap Konstruksi														
Mobilisasi Tenaga Kerja							√					√		
Mobilisasi Material dan Alat	√	√							√					
Aktifitas Basecamp				√										
Pembersihan Lahan			√	√	√	√								
Pekerjaan Konstruksi	√	√	√						√	√	√			
Tahap Pasca Konstruksi														
Demobilisasi Tenaga Kerja							√					√		
Demobilisasi Material dan Alat														√
Opersionalisasi	√	√	√				√	√	√	√				

3.2.2. Upaya Pemantauan Lingkungan

a. Tahap Prakonstruksi

- Jenis dampak: Persepsi masyarakat yang beragam baik positif maupun negatif
- Sumber dampak: kegiatan publikasi dan sosialisasi dilakukan untuk memberikan informasi awal tentang adanya rencana penataan Tukad Badung.
- Upaya pemantauan lingkungan: menangkap persepsi masyarakat dan menumbuhkan persepsi yang bersifat positif

b. Tahap Konstruksi

- Jenis sumber dampak yang dipantau: pembuatan barak/bedeng dan tempat MCK bagi karyawan di lokasi proyek; *Land clearing*; mobilisasi peralatan dan material proyek; perilaku buruh atau tenaga kerja proyek tidak mendukung kebersihan dan keamanan lingkungan sehingga mengurangi estetika lingkungan sekitarnya; perekrutan tenaga kerja untuk bekerja di proyek,
- Parameter yang dipantau: kondisi barak/bedeng, timbunan sampah di lokasi proyek seperti sampah dari para pekerja proyek, sanitasi tempat MCK buruh proyek dan sisa-sisa material yang tidak

dipakai, Kualitas konsentrasi udara dan intensitas bising serta mobilisasi terhadap kendaraan keluar masuk lokasi proyek, Tingkat kriminalitas, seperti pencurian, keributan dan sebagainya yang dialami penduduk lokal, Jumlah tenaga kerja lokal yang terserap bekerja di proyek dan peluang berusaha yang dapat diambil oleh penduduk sekitarnya.

- Lokasi Pemantauan: Lokasi Proyek, Pemantauan kualitas udara dan kebisingan di lokasi kegiatan dan permukiman penduduk setempat
- Upaya Pemantauan Lingkungan : Melakukan pengukuran intensitas kebisingan dan kualitas udara sesuai dengan titik rona lingkungan, Melakukan observasi lapangan Melakukan wawancara mengenai adanya keresahan masyarakat

c. Tahap Pasca Konstruksi

- Jenis sumber dampak yang dipantau: Pemanfaatan penataan tukad, Perekrutan tenaga kerja, Pengelolaan tenaga kerja, peralatan kerja dan kesehatan karyawan.
- Parameter yang dipantau: Adanya kesempatan kerja dan peningkatan pendapatan masyarakat, kesehatan karyawan, kecelakaan kerja dan gangguan keselamatan pekerja.

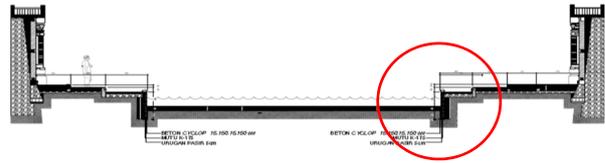
- Lokasi Pemantauan: pemantauan untuk kesempatan kerja; kesehatan karyawan; kecelakaan kerja dan gangguan keselamatan pekerja dipantau di kantor setempat; peningkatan pendapatan masyarakat dipantau melalui wawancara dengan masyarakat sekitar proyek.
- Upaya Pemantauan Lingkungan: bekerja sama dengan banjar atau desa adat setempat dalam keamanan lingkungan; pemantauan terhadap kondisi peralatan kerja serta pembuatan jadwal pergantian jam kerja; pemeriksaan kesehatan karyawan dan memberikan asuransi kecelakaan kerja serta meningkatkan kedisiplinan kerja.

3.3. Pemilihan Alternatif Konstruksi

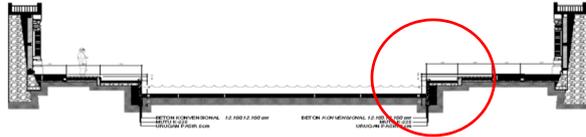
Pada tahap analisis ini, diitampilkan ide-ide mengenai alternatif untuk pekerjaan penataan Tukad Badung mulai dimunculkan sebagai pembanding desain eksisting yang sudah dibuat sebelumnya. Dengan dimunculkannya desain alternatif ini diharapkan akan membuat peluang desain baru yang bisa meminimalisir harga proyek. Alternatif dilakukan dengan melakukan perubahan jenis bahan yang nantinya diharapkan akan berpengaruh signifikan terhadap harga [6]. Pada pekerjaan penataan Tukad Badung dimunculkan empat alternatif, yaitu: Alternatif I menggunakan batu kali (*eksisting*) (Gambar 2), Alternatif II menggunakan beton konvensional K-225 (Gambar 3), Alternatif III menggunakan beton *cyloof* K-175 (Gambar 4) dan Alternatif IV menggunakan precast *L-Shape* K-300 (Gambar 5).



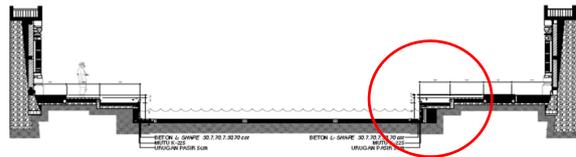
Gambar 2. Pasangan batu kali



Gambar 3. Pasangan beton konvensional



Gambar 4. Pasangan beton cycloof



Gambar 5. Pasangan Precast L-Shape

Analisis pemilihan alternatif konstruksi dilakukan penilaian terhadap masing-masing alternatif berdasarkan kriteria yang telah dibobotkan sebelumnya dengan menggunakan metode *zero-one* sehingga diperoleh nilai indeks masing-masing alternatif dengan kriteria Kapasitas penampang (A), *Green Construction* (B), Biaya (C), Metode Pelaksanaan (D).

Setelah diperoleh nilai indeks dan bobot sementara dari semua kriteria untuk alternatif yang dipakai, maka selanjutnya dilakukan pembobotan akhir dengan matrik evaluasi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penilaian eksisting dan alternatif yang muncul

Alternatif	Kriteria				Total (%)	Ket
	A	B	C	D		
Alternatif I (Eksisting) Batu Kali	0	0	1/2	0	10,00	Index Bobot
Alternatif II Beton Konvensional	1/6	1/6	1/6	1/6	23,33	Index Bobot
Alternatif III Beton <i>Cyloof</i>	1/3	1/3	1/3	1/3	26,67	Index Bobot
Alternatif IV <i>Precats L Shape</i>	1/2	1/2	0	1/2	40,00	Index Bobot
	20,00	15,00	0,00	5,00		

Dari Tabel 5 terlihat bahwa alternatif IV yaitu penggunaan *precast L shape* K 300 sebagai alternatif terbaik dengan keunggulan bobot tertinggi yaitu 40% berdasarkan kriteria kapasitas penampang, *green construction*, biaya, dan metode pelaksanaan

4. Kesimpulan

Dari hasil yang telah diperoleh dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Penataan Tukad Badung sebagai pendukung program *city tour* Kota Denpasar ditinjau dari aspek hidrologi layak untuk dilaksanakan untuk banjir rancangan Q25 yaitu pada segmen:
 - Jl. Pulau Misol - Jembatan Jl. P. Roon
 - Jembatan Jl.P. Roon - Jembatan P. Biak
 - Jembatan Jl. P. Bukit Tinggi- Jembatan Jl. Gn Kerinci
 - Jemb. Jl. Hasanudin - Jembatan Pasar Badung
 - Jemb. Jl Kumbakarna - TrashTrack Jl. Sutomo

- Trash Track Jl. Sutomo - Jembatan Jl. Maruti
- b. Penataan Tukad Badung sebagai pendukung program city tour Kota Denpasar, layak dari aspek lingkungan dengan meminimalkan dampak negatif yang akan timbul, dengan dilakukan Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL) baik pada pra konstruksi, saat konstruksi dan pasca konstruksi
- c. Alternatif material konstruksi terbaik untuk penataan sungai/tukad Badung adalah menggunakan *precast L shape* K 300

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Jurusan teknik Sipil Politeknik Negeri Bali yang membantu memfasilitasi penelitian, implementasi dan pelaporan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1]. Dewa Gede Putra, "Isu dan Permasalahan Permukiman di DAS Tukad Badung", Jurnal IPTEKS New Media, 2016, 7, 2-10
- [2]. Frysa Wiriantari, "Penataan Kawasan Tepi Tukad Badung dalam Upaya Pemberdayaan Masyarakat", Jurnal Anala, 2016
- [3]. Balai Wilayah Sungai Bali-Penida, Laporan akhir Studi UKL & UPL Pembangunan Sarana dan Prasarana Pengendalian Banjir Tukad Mendaum di Kabupaten Buleleng

- [4]. Bappeda Kota Denpasar "Masterplan Drainase Kota Denpasar dan Irigasi Kota Denpasar", 2009
- [5]. Hutabarat, "*Diktat Rekayasa Nilai (Value Engineering)*". Malang: Institut Teknologi Nasional, 1995.
- [6]. Soelaiman Lydiawati, "Pendekatan Value Engineering untuk Optimasi Proses Pemilihan Material", Journal of Industrial Engineering and Management Systems, 2008.
- [7]. Peraturan Daerah Kota Denpasar Nomor 27 Tahun 2011 mengenai Rencana Tata Ruang Kota Denpasar, 2011
- [8]. Peraturan Gubernur Bali No. 08 Tahun 2007, tentang Standar Baku Mutu Lingkungan dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup
- [9]. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 16 Th. 2012 tentang Pedoman Penyusunan Dokumen Lingkungan Hidup
- [10]. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Th. 2012 tentang Jenis Rencana Usaha Dan/Atau Kegiatan Yang Wajib Memiliki Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
- [11]. Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan.
- [12]. Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Udayana, "Laporan Penelitian Analisis Air Tukad Badung," 2015.
- [13]. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Pengaruh sistem pengapian pada mesin vespa 2 tak tahun 1981

I Nyoman Sutarna^{1*}, I Nengah Ludra Antara¹

¹ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung Bali, Indonesia
*Email: sutarnanyoman@yahoo.com

Abstrak

Mesin vespa 2 tak terdiri dari beberapa sistem yaitu, sistem pengapian, sistem bahan bakar, dan sistem pelumasan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh sistem pengapian pada mesin vespa 2tak. Penelitian dilakukan dengan eksperimen yaitu melakukan pengamatan langsung pada pengguna vespa 2 tak tahun 1981. Data yang diperoleh dari hasil kuesioner yang disebar, 90% menyatakan bahwa kerusakan yang sering terjadi adalah sistem pengapian, 10% sistem bahan bakar. Data yang diperoleh dianalisis dengan membandingkan data sebelum dioperasikan dengan setelah dioperasikan sejauh 1500 km. Hasil analisis menunjukkan sebelum dioperasikan celah platina 0,02 mm dan setelah celah platina 0,05 mm, ada perubahan celah platina sebesar 0,03. Induksi yang terjadi sangat kecil mengakibatkan suara mesin vespa tak stabil, tarikan awal berkurang, terjadinya knocking. Kesimpulannya adalah sistem pengapian berpengaruh pada mesin vespa 2tak. Disarankan pengguna vespa 2 tak yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional untuk rutin melakukan perawatan pada sistem pengapian, untuk mengurangi masalah saat berkendara.

Kata kunci: Mesin vespa 2 tak, tahun 1981, sistem pengapian

Abstract: Vespa is produced by Italian vehicle manufacturer. According to the steps there are two type of vespa such as 2 stroke and 4 stroke vespa. The ignition system consists of ignition coil, platinum, condenser, spark plug, and platinum coil. In this ignition system often occurs damage when traveling far. The purpose of this research is to know the effect of platinum on ignition system on vespa 2 stroke engine. The research was carried out by experiment, that was conducted direct observation to vespa 2 stroke users in 1981. The data were analyzed by comparison before operated and after being operated as far as 1500 km. The results of the analysis show that before operate the platinum gap was 0.03 mm and after operate the platinum gap was 0.05 mm, there was a change of platinum gap by 0.02. Very small induction results an unstable sound of the vespa machine, the initial pull is reduced, the occurrence of knocking. The conclusion is platinum influences the ignition system. It is recommended that vespa 2 users still use conventional ignition systems to routinely perform maintenance on platinum, reducing problems when driving.

Keywords: Vespa machine, year.1981, ignition system

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Otomotif menjadi hobi dari berbagai kalangan baik tua atau muda, tidak hanya kendaraan berteknologi canggih saja yang banyak disukai tetapi kendaraan tua yang memiliki banyak sekali penggemar. Vespa merupakan sepeda motor yang diproduksi oleh pabrikan kendaraan Italia. Menurut langkah/siklus kerja mesin vespa dibagi menjadi dua yaitu mesin vespa 2 tak dan mesin vespa 4 tak [1]. Pada mesin vespa ini di dalamnya terdapat beberapa sistem antara lain sistem pengapian, sistem pendingin, sistem pembuangan, sistem bahan bakar, sistem pelumas.

Sistem pengapian pada sepeda motor berfungsi untuk memberikan percikan bunga api listrik pada busi, bunga api listrik ini diperlukan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder untuk memulai langkah kerja mesin [2,3]. Pada vespa terdapat dua jenis sistem pengapian yang digunakan yaitu sistem pengapian

konvensional dan sistem pengapian CDI [4]. Sistem pengapian konvensional adalah sistem pengapian mesin bensin yang masih menggunakan platina untuk memutuskan dan menghubungkan arus primer koil, yang bertujuan untuk menghasilkan induksi tegangan tinggi pada kumparan sekunder [5]. Sedangkan sistem pengapian CDI merupakan sistem pengapian yang bekerja berdasarkan pembuangan muatan kapasitor. Segi bentuk body yang unik dan konstruksi mesin yang sederhana, vespalah yang banyak diminati oleh masyarakat.

Hasil studi pendahuluan terhadap 10 orang pengguna vespa 2 tak tahun 1981 pada saat perjalanan jauh sering terjadi kerusakan pada sistem mesin vespa, yaitu pada sistem pengapian. Mendukung permasalahan ini dengan menyebarkan kuesioner ke bengkel-bengkel khusus vespa untuk mengetahui kerusakan yang sering terjadi pada vespa 2 tak tahun 1981. Dari hasil kuesioner yang disebar, 90%

menyatakan bahwa kerusakan yang sering terjadi adalah sistem pengapian pada komponen platina, sedangkan 10 % menyatakan kerusakan pada sistem bahan bakar yaitu pada komponen filter bahan bakar. Ini berarti pada saat ini kerusakan yang sering terjadi pada mesin vespa 2 tak tahun 1981 adalah pada sistem pengapian di komponen platina.

2. Metode dan Bahan

2.1. Rancangan dan Sampel

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengujian langsung pada sistem pengapian mesin vespa 2 tak tahun 1981. Adapun tahapan yang dilakukan adalah mengukur langsung kondisi awal sistem pengapian seperti koil penyalaan, platina, kondensor, busi, dan kumparan platina. Setelah vespa digunakan sejauh 1500 km kemudian diukur kembali, data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data kondisi sistem pengapian sebelum dan setelah digunakan, untuk mengetahui kondisi sistem pengapian pada mesin vespa 2 tak tahun 1981.

Penentuan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan survey langsung kelapangan menemukan komunitas mengguna kendaraan tua yaitu vespa 2 tak tahun 1981 keluaran pabrik dari Negara Italia, dengan jumlah pengguna 10 orang.

2.2. Variabel

Variabel penelitian dapat dibedakan berdasarkan fungsinya atau peranannya dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1. Variabel bebas pada penelitian ini meliputi; platina, saringan bahan bakar, minyak pelumas.
2. Variabel tergantung pada penelitian ini meliputi; sistem pengapian.
3. Variabel kontrol pada penelitian ini meliputi; pengalaman pengendara sepeda motor, kondisi lingkungan, umur, jenis kelamin, dan kesehatan.

2.3. Bahan

Bahan penelitian yang di gunakan adalah satu unit mesin vespa 2 tak dengan spesifikasi standar mesin vespa 2 tak tahun 1981 yaitu :

- Make model : vespa p150s
- Engine : Two stroke single cylinder
- Capacity : 149cc
- Bore x stroke : 57,8 mm x 57mm
- Compression : 8,2:1
- Carburetor : Dell'orto SI 20/20 D
- Cooling : Air cooled, forced
- Fuel mixture : 1:50
- Ignition : contact breaker and coil
- Starting : kick start

2.4. Instrumen

Instrumen yang digunakan untuk membantu penelitian ini sebagai berikut:

- Kunci ring 14 mm, kunci socket 8-24 mm untuk membuka baut pengikat komponen pengapian
- Obeng +/- untuk membuka baut pengikat platina.
- Feeler gauge untuk mengukur celah pada platina.
- Kompresor udara menghasilkan udara bertekanan untuk membersihkan komponen pengapian.
- Multitester untuk mengecek keadaan koil penyalaan dan kumparan platina

- Trek jangkar 3 digunakan untuk membuka kipas pada mesin vespa

2.5. Prosedur

Pada penelitian ini ada beberapa langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Langkah persiapan
 - Menyiapkan vespa 2 tak tahun 1981.
 - Menyiapkan peralatan pendukung untuk penelitian.
 - Menyiapkan mahasiswa untuk membantu dalam pengambilan data.
2. Langkah pelaksanaan
 - Pengukuran pada Platina, adapun langkah pengukurannya adalah sebagai berikut: (a) melepas penutup kipas pada mesin, (b) memposisikan agar posisi tumit ebonit berada pada puncak tertinggi poros nok (cam) rotor seperti pada Gambar 1.
 - Pengukuran pada kondensor, adapun langkah pengukurannya adalah sebagai berikut: (a) melepas tutup kipas pada mesin, (b) membuka baut pengikat kipas setelah itu lepas kipas dari mesin.
 - Pengukuran pada kumparan platina, adapun langkah pengukurannya adalah sebagai berikut: (a) melepas tutup kipas pada mesin; (b) membuka baut pengikat kipas setelah itu lepas kipas dari mesin



Gambar 1. Pengukuran platina

3. Langkah pengambilan
Berdasarkan penyebaran kuesioner yang dilakukan pada pengguna vespa 2 tak tahun 1981, data yang didapat ditabelkan.

2.6. Analisa Data

Pengujian sebelum dioperasikan dan setelah dioperasikan, pada sistem pengapian, sistem bahan bakar, sistem pendinginan, dengan penyebaran kuesioner. Data yang diperoleh dianalisis dengan membandingkan kondisi awal sebelum dan setelah dioperasikan. Tujuannya untuk mengetahui apa pernyataan dari pengguna vespa, apakah sistem pengapian berpengaruh pada mesin vespa tahun 1981.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh dilakukan perbandingan antara hasil pengujian sebelum dan setelah dioperasikan ditabelkan, dapat diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sebelum dan setelah dioperasikan

No	Jenis Pengujian	Sebelum	Setelah
1	Celah Platina	0,03 (mm)	0,05 (mm)
2	Tahanan Kondensor	0,6 (Ω)	0,6 (Ω)
3	Tahanan Kumparan platina	1,4 (Ω)	1,4 (Ω)

Pada Tabel 1 dapat dilihat dalam pengujian sistem pengapian yaitu celah platina sebelum dioperasikan sebesar 0,03 mm, setelah dioperasikan sebesar 0,05 mm, ada perubahan sebesar 0,02 mm, berarti bagian platina mengalami kerusakan. Penyebab kerusakan karena pengikat platina aus atau longgar, terjadi perubahan celah platina membesar mengakibatkan induksi yang terjadi kecil, dan juga disebabkan keausan pada kontak lepas dan kontak tetap pada platina yang disebabkan pemakaian kapasitas kondensor yang tidak tepat.

Kondisi sistem pengapian sebelum diperbaiki setelah diperbaiki, berdasarkan kuesioner yang disebarkan kepada responden menyatakan bahwa pada sistem pengapian yang sering mengalami gangguan dibandingkan pada sistem bahan bakar dan sistem pendinginan. Adapun tingkatan kondisi pada vespa dapat diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil kuisisioner pada saat vespa sebelum diperbaiki pada pengapian

Nama	Kurang Baik	Baik	Sangat Baik	Keterangan
Agus	✓			Tarikan kurang pada awal start
Sukar mana	✓			Suara mesin pincang
Wisnu	✓			Kecepatan pada porseneling 1 ke 2 kurang
Junar	✓			Terjaninya knocking
Yasa	✓			Pada kecepatan 60km/jam tarikan menurun
Oka	✓			Suara mesin pincang
Darmana	✓			Mesin bergetar
Suardika	✓			Gaya mesin menurun
Yarna	✓			Tarikan kurang pada awal start
Wibisana	✓			Suara mesin pincang

Tabel 2 menunjukkan bahwa dari 10 orang responden saat vespa digunakan menyatakan sistem pengapian kurang baik hal ini disebabkan celah platina, kontak lepas, kontak tetap aus, karena penggunaan kondensor kurang tepat atau tidak sesuai dengan standar yang diijinkan.

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa dari 10 orang responden saat vespa digunakan menyatakan baik setelah dilakukan perbaikan pada sistem pengapian kondisi vespa menjadi normal kembali.

Sesuai hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3, bahwa sistem pengapian mempunyai pengaruh pada kondisi mesin vespa 2 tak tahun 1981 hal ini disebabkan pada platinanya mengalami keausan [2,6].

Tabel 3. Hasil kuisisioner pada saat vespa setelah diperbaiki pada pengapian

Nama	Kurang Baik	Baik	Sangat Baik	Keterangan
Agus			✓	Tarikan kurang pada awal start
Sukar mana			✓	Suara mesin pincang
Wisnu			✓	Kecepatan pada porseneling 1 ke 2 kurang
Junar			✓	Terjaninya knocking
Yasa			✓	Pada kecepatan 60km/jam tarikan menurun
Oka			✓	Suara mesin pincang
Darmana			✓	Mesin bergetar
Suardika			✓	Gaya mesin menurun
Yarna			✓	Tarikan kurang pada awal start
Wibisana			✓	Suara mesin pincang

4. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengukuran, pengujian, dan kuesioner yang dilakukan pada sistem pengapian vespa 2 tak tahun 1981. Data hasil pengukuran, pengujian dan kuisisioner pada sistem pengapian sering mengalami kerusakan. Penyebab kerusakannya adalah pengikat platina aus atau longgar, terjadi perubahan celah platina membesar 0,02 mm mengakibatkan induksi yang terjadi kecil, dan keausan pada kontak lepas dan kontak tetap pada platina yang disebabkan pemakaian kapasitas kondensor yang tidak tepat. Setelah dilakukan perbaikan mesin vespa menjadi normal kembali.

Sistem pengapian berpengaruh pada kondisi mesin vespa tahun 1981, dibandingkan dengan sistem bahan bakar dan sistem pendinginan. Disarankan kepada pengguna sepeda motor jenis vespa 2 tak yang masih menggunakan sistem pengapian konvensional untuk rutin melakukan perbaikan dan perawatan pada sistem pengapian untuk mengurangi masalah pada saat berkendara.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Kepala Ketua Penyunting beserta anggotanya, sehingga tulisan ini bisa diterbitkan.

Daftar Pustaka

- [1] W. Arismunandar, "Penggerak mula motor bakar torak", Bandung: penerbit ITB, 1983.
- [2] Haryono, "Uraian Praktis Mengenal Motor Bakar", Semarang : Aneka ilmu, 1997.
- [3] B. Hidayat, "Teknik Perawatan, Pemeliharaan dan Reparasi Sepeda Motor", Yogyakarta, 2003.
- [4] Daryanto, "Teknik Reparasi dan Perawatan Sepeda Moto", Jakarta: Bumi Aksara, 2005.
- [5] Boentarto, "Cara Pemeriksaan, Penyetelan dan Perawatan Sepeda Motor", Yogyakarta: ANDI, 2005.

- [6] Mursudi, "Teknisi Otodidak Sepeda Motor Bebek",
Yogyakarta : ANDI, 2013.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Penerapan sistem CHP dan sistem refrigerasi refrigeran natural: sebuah kajian literatur konservasi energi dan keselamatan lingkungan pada gedung supermarket

I Nyoman Suamir^{1*}, Ketut Bangse¹, I Wayan Adi Subagia², Achmad Wibolo¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364 Indonesia

²Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364 Indonesia

*Email: nyomansuamir@pnb.ac.id

Abstrak

Paper ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi penerapan sistem CHP (*Combined Heat and Power*) dan sistem refrigerasi refrigeran natural untuk konservasi energi dan keselamatan lingkungan pada aplikasi gedung supermarket berbasis kajian literatur. Berbagai informasi terkini dari sistem CHP dan sistem refrigerasi dengan teknologi refrigeran natural dikumpulkan dan dianalisis dari berbagai hasil-hasil penelitian yang sudah dipublikasikan. Kajian juga membandingkan hasil analisis berbagai teknologi CHP dan refrigerasi ramah lingkungan berbasis refrigeran natural. Ditemukan bahwa CHP adalah salah satu alternatif yang sangat potensial untuk meningkatkan secara optimal pemanfaatan energi di supermarket. Sistem CHP ditemukan dapat mencapai efisiensi keseluruhan hingga 85%. Salah satu cara untuk memastikan efisiensi konversi energi yang tinggi dari sistem CHP sepanjang tahun dapat dilakukan dengan menggunakan panas berlebih yang tersedia pada periode permintaan panas rendah untuk menjalankan sistem refrigerasi absorpsi yang dapat memberikan efek pendinginan. Sistem ini juga mampu mengurangi dampak lingkungan tak langsung dengan penggunaan energi yang lebih efisien. Solusi alternatif yang ditemukan dalam kajian ini untuk mengurangi emisi langsung dari kebocoran refrigeran sistem refrigerasi adalah dengan menggunakan refrigeran ramah lingkungan, seperti refrigeran HC, CO₂ dan ammonia. Juga ditemukan sistem refrigerasi CO₂ bertingkat dengan sistem refrigeran HC atau ammonia atau sistem absorpsi pada sistem tekanan tinggi merupakan solusi yang sangat menguntungkan dari aspek keselamatan lingkungan. Potensi keunggulan semakin meningkat ketika sistem refrigerasi absorpsi digerakkan menggunakan panas buang dari sebuah sistem CHP.

Kata kunci: Sistem CHP, refrigeran natural, sistem refrigerasi dan supermarket

Abstract: *This paper aims to evaluate the potential application of CHP (Combined Heat and Power) system and natural refrigeration system for energy conservation and environmental safety in supermarket building applications based on literature studies. The latest information from CHP system and refrigeration system with natural refrigerant technology is collected and analyzed from various research results that have been published. The study also compared the results of analysis of various CHP technologies and environmentally friendly refrigeration based on natural refrigerants. It was found that CHP is one of the very potential alternatives to optimally increase energy utilization in supermarkets. The CHP system was found to achieve overall efficiency of up to 85%. One way to ensure the high energy conversion efficiency of CHP systems throughout the year can be obtained by using the excess heat available in periods of low heat demand to run absorption refrigeration systems that can provide a cooling effect. The system is also able to reduce indirect environmental impacts with more efficient energy use. An alternative solution found in this study to reduce direct emissions from refrigerant leakage refrigeration systems is to use environmentally friendly refrigerants, such as HC refrigerants, CO₂ and ammonia. It is also found that a cascade CO₂ refrigeration system with HC or ammonia systems or absorption system in the high stage system is a very beneficial solution from the aspect of environmental safety. The potential advantage is increased when the absorption refrigeration system is driven by the exhaust heat of a CHP system.*

Keywords: *CHP system, natural refrigerant, refrigeration system and supermarket*

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Industri retail mengkonsumsi sejumlah besar energi dengan supermarket skala besar berkontribusi antara 3% dan 5% dari total konsumsi energi listrik [1]. Konsumsi listrik retail makanan bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya

tergantung pada ukuran dan format retail, peralatan yang digunakan, selubung bangunan, aktivitas penjualan, lingkungan internal, energi dan sistem kontrol yang diterapkan. Variasi konsumsi listrik per area penjualan bersih (juga dikenal sebagai intensitas listrik) dari berbagai

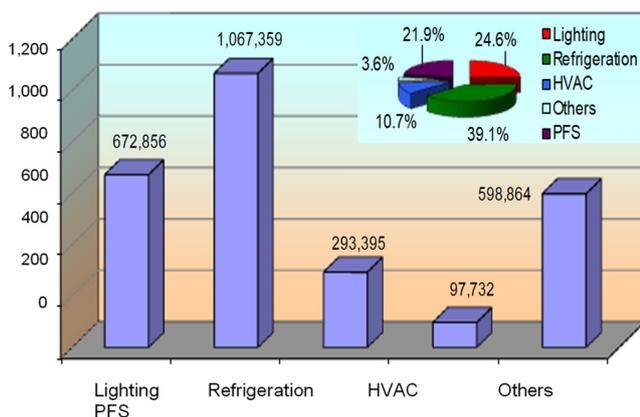
jenis retail ditunjukkan dalam Tabel 1. Dapat dilihat bahwa intensitas listrik supermarket dapat sangat bervariasi dari sekitar 500 kWh/m² di hypermarket hingga lebih dari 2900 kWh/m² di retail serba ada [2]. Intensitas listrik supermarket secara umum adalah sebesar 915 kWh/m² [3].

Segmentasi penggunaan listrik di supermarket juga bervariasi. Investigasi beberapa supermarket ukuran sedang ditemukan bahwa sistem refrigerasi mengkonsumsi sebagian besar listrik dalam kisaran antara 30% sampai dengan 60%. Pencahayaan berkontribusi antara 15% dan 30% dan peralatan ventilasi pemanas dan pendingin ruangan (HVAC) mengkonsumsi sekitar 10%. Persiapan makanan dan layanan (PFS) dan sisanya dikonsumsi oleh utilitas retail lainnya. Investigasi didasarkan pada data meter energi [4]. Rincian serupa tentang konsumsi listrik untuk supermarket juga dapat ditemukan di referensi [2] dan [5]. Rincian konsumsi listrik retail ukuran sedang secara tipikal ditunjukkan pada Gambar 1. Dapat diamati bahwa intensitas energi listrik menurun dengan meningkatnya luas lantai penjualan.

Tabel 1. Intensitas konsumsi listrik berbagai retail makanan [4]

Tipe retail	Jumlah retail	Luas lantai penjualan (m ²)	Intensitas energi listrik (kWh/m ²)	
			Rentang	Rata-rata
Retail kecil	640	80-280	2900-700	1540
Retail sedang	1360	280-1400	2600-500	1000
Supermarket	420	1400-5000	1500-500	920
Hypermarket	150	5000-10000	1180-500	770

Listrik untuk sistem refrigerasi di retail makanan biasanya didistribusikan melalui dua sirkuit distribusi terpisah. Satu sirkuit digunakan untuk menjalankan sistem refrigerasi yang mencakup kompresor, pompa, dan kondensor. Sirkuit kedua memasok display cabinet untuk lampu, kipas angin, kontrol, dan lain-lain di area penjualan. Jumlah konsumsi listrik oleh sistem refrigerasi di beberapa retail tipe F-50 ditunjukkan pada Gambar 2.

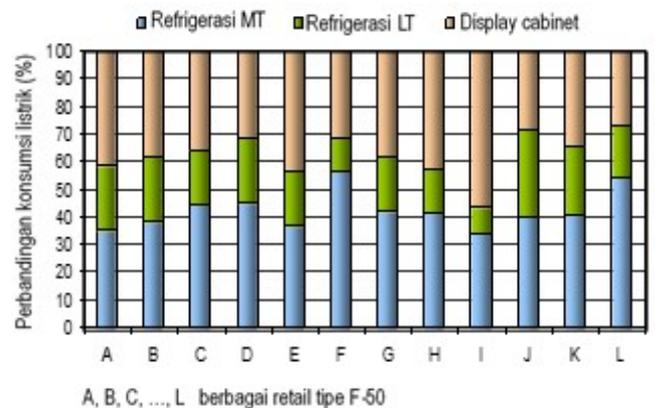


Gambar 1. Konsumsi listrik tahunan dari retail tipe F-50

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa listrik yang dipasok ke sistem temperatur sedang (MT), sistem temperatur rendah (LT) dan display cabinet dapat bervariasi dari satu retail ke retail lainnya dengan nilai rata-rata sekitar 42% untuk MT, 20% untuk LT dan 38% untuk display cabinet. Angka ini sedikit berbeda dari Lawrence dan

Gibson [6] di mana display cabinet dilaporkan mengkonsumsi 42%, sistem MT 35% dan sistem LT 23% dari total energi sistem refrigerasi. Jumlah konsumsi listrik yang digunakan oleh sistem refrigerasi tergantung pada jenis sistem yang digunakan, beban pendinginan, strategi kontrol yang digunakan dan temperatur sekitar. Konsumsi energi listrik display cabinet mencakup semua komponen listrik di kabinet seperti kipas angin, lampu, pemanas anti kondensasi dan pemanas defrost.

Supermarket juga membutuhkan pemanas ruang dan air panas domestik. Kebutuhan pemanasan ini biasanya dipenuhi dengan boiler berbahan bakar gas. Konsumsi gas bervariasi sepanjang tahun; tinggi di musim dingin dan sangat rendah di musim panas. Konsumsi gas tahunan retail F-50 dengan luas penjualan 4.700 m² sekitar 880 MWh, setara dengan 187 kWh/m² [4]. Berbagai konsumsi gas di berbagai jenis retail makanan dilaporkan oleh Tassou et al. [2]. Angka konsumsi dasar dilaporkan oleh CIBSE Guide F [3] adalah 200 kWh/m².



Gambar 2. Konsumsi listrik sistem refrigerasi dan display cabinet pada berbagai supermarket tipe F-50 [4]

Seperti yang dijelaskan di bagian sebelumnya retail makanan adalah salah satu sektor yang paling intensif energi dari rantai dingin untuk pangan. Supermarket, khususnya, memiliki dampak lingkungan yang signifikan karena emisi gas rumah kaca (GRK) tak langsung dari pembangkitan listrik [7]. Emisi CO₂ tidak langsung dari penggunaan energi bisa mencapai 4,01 MtCO_{2e} di mana 88% adalah emisi dari konsumsi energi listrik dan sisanya berasal dari emisi bersumber dari konsumsi gas alam [2].

Supermarket juga bertanggung jawab atas emisi gas rumah kaca langsung dari kebocoran refrigeran dengan potensi pemanasan global (*global warming potential/GWP*) yang tinggi [7]. Walravens et al. [8] melaporkan bahwa supermarket adalah sumber emisi HFC (hydro-fluoro carbon) terbesar di Inggris dengan sistem refrigerasi dan sistem AC bertanggung jawab atas emisi 2 MtCO_{2e} per tahun.

Evans [5] melaporkan kebocoran refrigeran dari supermarket berada di kisaran antara 18% dan 35% dari jumlah massa pengisian refrigeran per tahun. Dilaporkan juga bahwa kebocoran pendingin HFC dan HCFC dari supermarket Kanada berada di kisaran antara 10% dan 30% dari total massa pengisian per tahun [10]. *United Nations Environment Programme* (UNEP) melaporkan tingkat emisi tahunan supermarket dalam kisaran 15 hingga 30% dari total pengisian [11]. Selain emisi langsung, kebocoran pendingin juga dapat berdampak signifikan pada konsumsi

energi sistem pendingin, karena sistem refrigerasi yang beroperasi dalam kondisi kekurangan refrigeran dapat mengurangi sub-cooling kondensor dan meningkatkan superheat evaporator, yang menghasilkan kinerja sistem yang lebih rendah seperti yang dilaporkan oleh [9] dan [12].

2. Metode dan Bahan

Metode kajian literatur diterapkan dalam kajian ini. Berbagai informasi terkini dari sistem CHP dan sistem refrigerasi dengan teknologi refrigeran berbasis refrigeran natural diinvestigasi dari berbagai hasil-hasil penelitian yang sudah dipublikasikan. Kajian dari berbagai literatur juga dibandingkan untuk mendapatkan hasil analisis komparasi berbagai teknologi CHP dan refrigerasi ramah lingkungan berbasis refrigeran natural. Hasil-hasil kajian disajikan dalam bentuk grafik sehingga dapat mempermudah untuk melihat trend keunggulan teknologi CHP dan refrigerasi ramah lingkungan dengan sistem konvensional yang diaplikasikan untuk supermarket.

Dampak lingkungan dari kebocoran refrigeran dapat ditentukan melalui estimasi kebocoran berbagai sistem refrigerasi dan aplikasinya yang sudah dipublikasikan. Dampak lingkungan secara langsung dilaporkan tergantung pada jenis sistem refrigerasi, jumlah pengisian refrigeran dan jenis sambungan sistem pemipaan sistem refrigerasi. Angka umum yang digunakan untuk jumlah pengisian refrigeran yang sering disebut dengan nilai SRC (*specific refrigerant charge*) pada sistem refrigerasi disediakan dalam MTP [9]. Adapun jumlah massa pengisian refrigeran dan tingkat kebocoran refrigeran dari empat studi yang berbeda untuk berbagai jenis refrigeran dan sistem refrigerasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Jumlah massa pengisian refrigeran spesifik untuk berbagai aplikasi sistem refrigerasi [9]

Sektor/Jenis peralatan	Jumlah massa pengisian refrigeran spesifik (kg/kW)			
	HC	HFC/HCFC	R-717	R-744
Refrigerasi domestik	0,20 – 0,45	0,70 – 1,2	-	-
<i>Refrigerasi retail:</i>				
Sistem integral	0,25 – 0,60	0,60 – 1,5	-	0,30 – 0,75
Sistem split	-	0,40 – 0,70	-	0,20 – 0,35
Sistem sentral	0,15 – 0,35	2,0 – 5,0	0,09 – 0,21	1,0 – 2,5
<i>Sistem AC:</i>				
Sistem split	0,10 – 0,15	0,25 – 0,70	-	0,15 – 0,35
Chiller	0,13 – 0,15	0,27 – 0,35	0,04 – 0,25	-
Pompa kalor	0,08 – 0,11	0,19 – 0,53	-	0,10 – 0,25

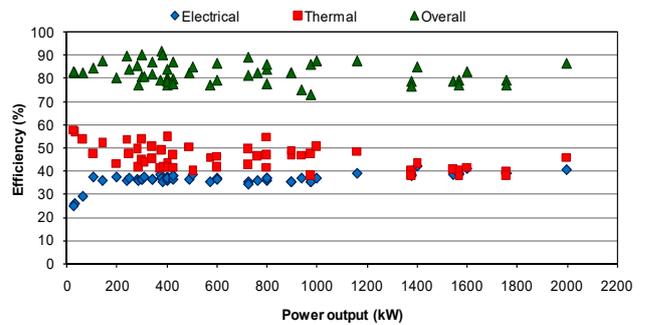
Tabel 3. Perkiraan tingkat kebocoran refrigeran tahunan dari hasil empat studi untuk berbagai aplikasi sistem refrigerasi [9]

Sektor/Jenis peralatan	Tingkat kebocoran tahunan (% massa pengisian)			
	Johnson (1998)	March (1999)	Haydock (2003)	ETSU (1997)
Refrigerasi domestik	1%	1%	0,3 - 0,7%	2,5%
<i>Refrigerasi retail:</i>				
Sistem integral	9 – 23%	1%	3 – 5%	2,5%
Sistem split		10 – 20%	8 – 15%	15%
Sistem sentral		10 – 25%	10 – 20%	8%
<i>Sistem AC:</i>				
Sistem split	12 – 20%	10 – 20%	8 – 12%	
Chiller	15 -22%	3 – 10%	3 – 5%	4%
Pompa kalor		3 – 10%	3 – 5%	4%

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem energi di sebuah supermarket umumnya terdiri dari sistem refrigerasi, sistem pemanas dan sistem AC dan pasokan listrik yang berasal dari suplai listrik nasional. Efisiensi sistem energi secara keseluruhan relatif rendah di bawah 55%, karena variasi musiman dalam permintaan dan efisiensi pembangkitan listrik yang relatif rendah di pembangkit listrik serta karena adanya kerugian distribusi di jaringan listrik [13].

Salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi di supermarket adalah melalui penerapan pembangkitan listrik lokal terintegrasi dengan pemanfaatan panas buang yang disebut *Combined Heat and Power* (CHP) yang juga dikenal sebagai *co-generation*. CHP adalah metode yang sangat efisien untuk secara bersamaan menghasilkan listrik dan panas pada atau dekat dengan pemakaian. Sehingga mengurangi rugi-rugi distribusi. Sistem CHP dapat mencapai efisiensi keseluruhan hingga 85% [14], yang secara signifikan lebih tinggi daripada produksi listrik dan panas yang terpisah. CHP dapat menawarkan pengurangan biaya energi dan dapat menggunakan berbagai bahan bakar, termasuk gas, minyak, biogas, bio-fuel, biomassa dan limbah.



Gambar 3. Efisiensi tipikal CHP dengan mesin berbahan bakar gas [15]

Efisiensi CHP bervariasi tergantung pada jenis sistem, bahan bakar, output daya listrik dan yang paling penting ketersediaan permintaan yang cukup untuk listrik yang dihasilkan dan energi termal. Gambar 3 menunjukkan variasi efisiensi pemanfaatan bahan bakar CHP berbasis bahan bakar gas untuk ukuran output daya yang berbeda dan pemanfaatan beban penuh 100%. Dapat dilihat bahwa efisiensi keseluruhan CHP dapat melebihi 70% dan kadang-kadang dapat mencapai 90%, hampir 50% lebih tinggi daripada efisiensi listrik yang dihasilkan dari jaringan listrik nasional.

Dalam aplikasi supermarket, permintaan listrik yang stabil dan energi termal tidak tersedia sepanjang tahun. Permintaan panas sangat bervariasi antara musim panas dan musim dingin. Efisiensi CHP, oleh karena itu, turun secara signifikan di musim panas yang juga mengurangi efisiensi musiman secara keseluruhan. Selama musim panas, pertimbangan dapat dilakukan untuk mengeksplor energi termal ke fasilitas tetangga, tetapi pendekatan ini menimbulkan kompleksitas dan biaya. Di mana tidak layak untuk mengeksplor panas, strategi mengikuti panas dapat diadopsi di mana output panas dimodulasi untuk mengikuti permintaan panas setempat. Strategi ini, bagaimanapun, menghasilkan fluktuasi pada pembangkit listrik yang mengakibatkan impor listrik dari Jaringan Nasional.

Strategi ini mengarah pada efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan pengoperasian beban penuh [16].

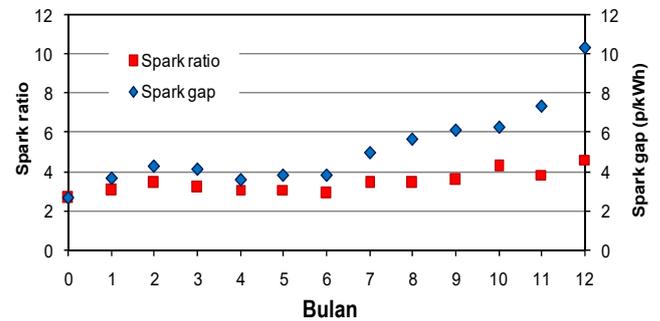
Untuk mencapai efisiensi tinggi, sistem CHP harus beroperasi pada beban maksimum untuk sebagian besar waktu dan membuat pemanfaatan maksimum dari daya listrik dan panas yang dihasilkan. Salah satu cara untuk memastikan efisiensi konversi energi yang tinggi dari sistem CHP dipertahankan sepanjang tahun adalah dengan menggunakan beberapa panas berlebih yang tersedia dalam periode permintaan panas rendah untuk menjalankan sistem refrigerasi absorpsi yang dapat memberikan efek pendinginan. Integrasi CHP dan sistem refrigerasi absorpsi atau teknologi lain untuk menyediakan daya listrik, pemanasan dan refrigerasi atau pendinginan udara secara bersamaan disebut trigenerasi [1]. Trigenerasi juga dikenal sebagai CCHP (Combined Cooling, Heating and Power) atau CHRP (Combined Heating, Refrigeration and Power) seperti pada Bassols et al. [17] dan Maidment and Prosser [18]. Istilah poligenerasi juga kadang-kadang digunakan untuk produksi gabungan dan simultan listrik, panas, dingin dan bentuk energi bermanfaat lainnya [19].

Sistem trigenerasi telah digunakan di sejumlah aplikasi termasuk bangunan komersial dan fasilitas industri. Sebagian besar dari sistem ini untuk aplikasi pendingin ruang, dan sebagian kecil untuk aplikasi pendinginan di industri pengolahan makanan yang membutuhkan temperatur di bawah 0 °C. Sejumlah penyelidikan terhadap penerapan trigenerasi di industri makanan telah dilaporkan dalam 10 tahun terakhir. Bassols et al. [17], menggambarkan contoh sistem amonia-air dalam industri makanan. Evaluasi teoritis trigenerasi untuk aplikasi supermarket telah menunjukkan bahwa sistem dapat menyediakan penghematan energi 20% dengan periode pengembalian yang menarik [20-22]. Tassou et al. [1] dan Sugiarta et al. [23] menunjukkan bahwa teknologi trigenerasi berbasis turbin gas mikro yang terintegrasi dengan sistem pendingin refrigerasi absorpsi air-amonia dapat memberikan manfaat ekonomi dan aspek lingkungan yang menjanjikan ketika digunakan dalam aplikasi supermarket. Para penulis menunjukkan bahwa periode pengembalian antara 3 dan 5 tahun dapat dicapai. Arteconi et al. [24] melaporkan bahwa sistem trigenerasi dalam aplikasi supermarket dapat menghasilkan penghematan energi primer sebesar 56% dengan periode pengembalian kurang dari 5 tahun.

Usia ekonomis suatu sistem trigenerasi untuk aplikasi supermarket sangat sensitif terhadap rasio harga listrik relatif terhadap harga gas yang juga dikenal sebagai spark ratio. Sistem trigenerasi berbahan bakar gas akan menarik secara ekonomi ketika spark ratio lebih besar dari 3,3 [1,16,23]. Kenaikan harga listrik dan bahan bakar dapat meningkatkan spark ratio dan spark gap antara listrik dan gas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Tren spark ratio yang baik dan spark gap bersama dengan meningkatnya kepedulian terhadap dampak lingkungan dari industri retail pangan telah meningkatkan minat dalam penerapan teknologi trigenerasi ke supermarket di berbagai negara di Eropa.

Seperti yang ditunjukkan sebelumnya dampak lingkungan utama dari sistem refrigerasi adalah dari penggunaan energi dan dari kebocoran refrigeran. Solusi alternatif untuk mengurangi emisi dari kebocoran refrigeran adalah dengan menggunakan refrigeran ramah lingkungan,

seperti refrigeran natural atau dengan refrigeran sekunder. Melinder dan Granryd [25] menunjukkan bahwa sistem refrigerasi tidak langsung dapat mengurangi jumlah pengisian refrigeran secara drastis hingga 5-15% dari sistem refrigerasi DX (*direct expansion*).



Gambar 4. Tipikal perbandingan harga listrik dan gas yang menjadi pertimbangan dalam penerapan CHP [26]

CO₂ adalah salah satu refrigeran alami yang telah mendapat perhatian cukup besar sejak 20 tahun terakhir. Penelitian dan pengembangan khususnya di Skandinavia, AS dan Jepang ditujukan untuk mengembangkan sistem refrigerasi CO₂ untuk berbagai aplikasi mulai dari pendingin komersial kecil dan sistem AC gedung hingga AC mobil dan sistem komersial dan industri yang lebih besar, termasuk supermarket. Sebagian besar pekerjaan pengembangan pada sistem CO₂ untuk supermarket telah berlangsung di Skandinavia dan Jerman. Namun minat yang signifikan dalam pendinginan CO₂ juga telah ditunjukkan di beberapa supermarket di Inggris, Australia, Kanada dan Amerika Latin.

Peningkatan minat aplikasi pada rantai supermarket untuk bergerak menuju teknologi refrigerasi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan termasuk refrigerasi CO₂. Pada tahun 2009 ada 46 retail di seluruh Inggris menggunakan teknologi berbasis CO₂, meningkat dari hanya 14 retail pada tahun 2008 [8]. Sebagian besar sistem awal beroperasi pada siklus sub-kritikal di mana CO₂ digunakan dalam sistem bertingkat dengan sistem refrigerasi konvensional yang beroperasi dengan refrigeran amonia, HC atau HFC. Sistem seperti ini mampu menjaga tekanan dalam sistem CO₂ relatif rendah, tetapi masih ada kelemahannya karena menggunakan refrigeran lain seperti HFC dengan implikasi dampak pemanasan global.

Cara lain untuk meningkatkan kinerja sistem refrigerasi CO₂ serta benar-benar menghindari penggunaan refrigeran HFC adalah dengan menggunakan sistem refrigerasi CO₂ bertingkat dengan sistem dengan refrigeran HC atau amonia pada sistem tekanan tingginya. Bellstedt [27] mengindikasikan bahwa sistem CO₂/NH₃ dapat mencapai penghematan energi tahunan hingga 35% dibandingkan sistem R-404A konvensional. Namun, sebagian besar retail di Eropa telah enggan menggunakan HC dan amonia di supermarket karena mudah terbakar dan toksisitasnya. Pilihan lain adalah menggunakan sistem refrigerasi CO₂ cascade dengan sistem absorpsi. Solusi ini sangat menguntungkan ketika sistem pendinginan absorpsi menggunakan panas buang atau terintegrasi dengan sistem CHP.

4. Kesimpulan

Kajian literatur potensi penerapan sistem CHP dan sistem refrigerasi refrigeran natural untuk konservasi energi dan keselamatan lingkungan pada aplikasi gedung supermarket sudah dilakukan. Ditemukan bahwa CHP adalah salah satu alternatif untuk meningkatkan secara optimal potensi pemanfaatan energi di supermarket. Sistem CHP ditemukan dapat mencapai efisiensi keseluruhan hingga 85%. Salah satu cara untuk memastikan efisiensi konversi energi yang tinggi dari sistem CHP sepanjang tahun dapat dilakukan dengan menggunakan panas berlebih yang tersedia pada periode permintaan panas rendah untuk menjalankan sistem refrigerasi absorpsi yang dapat memberikan efek pendinginan. Integrasi CHP dan sistem refrigerasi absorpsi untuk menyediakan daya listrik, pemanasan dan refrigerasi atau pendinginan udara secara bersamaan disebut sistem trigenerasi. Sistem ini juga mampu mengurangi dampak lingkungan tak langsung dengan penggunaan energi yang lebih efisien.

Adapun solusi alternatif yang ditemukan dalam kajian ini untuk mengurangi emisi langsung dari kebocoran refrigeran sistem refrigerasi adalah dengan menggunakan refrigeran ramah lingkungan, seperti refrigeran HC, CO₂ dan ammonia. Juga ditemukan sistem refrigerasi CO₂ bertingkat dengan sistem dengan refrigeran HC atau amonia atau sistem absorpsi pada sistem tekanan tinggi merupakan solusi yang sangat menguntungkan dari aspek keselamatan lingkungan. Potensi keunggulan semakin meningkat ketika sistem refrigerasi absorpsi menggunakan panas buang dari sebuah sistem CHP.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim publikasi Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) dan Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali atas bantuan dan dukungan administrasi dalam penyelesaian penelitian yang terkait dengan paper ini.

Daftar Pustaka

- [1] S.A. Tassou, I. Chaer, N. Sugiarta, Y.T. Ge, D. Marriott, "Application of trigeneration systems to the food retail industry", *Energy Conversion & Management* 48, 2007, pp. 2988-95.
- [2] S.A. Tassou, J.S. Lewis, Y.T. Ge, A. Hadawey, I. Chaer, "A review of emerging technologies for food refrigeration applications", *Appl. Therm. Eng.* 30, 2010, pp. 263-76.
- [3] CIBSE Guide F, "Energy efficiency in buildings", 2nd edition, London, The Chartered Institution of Building Services Engineers Publications, London, 2004, 261 pgs.
- [4] Tesco, 2009, tersedia di: http://tesco_energyict.com/tesco_webclient/.
- [5] J.A. Evans, "Frozen food science and technology", FRPERC University of Bristol, UK, Blackwell Publishing Ltd, 2008, 355 pgs.
- [6] J.M.W. Lawrence, and D. Gibson, "Energy use across supermarket refrigeration", Proc. 1st IIR International cold chain conference, Sustainability and the Cold Chain, Cambridge, 2010, paper no. 242, 12 pgs.
- [7] S.A. Tassou, Y.T. Ge, A. Hadawey, D. Marriott, "Energy consumption and conservation in food retailing", *Appl. Therm. Eng.* 31, 2011, pp. 147-56.
- [8] F. Walravens, J. Hailes, N. Cox, "ChillingFacts: The big supermarket refrigeration scandal", EIA, London, 2009, 8 pgs.
- [9] MTP, "BNCR36: Direct emission of refrigerant gases. Market Transformation Programme", 2008, tersedia di: <http://efficient-products.defra.gov.uk/cms/product-strategies/subsector/commercial-refrigeration>.
- [10] CanmetENERGY, "CO₂ as a refrigerant in a Sobeys Supermarket, a case study. Natural Resources Canada", 2009, 8 pgs, available from: <http://canmetenergy.nrcan.gc.ca>.
- [11] TOC, "Report of the refrigeration, air conditioning and heat pumps", UNEP, Nairobi, 2006, 223 pgs
- [12] D. Cowan, I. Chaer, G. Maidment, "Reducing refrigerant emissions and leakage – An overview and feedback from two EU projects", Proc. Sustainable Refrigeration and Heat Pump Conference, Stockholm, Sweden, 2010, 16 pgs.
- [13] S.A. Tassou, I.N. Suamir, "Trigeneration – a way to improve food industry sustainability", Proc. SEEP 2010 Conference, Bari, ITALY, 2010, 14 pgs.
- [14] CIBSE CHP Group, "Spark ignition gas engine CHP", 2005, tersedia di: www.cibse.org/chp.
- [15] Cogenco, "Cogenco cogeneration units 50 Hz range on natural gas", 2008, tersedia online di: <http://www.cogenco.com>
- [16] N. Sugiarta, I. Chaer, S.A. Tassou, D. Marriott, "Assessment of a micro-gas turbine based trigeneration system in a supermarket", Proc. The International Conference of Fluid and Thermal Energy Conversion, Jakarta, Indonesia, 2006, 12 pgs.
- [17] J. Bassols, B. Kuckelkorn, J. Langreck, R. Schneider, H. Veelken, "Trigeneration in the food industry", *Appl. Therm. Eng.* 22, 2002, pp. 595–602.
- [18] G.G. Maidment, G., Prosser, "The use of CHP and absorption cooling in cold storage", *Appl. Therm. Eng.* 20, 2000, pp. 1059–73.
- [19] PolySMART, "Polygeneration in Europe – a technical report", 2008, 200 pgs, tersedia di: <http://www.poly-generation.org/>.
- [20] G.G. Maidment, X. Zhao, S.B. Riffat, G. Prosser, "Application of combined heat and power and absorption cooling in a supermarket", *Applied Energy* 63, 1999, pp. 169-190.
- [21] G.G. Maidment, X. Zhao, S.B. Riffat, "Combined cooling and heating using a gas engine in a supermarket", *Applied Energy* 68, 2001, pp. 321–35.
- [22] G.G. Maidment, and R.M. Tozer, "Combined cooling heat and power in supermarkets", *Appl. Therm. Eng.* 22, 2002, pp. 653-65.
- [23] N. Sugiarta, S.A. Tassou, I. Chaer, D. Marriott, "Trigeneration in food retail: An energetic, economic and environmental evaluation for a supermarket application", *Appl. Therm. Eng.* 29, 2008, pp. 2624–32.
- [24] A. Arteconi, C. Brandoni, F. Polonara, "Distributed generation and trigeneration: Energy saving

opportunities in Italian supermarket sector”, *Appl. Therm. Eng.* 29, 2009, pp. 1735-43.

- [25] A. Melinder, and E. Granryd, “What to consider when using secondary fluids in indirect systems”, *Proc. Sustainable Refrigeration and Heat Pump Conference*, Stockholm, Sweden, 2010, 12 pgs.
- [26] M. Moorjani, “CHP in industrial and commercial sectors, a case study”, 2009, tersedia di: <http://chp.decc.gov.uk/cms/presentations-archive/>.
- [27] M. Bellstedt, “Carbon dioxide systems for supermarkets review”, *Green Cooling Council (GCC)*, 2008, 5 pgs, tersedia di: <http://www.r744.com>.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Rancang bangun mesin perontok padi bertenaga matahari yang ramah lingkungan

I Putu Gede Sopan Rahtika^{1*}, I Nyoman Gunung¹, Anak Agung Ngurah Bagus Mulawarman¹, I.N.G. Sastrawan² dan Bagus Raditya²

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364, Indonesia

²Program D3 Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364, Indonesia

*Email: sopan_rahtika@yahoo.com

Abstrak

Bali kaya akan potensi dan berbagai sumber daya alam yang dapat menunjang kehidupan masyarakat, salah satunya adalah padi yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan diolah menjadi beras sebagai bahan pokok nasi. Desa Jatiluwih, Kabupaten Tabanan merupakan salah satu daerah di Bali yang mempunyai potensi sektor pariwisata. Proses perontokan padi masih dilakukan secara manual menggunakan meja kayu atau dengan mesin perontok padi dengan motor bakar diesel. Proses kerja manual banyak membutuhkan tenaga dan waktu yang cukup lama dalam proses merontokkan padi, sehingga produktivitas menjadi rendah. Dipihak lain penggunaan mesin perontok padi bertenaga motor bakar diesel kurang ramah lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu upaya alternatif untuk memudahkan proses merontokkan padi yaitu dengan menggunakan mesin perontok padi dengan penggerak motor listrik dengan matahari sebagai sumber energi. Setelah dilakukan perhitungan, hasil perencanaan yang diperoleh, motor 200 watt dengan diameter poros 1 inchi dan bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding dengan diameter dalam 25 mm, gir 50 mata untuk di mata perontok dan 25 mata untuk di motor listrik dan rantai yang digunakan adalah tipe 428H dengan panjang 1000 mm. Dari hasil pengujian alat yang sudah dibuat diperoleh waktu rata-rata untuk merontokkan padi 14,642 detik.

Kata kunci: rancang bangun, mesin perontok padi, tenaga matahari

Abstract: Bali has a lot of potential in various natural resources that can support people's lives, one of which is rice that is widely used by the community and processed into rice as a main foodstuff. Jatiluwih Village, Tabanan Regency is one of the areas in Bali that has the potential of tourism sector. The process of rice thresher is still done manually using a wooden table or with a rice thresher machine with a diesel fuel motor. Manual work process requires a lot of manpower and a long time in the process of knocking out rice, so productivity becomes low. On the other hand, the use of rice thresher machine powered by diesel fuel engine is less environmentally friendly. To solve the problem, alternative efforts are needed to facilitate the process of harvesting rice by using a rice thresher machine with electric motor driven by solar energy source. After the calculation, the results obtained, a 200 watt motor with a shaft diameter of 1 inch and bearings used are rolling pads with a diameter in 25 mm, gears of 50 for the thresher device and gears of 25 for the electric motor and chain used is type 428H with a length of 1000 mm. From the test results of the tool that has been made obtained the average time in harvesting rice of 14,642 seconds.

Keywords: design and development, rice thresher machine, solar power

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Provinsi Bali sudah dikenal memiliki keindahan alam yang begitu terkenal dan salah satunya persawahan yang berpusat di Kabupaten Tabanan. Hasil padi khususnya di Desa Jatiluwih, Kecamatan Penebel, sudah dikenal sampai ke mancanegara karena memiliki persawahan yang asri sehingga dipakai untuk melengkapi kebutuhan pasar di Bali.

Semakin canggih teknologi pada era global saat ini, kemajuan teknologi juga semakin pesat berkembang. Kebutuhan manusia juga semakin banyak yang bergantung dengan teknologi, khususnya dibidang pertanian. Sampai

saat ini teknologi yang membantu manusia dipertanian sangat kurang berkembang.

Tujuan utama penulis dalam membangun inovasi teknologi ini adalah untuk mengganti peran motor bakar sebagai sumber tenaga perontok padi dengan teknologi tenaga motor listrik yang bersumber dari panas sinar matahari. Teknologi yang akan penulis kembangkan saat ini memiliki keuntungan dalam penggunaannya yaitu, alat mengembangkan *Green Technology* yang mengacu pada pengurangan polusi udara di sekitar, lebih efisien dan efektif terhadap penanganan pasca panen.

Pemanenan Padi khususnya di Desa Jatiluwih telah berlangsung selama puluhan tahun dengan menggunakan motor bakar sebagai daya penggerak mesin perontok padi.

Dengan perkembangan teknologi tepat guna saat ini, seharusnya pengerjaan produk dengan penggunaan motor bakar sebagai penggerak sudah mulai ditinggalkan. Salah satu penerapan teknologi yang bisa diadopsi adalah penggunaan motor listrik sebagai daya penggerak yang memiliki kelebihan tanpa menggunakan bahan bakar dan rendah kebisingan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, Penulis merancang sebuah mesin perontok padi menggunakan tenaga panel surya (Solarcell) yang dipadukan dengan motor listrik sebagai penggerak utama pada perkakas perontok padi tersebut.

Tujuan dari rancang bangun mesin perontok padi dengan tenaga listrik panel surya mencakup: (1) dengan berhasilnya pembuatan alat ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berharga bagi masyarakat dan industri kreatif, dimana nantinya rancang bangun mesin perontok padi tenaga panel surya ini dapat digunakan semaksimal mungkin untuk kepentingan masyarakat maupun keperluan industri kreatif; (2) dengan pembuatan rancang bangun mesin perontok padi dengan tenaga listrik panel surya ini dapat membantu meringankan beban petani dalam proses perontokan padi.

2. Metode dan Bahan

Rancang bangun merupakan pembuatan model suatu alat (prototype) atau suatu kreasi atas sesuatu yang mempunyai kenyataan fisik. Pembuatan suatu alat memerlukan perencanaan komponen yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan mekanisme alat yang dibuat. Kekuatan merupakan pertimbangan dalam membangun suatu alat, dimana kekuatan tergantung dari pemilihan, perlakuan dan pengerjaan yang dilakukan terhadap bahan tersebut [1].

Aktivitas perencanaan atau perancangan suatu konstruksi harus mempertimbangkan beberapa kriteria diantaranya sebagai berikut:

- Mudah dan sederhana, mudah dibuat atau komponen yang umum ada di pasaran.
- Ekonomis adalah suatu tindakan/prilaku dimana kita dapat memperoleh input (barang atau jasa) yang mempunyai kualitas terbaik dengan tingkat harga yang sekecil mungkin.
- Estetik adalah rasa yang timbul dari seberapa indah atau mempesonanya suatu objek yang dilihat dan alat tersebut harus estetik bentuk dan kelihatannya.
- Tepat guna, adalah sebuah teknologi yang ditemukan atau ditemukan atau diciptakan dengan tujuan untuk meningkatkan atau membuat pekerjaan manusia semakin lancar. Hal ini kemudian bisa meningkatkan nilai ekonomi juga, teknologi tersebut tidak hanya asal dibuat namun dibuat dengan tepat sesuai dengan kebutuhan manusia

Elemen-elemen mesin sangat sering dibuat dari salah satu logam atau logam paduan seperti baja, aluminium, besi cor, seng, titanium atau perunggu. Bagian ini menjelaskan sifat-sifat yang penting dari bahan yang dapat mempengaruhi perancangan mekanis [2].

Sifat-sifat kekuatan, elastisitas dan keuletan untuk logam, plastik dan jenis bahan lainnya biasanya ditentukan dari uji tarik (tensile test) di mana sebuah sampel bahan, yang biasanya berbentuk bundar atau batang datar, di jepit diantara penjepit dan ditarik perlahan hingga putus. Besarnya gaya pada batang dan perubahan panjang (regangan) dipantau dan dicatat terus menerus selama pengujian tersebut. Karena tegangan pada batang sama dengan gaya yang bekerja pada batang dibagi dengan luas, maka tegangan sebanding dengan gaya yang bekerja pada batang.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan untuk rancang bangun adalah sebagai berikut :

1. Kekerasan (*hardness*)

Ketahanan bahan terhadap lekukan oleh penetrator merupakan indikasi dari kekerasannya [2]. Beberapa jenis alat, prosedur, dan penetrator untuk mengukur kekerasan alat uji kekerasan Brinell dan alat uji kekerasan Rockwell paling sering digunakan untuk elemen-elemen mesin. Untuk baja, alat uji kekerasan Brinell menggunakan bola baja keras berdiameter 10 mm sebagai penetrator dengan beban 300 kg gaya. Beban menyebabkan lekukan permanen pada bahan uji, dan diameter lekukan dikaitkan dengan angka kekerasan Brinell, yang disingkat BHN atau HB.

Besaran sesungguhnya yang diukur adalah beban dibagi dengan luas kotak lekukan. Untuk baja, nilai HB berkisar dari kira-kira 100 untuk baja karbon rendah yang dianil sampai lebih dari 700 untuk baja paduan tinggi dengan kekuatan tinggi dalam kondisi telah dicelup dingin (as-quenched). Dalam kisaran yang tinggi, di atas HB 500, penetrator kadang dibuat dari tungsten carbide, bukannya dari baja. Untuk logam-logam yang lebih lunak, digunakan beban 500 kg.

Kekuatan (strengthness)

Kemampuan bahan untuk menahan tegangan tanpa kerusakan. Atau kemampuan suatu bahan dalam menerima beban, semakin besar beban yang mampu diterima oleh bahan maka benda tersebut dapat dikatakan memiliki kekuatan yang tinggi.

Kerapuhan (britelness)

Merujuk kepada sifat logam yang mudah retak atau pecah apabila dikenakan daya hentaman ke atasnya. Contoh produk yang bersifat kerapuhan ialah kerangka mesin yang diperbuat dari besi tuang kelabu. Sifat kerapuhan diuji menggunakan mesin penguji charpy.

Baja Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja kurang dari 1,4% berat sesuai grade-nya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), Kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya. Dalam hal aplikasi, baja sering digunakan sebagai bahan baku untuk alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga. Baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia seperti kadar karbon dan paduan yang digunakan [3].

Prinsip kerja motor listrik adalah mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini terjadi dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet atau disebut electromagnet, maka akibat yang ditimbulkan adalah seperangkat medan yang berputar mengelilingi

stator. Sebuah konduktor yang terletak di dalam medan magnet yang bergerak akan mempunyai arus yang terinduksi di dalamnya dan akan muncul sebuah gaya yang tegak lurus terhadap konduktor. Gaya ini bekerja di sekeliling rotor sehingga menciptakan sebuah torsi yang akan memutar rotor [2].

Poros merupakan bagian yang berputar, dimana terpasang elemen pemindah gaya, seperti roda gigi, dan bantalan. Poros bisa menerima beban-beban tarik, lentur, tekan atau puntir yang bekerja sendiri-sendiri maupun gabungan satu dengan yang lainnya. Kata poros mencakup beberapa variasi seperti shaft atau axle. Shaft merupakan poros yang berputar dan menerima beban puntir [4].

Jenis poros yang lain adalah jenis poros transmisi. Poros ini akan mentransmisikan daya meliputi kopling, roda gigi, puli, sabuk, atau sproket rantai dan lain-lain. Poros jenis ini memperoleh beban puntir murni atau puntir dan lentur.

Daya yang besar mungkin diperlukan pada saat start atau beban yang besar terus bekerja setelah start. Dengan demikian seringkali diperlukan koreksi pada daya rata-rata yang diperlukan dengan menggunakan faktor koreksi perencanaan [5].

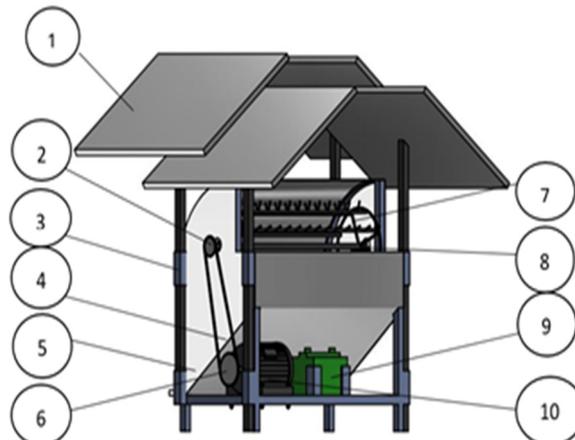
Panel surya atau disebut juga soler cell adalah panel yang terdiri dari sel-sel surya photovoltaic yang menyerap energy dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi energy listrik. Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan electron, sehingga kelebihan muatan negative, (n=negative). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p (p=positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain kedalam semikonduktor tersebut [6].

3. Hasil dan Pembahasan

Rancang bangun mesin perontok padi dengan tenaga listrik panel surya ini memiliki konsep hampir sama dengan mesin perontok padi pada umumnya hanya saja disini rancangan mesin perontok padi dengan tenaga listrik panel surya menggunakan motor listrik sebagai daya penggerak yang sumber energinya berasal dari panel tenaga surya atau tidak menggunakan bahan bakar seperti motor bakar pada umumnya. Mesin ini memiliki beberapa bagian yaitu:

Keterangan:

- 1. Panel surya
- 2. Gir 2
- 3. Rangka
- 4. Rantai
- 5. Body
- 6. Gir 1
- 7. Pisau perontok
- 8. Bearing
- 9. Aki
- 10. Motor listrik



Gambar 2. Hasil rancang bangun

Rangka, poros, bantalan, motor listrik, panel surya, charging controller, aki, gir dan rantai (Gambar 1 dan 2). Proses pengerjaan secara manual dirasa kurang efektif. Petani sangat kesulitan jika mendapat pesanan dengan jumlah yang banyak, hasil yang didapat tidak seragam dan waktu produksi relatif lama.

Berdasarkan uraian di atas, penulis memberikan alternatif untuk memudahkan dari semua permasalahan tersebut, adapun konsep baru yang di rencanakan yaitu alat dapat langsung bekerja merontokan padi dengan waktu yang lebih cepat dari proses perontokan manual. Mekanisme mesin perontok padi dengan tenaga listrik panel surya yaitu dari panel surya mendapatkan aliran listrik DC melewati charger controller menuju ke dua buah aki 12 volt 70 Ah yang dirancang menjadi 24 volt, motor listrik menyala lalu putaran diteruskan ke gir 1 diteruskan ke gir 2 melalui rantai dan memutar poros, daya dari poros ini akan menyebabkan mata pisau perontok padi berputar, masukan padi yang sudah dipanen sehingga dapat dioperasikan hingga mendapat hasil yang diinginkan.

Model rancang bangun ini diharapkan alat dapat langsung bekerja merontokan padi sehingga mendapatkan hasil dengan maksimal, tidak perlu membuang banyak tenaga sehingga dapat memproduksi gabah yang lebih banyak, dan para petani padi dapat dimudahkan dengan model rancang bangun ini

Setiap melakukan pengerjaan atau untuk mewujudkan suatu rancangan yang dibuat perlunya bahan yang nantinya akan dipakai untuk mengaplikasikan ke dalam bentuk yang lebih nyata agar bisa dipergunakan, pengadaan bahan baku pada mesin perontok padi dengan panel surya ini.



Gambar 1. Pengujian alat

Dalam setiap pembuatan rancangan tentunya terdapat gambar bagian dan susunannya sehingga nantinya mempermudah pada saat pengerjaan atau mewujudkan rancangan yang dibuat, begitu juga pada mesin perontok padi dengan panel surya. Dalam rancangan ini penulis langsung yang membuat gambar pada program Autodesk Professional Inventor Drawing Design 2016, yang dibuat secara detail sehingga mempermudah pada saat pengerjaannya.

Setiap melakukan pengerjaan atau untuk mewujudkan suatu rancangan yang dibuat perlunya bahan yang nantinya akan dipakai untuk mengaplikasikan ke dalam bentuk yang lebih nyata agar bisa dipergunakan. Adapun bahan baku yang disiapkan diantaranya:

- Besi hollow 30 mm x 30 mm dengan dimensi tebal 1 mm, panjang 6000 mm sebanyak 5 batang.
- Pelat acer dengan dimensi panjang 1000 mm, lebar 1000 mm, dan tebal 2 mm sebanyak 1 lembar.
- Pelat acer dengan dimensi panjang 1000 mm dan lebar 1000 mm dengan tebal 2mm sebanyak 1 lembar.
- Besi As St 42 dengan diameter 25,4 mm dan panjang 1000 mm.
- Panel surya 50 watt peak
- Charging control 48v
- Besi virkan polos 12b , lebar 30 mm panjang 6000 m.
- Baut dan mur.
- Controller 48v 350 watt
- Bantalan (pillow block)
- Motor listrik.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka utama: mesin las listrik, gerinda tangan, palu, sikat pembersih, siku-siku, mistar gulung, mistar baja, penggores, penitik, bahan besi hollow 30mm x 30mm tebal 2mm, besi virkan polos 12 B dan besi siku 30mm x 30mm tebal 2mm. Proses pembuatannya meliputi mempersiapkan 2 batang besi hollow 30 x 30 mm panjang 6000 mm, 2 batang besi virkan 12 B polos dan lakukan pengukuran menggunakan mistar gulung dan lakukan pemotongan bagian-bagian sesuai dengan gambar kerja. Setelah melakukan pemotongan, dilanjutkan dengan las titik terlebih dahulu untuk pembuatan bagian rangka atas dan rangka bagian bawah menggunakan besi hollow 30 x 30 mm dan besi virkan polos 12 B. Setelah rangka sesuai dengan ukuran yang sudah di tetapkan kemudian lakukan pengelasan keseluruhan bagian secara permanen. Untuk bagian hasil pengelasan yang tajam lakukan penggerindaan selain untuk keamanan penggerindaan juga berfungsi untuk menambah nilai kerapian pada alat tersebut. Untuk lubang-lubang yang terdapat pada rangka dibor dengan bor tangan sesuai dengan bagian yang akan di pasang pada rangka.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan dudukan motor listrik meliputi: mesin las listrik, siku-siku, palu, sikat pembersih, gerinda tangan, bor tangan, penggores, penitik, mistar baja, bahan besi siku 30mm x 30mm. Proses pengerjaannya meliputi pemotongan menggunakan gerinda tangan dengan berhati-hati guna mendapatkan hasil yang maksimal dan untuk menjaga keselamatan saat bekerja. Melubangi bagian untuk penempatan motor listrik dan lubang juga untuk tempat baut. Karena menggunakan rantai, disain dudukan motor

listrik dengan sistem geser, agar bias mengatur kekencangan rantai.

Pada langkah ini dijelaskan tentang perakitan tiap – tiap komponen yang sudah dibuat sebelumnya. Sebelum melakukan proses perakitan komponen, lakukan pengecatan pada komponen mesin yang ingin di cat terlebih dahulu.

Langkah perakitan yang dilakukan yaitu :

- Memasang pillow block terlebih dahulu pada rangka sesuai dengan gambar kerja, lalu masukan poros perontok padi pada bantalan, lalu kencangkan baut pemegang poros pada bantalan.
- Pasang penutup rangka pada semua permukaan yang ditutup sesuai dengan gambar dan kencangkan dengan paku keling
- Pasang gir pada poros, lalu kencangkan menggunakan baut pengikat.
- Pasang plat tatakan padi pada rangka utama, lalu kencangkan dengan paku keling.
- asang motor listrik pada rangka mesin yang sudah disiapkan, lalu pasang rantai dengan cara menghubungkan rantai pada gir penggerak dengan gir yang digerakan, setelah rantai terpasang kemudian setel motor listrik bersama dudukannya guna mengencangkan rantai , ketika mendapatkan hasil yang sesuai kemudian kunci motor listrik dan ken kencangkan dengan menggunakan pengikat mur dan baut.
- Kemudian pasang casing pelindung rantai dan ikat menggunakan baut.
- Pasang tiang panel pada rangka, dan kencangkan dengan baut pengikat.
- Periksa semua komponen yang sudah di pasang dan periksa kembali kekencangan baut dan mur yang dirasa masih belum kuat.
- Periksa seluruh instalasi kelistrikan sebelum di hidupkan

Setelah komponen alat selesai dirakit, selanjutnya dilakukan pengujian alat untuk mengetahui kemampuan dari alat yang dirancang (lihat Gambar 1). Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan jumlah padi yang berbeda setiap pengujiannya. Proses pengujian alat ini meliputi pengujian kesesuaian dimensi dengan objek operator penggunaan alat dan kemampuan alat untuk merontokkan padi. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.

Pada proses pengujian alat yang telah dibuat, penilaian terhadap mekanisme, dan dimensi alat juga dilakukan, karena diharapkan agar operator yang menggunakan mesin dapat bekerja dengan nyaman.

Penilaian berikutnya pada proses pengujian alat ialah penilaian terhadap unjuk kerja suatu alat yang sudah dibuat untuk mengetahui hasil yang diperoleh dengan menggunakan alat yang sudah dibuat, agar sesuai harapan yaitu dapat membantu petani merontokkan padi dengan cepat dan efisiensi bahan bakar.

Dari hasil pengamatan petani di desa jatiluwih diatas yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian didapat hasil pengujian secara manual rata-rata 19,55menit.

Dari hasil pengujian alat diatas yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian didapat hasil pengujian pada mesin perontok padi dengan panel surya membutuh-kan waktu perontokan rata-rata 14,642 detik.

Dapat disimpulkan proses merontokan padi dibandingkan dengan secara manual dan menggunakan alat terjadi peningkatan waktu perontokan padi sebesar 3,6%. Hal ini disebabkan oleh adanya pemanfaatan teknologi tepat guna pada proses perontokan padi oleh petani di desa Jatiluwih.

Setiap peralatan memerlukan perawatan untuk menjamin alat bekerja sesuai dengan standar dan siap dipergunakan. Adapun perawatan yang dilakukan pada mesin perontok padi dengan tenaga listrik panel surya adalah sebagai berikut :

a. Perawatan Pencegahan (Preventive Maintenance)

Kegiatan perawatan yang dilakukan untuk menghindari gagalnya alat, seperti:

- Pastikan motor listrik pada kondisi bagus dan tidak bersuara berisik.
- Pada alat perontok padi terdapat tempat untuk memberi pelumas, pastikan selalu dilumasi agar mesin tidak mudah rusak.
- Bersihkan alat perontok padi pada saat selesai memakai.
- Selalu melumasi bantalan agar tercapainya umur yang maksimal.
- Pastikan panel, controller bldc, charging control dan aki disimpan dengan baik.
- Periksa tegangan aki setelah digunakan

b. Perawatan korektif (Corrective Maintenance)

Adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan fungsi alat dalam keadaan yang layak pakai kembali, seperti :

- Melakukan penggantian jika motor listrik rusak.
- Melakukan penggantian pada rantai dan gir.
- Melakukan penggantian baut perontok
- Melakukan penggantian pada bantalan.
- Perawatan tidak terencana

Adalah kegiatan perawatan yang harus segera dilakukan setelah terjadi kegagalan fungsi atau kerusakan mendadak, seperti :

- Penggantian pada motor listrik.
- Penggantian mata perontok.
- Penggantian kabel yang mengalami arus pendek dan terbakar.

4. Kesimpulan

Dari uraian dan pemilihan komponen-komponen alat perontok padi dengan panel surya untuk petani di Desa Jatiluwih, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Konstruksi alat perontok padi dengan panel surya untuk petani di Desa Jatiluwih:

- Dimensi alat yaitu panjang 90 cm, lebar 65 cm dan tinggi 100 cm.
 - Putaran motor listrik yang digunakan 800 rpm dengan daya motor 200 watt,
 - Pillow block yang digunakan merek FK dengan nomor bantalan P205.
 - Sproket penggerak untuk poros adalah ukuran 50 mata, sprocket yang digunakan pada motor listrik adalah ukuran 25 mata dan rante yang digunakan adalah rante tipe 428 H
 - Poros yang digunakan yaitu poros pejal dengan diameter 25,4 mm.
 - Mata perontok padi dengan \varnothing 320 mm, dengan panjang 800 mm.
2. Alat perontok padi dengan panel surya dapat dioperasikan dengan baik
 - Secara manual dan menggunakan alat terjadi peningkatan waktu perontokan padi sebesar 3,6% Hal ini disebabkan oleh adanya pemanfaatan teknologi tepat guna pada proses perontokan padi di petani Jatiluwih.
 - Produktivitas perontokan padi 182,4 %.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas bantuan atau dukungan dari teman sejawat, atau teknisi yang telah membantu menyelesaikan tugas tertentu.

Daftar Pustaka

- [1] G. Rosnani, "Perancangan Produk. Graha Ilmu", Edisi 10. Yogyakarta-Indonesia, 2010
- [2] R.L. Mott, "Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis", Edisi 1. Penerbit Andi. Yogyakarta-Indonesia, 2004.
- [3] T. Surdia, dan S. Saito, "Pengetahuan Bahan Teknik", Edisi 3. PT. Pradnya Paramita. Jakarta-Indonesia, 1985.
- [4] R.S. Khurmi, dan J.K. Gupta, "Text Book of Machine Design Eurasia", Edisi 1. House ltd Ram Nagar, New Delhi-India, 2005.
- [5] Sularso dan K. Suga, "Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin", Edisi 1. Pradnya Paramita. Jakarta-Indonesia, 2002.
- [6] M. Sahori, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Lampu Lalu Lintas di Pekan Baru", Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2011.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Kajian dan penerapan teknologi atomisasi ultrasonik dalam proses pemurnian air laut skala kecil

I Dewa Gede Agustriputra^{1*}, Putu Wijaya Sunu², I Made Sugina¹, I Wayan Temaja¹,
Nyoman Sugiarta¹, Made Ery Arsana² dan Sudirman²

¹Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364 Indonesia

²Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung Bali 80364 Indonesia

*Email: dewagedeagustriputra@pnb.ac.id

Abstrak

Pemurnian air laut atau lebih dikenal sebagai penyulingan air laut menjadi air tawar merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk pengadaan air bersih di wilayah pesisir dan atau pulau terpencil. Dalam hal ini proses distilasi merupakan proses konvensional yang banyak digunakan oleh masyarakat. Proses distilasi membutuhkan sumber energi thermal untuk merubah fase cair air laut menjadi uap. Penggunaan energi thermal ini menyebabkan peralatan ini membutuhkan biaya energi lebih banyak. Atomisasi Ultrasonik adalah peralatan yang menggunakan vibrasi ultrasonik untuk memecah molekul air (atomisasi) ke bentuk embun. Perbedaan berat jenis molekul air/laut/embun yang mengandung garam akan dipisahkan berdasarkan pengembunan uap air laut tersebut. Prototype teknologi dengan menerapkan atomisasi ultrasonik telah dikembangkan dalam penelitian ini. Komponen-komponen yang digunakan untuk prototype ini adalah DC vortex blower type 5015 24 volts, sand filter, dan kotak berbahan akrilik untuk 2 ruang humidifikasi dan dehumidifikasi. Pada kedua ruangan ini dipasang sensor DHT 11 dan thermocouple untuk mengetahui perubahan kondisi ruangan tersebut. Selain itu digunakan juga sebuah digital salino meter dan gelas ukur. Dari pengujian yang dilakukan prototype teknologi pemurnian air laut dengan menerapkan teknologi atomisasi ultrasonik dapat diperoleh penurunan kadar garam (salinity) sampai 1150 ppm dan laju maksimum produksi air tawar adalah 84 l/h. Potensi penggunaan atomisasi ultrasonik dalam pemurnian air laut dalam skala kecil untuk kebutuhan rumah tangga.

Kata kunci: air laut, atomisasi ultrasonik, pemurnian air, piezoelektrik

Abstract: Purification of sea water or better known as distillation of seawater into fresh water is one of the methods developed for the procurement of clean water in coastal areas and or remote islands. In this case the distillation process is a conventional process that is widely used by the community. The distillation process requires a thermal energy source to convert the liquid phase of seawater into steam. The use of thermal energy causes this equipment to cost more energy. Ultrasonic atomization is a tool that uses ultrasonic vibration to break down water molecules (atomization) into dew forms. The difference in the weight of the molecule type of water / sea / dew containing salt will be separated based on the condensation of sea water vapor. Prototype technology by applying ultrasonic atomization has been developed in this study. The components used for this prototype are DC vortex blower type 5015 24 volts, sand filter, and acrylic box for 2 humidification and dehumidification chambers. In both rooms, DHT 11 sensors and thermocouples are installed to determine the changing condition of the room. In addition, a digital saline meter and measuring glass are also used. From the testing conducted, prototype of seawater purification technology by applying ultrasonic atomization technology can be obtained a decrease of salt content (salinity) to 1150 ppm and the maximum rate of freshwater production is 84 l/h. Potential use of ultrasonic atomization in the purification of seawater on a small scale is for household needs.

Keywords: Sea water, ultrasonic atomization, water purification, piezoelectric

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan pengadaan air bersih di Indonesia semakin membutuhkan perhatian khusus. Pencemaran lingkungan dan kurangnya sumber air bersih di berbagai wilayah berdampak pada kebutuhan teknologi untuk dapat melakukan pengolahan berbagai sumber air yang ada. Proses destilasi teknologi humidifikasi dan dehumidifikasi (HDH) adalah salah satu teknologi pemurnian air laut yang

berbasis thermal. Teknologi HDH terdiri dari dua proses utama yaitu humidifikasi dan dehumidifikasi.[1][2]. Proses humidifikasi dengan menggunakan prinsip vibrasi ultrasonik yang menyebabkan terjadinya kavitasi pada lapisan permukaan air sehingga terbentuk atomisasi molekul air. Atomisasi air laut ini dapat membantu dalam pemisahan garam yang terlarut dalam air laut tersebut.

Proses Humidifikasi and Dehumidifikasi (HDH) adalah pengembangan teknologi distilasi konvensional dengan modifikasi di teknik penguapan dan pengembunannya. Sistem ini meliputi 2 proses yaitu; proses humidifikasi adalah proses penguapan air laut ke udara atau gas pembawa lainnya, sedangkan proses dehumidifikasi adalah proses pengembunan uap air yang terbentuk. Pemisahan kandungan garam air laut adalah berdasarkan perbedaan berat jenis uap yang mengandung garam dengan uap air murni. Dari penelitian yang telah dipublikasikan teknologi sprayer, porous media, dan modifikasi area perpindahan panas serta energi yang digunakan menjadi objektif penelitian dalam peningkatan unjuk kerja dari sistem HDH.

Pemurnian air laut (Desalination) adalah proses pemisahan (separation) kadar garam dari air sebagai komponen utama air laut. Metode dalam pemisahan garam dari pelarutnya sudah berkembang dalam berbagai metode dan menggunakan berbagai macam teknologi separasi. Studi tentang atomisasi air dengan menggunakan vibrasi ultrasonik dalam proses pemisahan suatu zat cair sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti. [3][4] Proses atomisasi air ini juga difungsikan untuk meningkatkan kelembaban udara. Proses humidifikasi dalam system HDH juga bisa di aplikasikan teknologi ultrasonik ini, selain itu hal ini juga dapat meningkatkan performansi dari system HDH. Dalam penelitian ini akan dilakukan desain penerapan metode HDH, pengujian sistem HDH, dan menerapkan teknologi atomisasi ultrasonik dalam proses humidifikasinya. Teknologi HDH ini didesain menjadi lebih kecil dengan pemanfaatan ultrasonic humidifier dan juga meningkatkan efisiensi energi untuk evaporasi air laut. Temperatur pada ruang HDH bisa direduksi dengan proses humidifikasi tetap optimal. Sistem sirkulasi udara tertutup menyebabkan penggunaan udara sebagai gas pembawa lebih efektif pada tekanan lebih rendah lingkungan sehingga proses humidifikasi dapat ditingkatkan.[5][6].

2. Metode dan Bahan

2.1. Prosedur Pengujian dan Desain Model Test

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan atomisasi ultrasonik terhadap kondisi kelembaban relatif aliran udara, dan kondisi temperatur pencampuran udara dengan uap air dalam proses humidifikasi dengan menggunakan ultrasonik transduser (piezo elektrik). Ada dua faktor yang mempengaruhi kinerja dari atomisasi ultrasonik ini, antara lain:

1. Ketebalan lapisan air pada transduser ultrasonik

Ketebalan air akan mempengaruhi getaran ultrasonik dalam memecah molekul air. Dalam pengujian yang akan dilaksanakan menjadi parameter yang akan diamati untuk mengetahui unjuk kerja proses humidifikasi dan temperatur yang terjadi oleh aliran udara kering pada saluran udara dalam ruang humidifikasi. Jumlah massa uap yang dihasilkan oleh transduser ultrasonik (piezo elektrik) menyebabkan perubahan kelembaban relatif dan temperatur udara.

2. Kecepatan udara

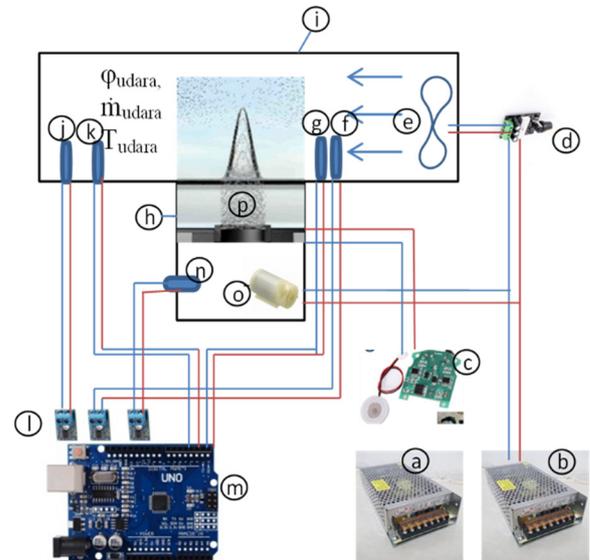
Jumlah aliran massa udara mempengaruhi kondisi kelembaban relatif udara yang melalui transduser ultrasonik. Kecepatan udara di kontrol dengan menggunakan pulse Wide Modulation (PWM) untuk motor DC fan yang digunakan sebagai blower.

Dalam pengaturan kecepatan udara adalah dengan pengaturan putaran motor DC blower menggunakan modul dc PWM pada tegangan operasi dari blower dc tersebut. Digital anemometer digunakan untuk mengkalibrasi kecepatan udara dengan kecepatan putaran motor dc blower. Ketebalan lapisan air pada permukaan piezo elektrik adalah menggunakan sistem banjir (floating system) pada batas ketebalan yang diatur.

Atomisasi Ultrasonik menggunakan transduser piezo elektrik dalam merubah gelombang elektromagnetik ultrasonik menjadi getaran (vibrasi) ultrasonik. Komponen-komponen ultrasonik humidifier terdiri dari generator ultrasonik, transduser (piezo elektrik) dan kerangka penempatan transduser lapisan bawah air sebagai media yang akan dirubah menjadi uap[7].

Piezo elektrik adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk merubah frekuensi gelombang ultrasonik menjadi getaran atau vibrasi dengan frekuensi yang sesuai dengan gelombang listrik yang dihasilkan oleh generator ultrasonik. Getaran ultrasonik ini menyebabkan terjadinya kavitasi pada bagian bawah lapisan air yang bersentuhan dengan permukaan piezo elektrik.

Generator ultrasonik adalah peralatan elektronika yang digunakan untuk merubah tegangan DC 24 volt menjadi gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik yang dibangkitkan biasanya memiliki frekuensi antara 1,6 Mhz - 4 Mhz untuk aplikasinya pada alat pelembab udara. Ultrasonik humidifier memiliki keuntungan desain yang lebih kecil, menggunakan energi yang jauh lebih rendah dan juga lebih mudah dalam perawatannya. Kelemahan penggunaan peralatan ini adalah alat elektronik yang digunakan memiliki daya tahan lebih rendah daripada model teknologi pelembab udara lainnya [8][9]. Konsep mesin pemurnian air laut metode atomisasi ultrasonik disajikan pada Gambar 1.



- Keterangan:
- a. Power Supply 12 volt
 - b. Power Supply 24 volt
 - c. Modul Generator Ultrasonik
 - d. Modul PWM DC motor
 - e. DC Motor Blower 12 volt
 - f. Thermocouple type K
 - g. Modul DHT 11
 - h. Tangki Air (floating System)
 - i. Duct system (mika)
 - j. Thermocouple type K
 - k. Modul DHT 11
 - l. Modul Max 6675 (3 buah)
 - m. Mikrokontroler 328p
 - n. Thermocouple type K

Gambar 1. Skematik mesin pemurnian air laut metode atomisasi ultrasonik

Dalam pengujian model test ini, maka perlu dilakukan pengujian awal untuk mengetahui pengaruh ketebalan air laut diatas permukaan piezo elektrik. Pengujian awal ini juga digunakan untuk menentukan rentang ketebalan air laut yang digunakan sebagai pengujian.

2.2. Metode dalam Penentuan Perubahan Kondisi Psychrometrik Ruang humidifikasi dan dehumidifikasi

Kajian untuk kondisi psikrometrik terhadap sistem pengkondisian udara maka sifat-sifat psychrometrik udara menjadi data sekunder untuk dapat mempresentasikan perubahan kondisi udara tersebut, berikut adalah parameter-parameter fisik dalam psikrometrik udara[10][11]:

1. Kelembaban Spesifik (*specific humidity*) adalah perbandingan antara massa udara (m_a) dengan massa uap air (m_v). Ratio kelembaban (ω) dapat dikatakan sebagai perbandingan komposisi massa udara dan air.

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / RT}{P_a V / RT} = 0,622 \frac{P_v}{P_a} \quad 1$$

2. Kelembaban Relatif (ϕ)
Kelembaban relatif adalah kelembaban udara yang menunjukkan jumlah massa uap air yang dapat berada pada kondisi tekanan saturasi udara tertentu. Jadi belum tentu massa uap air tersebut sudah berada pada udara tersebut.

3. Berdasarkan persamaan gas ideal maka kelembaban relative dapat dinyatakan dengan persamaan berikut;

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / RT}{P_g V / RT} = \frac{P_v}{P_g} \quad 2$$

4. Derajat saturasi (μ), adalah perbandingan

$$\mu = \frac{\omega}{\omega_{db}} \Big]_{t,p} \quad 3$$

5. Menghitung RH (ϕ) berdasarkan derajat saturasi dari fraksi massa air dan massa udara, adalah;

$$\phi = \frac{\mu}{1 - (1 - \mu)(P_v / p)} \quad 4$$

6. Perubahan density campuran udara (ρ) berdasarkan data T_{db} , T_{wb} dan P dapat dihitung dengan rumus;

$$\rho = (m_v + m_a) / V = 1 / v(1 + \omega) \quad 5$$

7. Dari T_{wb} dan T_{db} dihitung rasio kelembaban ω dengan persamaan berikut ini;

$$\omega = \frac{(2501 - 2,381 T_{wb}) \omega^* - (T_{db} - T_{wb})}{2501 + 1,805 T_{db} - T_{wb}} \quad 6$$

ω = ratio kelembaban pada T_{wb}

8. Menghitung tekanan uap jenuh parsial pada temperature udara tertentu:

$$\ln P = C_8 / T + C_9 + C_{10} T + C_{11} T^2 + C_{12} \ln T \quad 7$$

untuk temperatur absolute (K) maka nilai C adalah sebagai berikut:

- $C_8 = -6069,9385$
- $C_9 = 21,2409643$
- $C_{10} = 0,027111929$
- $C_{11} = 1,673952 \times 10^{-5}$
- $C_{12} = 2,433502$

P = adalah tekanan saturasi pada temperature tertentu.

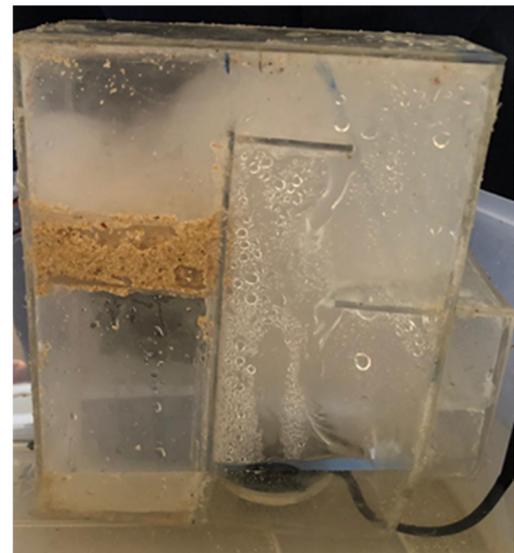
Data kelembaban dan temperatur udara lingkungan dapat diketahui korelasinya dengan menggunakan data

Psychrometric, data ini merupakan hubungan kelembaban berdasarkan temperature bola basah (T_{wb}) dan temperature bola kering (T_{db}). Sehingga dari data *Psychrometric* tsb dapat juga disampaikan data-data lainnya berdasarkan tekanan atmosferic dan pada ketinggian permukaan laut tertentu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Desain Model Test Peralatan Pemurnian Air Laut Berbasis Atomisasi Ultrasonik

Model test dan prototype peralatan yang diujikan telah melalui prosedur pengujian awal sehingga dapat diketahui perubahan arus listrik yang terjadi seiring dengan penambahan ketebalan lapisan air laut. Model dari mesin pemurnian air laut disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model mesin pemurnian air laut

Tabel 1. Pengaruh perubahan ketebalan air terhadap konsumsi arus listrik atomisasi ultrasonik

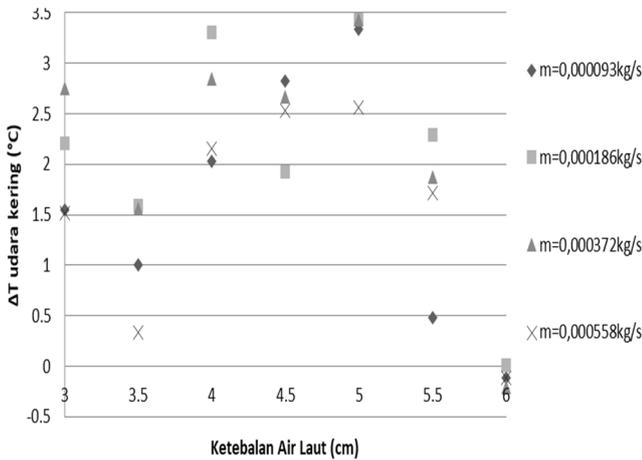
Ketebalan Air Laut (cm)	Arus listrik (Ampere)
3	0.42
3.5	0.42
4	0.42
4.5	0.42
5	0.43
5.5	0.43
6	0.43

Dari pengujian yang sudah dilakukan (Tabel 1) dapat diketahui terjadi perubahan arus listrik sebesar 0.01 Ampere, ketika tebal lapisan air laut adalah 5 cm. selain itu pengamatan pada pembentukan embun atau atomisasi air laut cenderung menurun. Atomisasi juga tidak terbentuk pada tebal lapisan air laut lebih tipis dari 1 cm. Dari pengujian tersebut maka prototype peralatan pemurnian air laut ini akan diujikan pada tebal lapisan air laut 3 -4,5 cm.

Untuk mengetahui laju aliran udara basah di dalam prototype peralatan pemurnian air laut maka pengujian awal

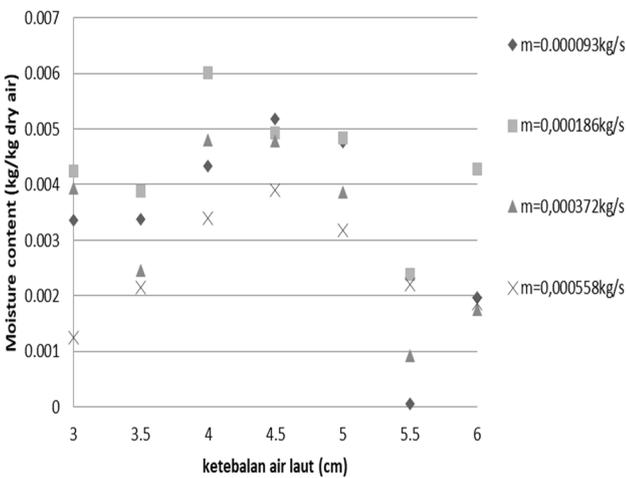
juga dilakukan dengan menggunakan digital anemo meter. Dari pengujian tersebut dapat ditentukan bahwa modul pwm sebagai kontrol kecepatan putaran blower menghasilkan kecepatan aliran udara sebesar 0,2-0.6 m/s. sehingga hal ini menentukan laju aliran massa udara basah yang bersirkulasi di dalam ruang humidifikasi dan dehumidifikasi.

Dalam Tabel 1 dapat diketahui perubahan temperatur udara kering yang terjadi dalam variasi pengujian aliran massa udara dan ketebalan lapisan air laut.



Gambar 3. Perubahan temperatur udara kering dalam setiap variasi pengujian

Gambar 3 menunjukkan bahwa perubahan temperatur yang terjadi pada ruang humidifikasi adalah pada saat ketebalan lapisan air laut 5 cm.



Gambar 4. Perubahan kelembaban udara dalam ruang humidifikasi

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa peningkatan kelembaban udara terjadi maksimum pada ketebalan lapisan air laut 4 cm dengan laju massa udara adalah 0,000186kg/s.

Pengujian hasil produksi air tawar dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan pengujian. Dari data pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil produksi air tawar maksimum sebesar 84 ml/h dan rata-rata kadar garam turun sampai 1150 ppm. Air laut yang diujikan

adalah memiliki kadar garam sekitar 3,5 - 5% (3500-5000 ppm).

Tabel 2. Hasil produksi air tawar

No. pengujian	Kadar garam air laut (ppm)	Debit (ml/h)
1	1164	60
2	1165	67
3	1160	68
4	1158	74
5	1155	75
6	1152	80
7	1150	84
8	1154	81
9	1150	78
10	1152	80

4. Kesimpulan

Penerapan atomisasi ultrasonik dalam teknologi pemurnian air laut ini mampu menurunkan kadar garam air laut. Akan tetapi penggunaannya sebagai air yang layak minum belum dapat dilakukan. Rata-rata kadar garam hasil produksi air hanya layak digunakan sebagai air irigasi atau penyiraman tanaman. Walaupun demikian penerapan teknologi ini akan bermanfaat dalam pengolahan awal air laut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bali dan juga dukungan finansial dari DRPM DIKTI melalui HIBAH PTUPT No:SP Dipa-042.06.1.401516/2020 tanggal 12 November 2020

Daftar Pustaka

- [1] H. Zheng, Humidification–Dehumidification Solar Desalination Systems. 2017.
- [2] A. Giwa, H. Fath, and S. W. Hasan, “Humidification-dehumidification desalination process driven by photovoltaic thermal energy recovery (PV-HDH) for small-scale sustainable water and power production,” Desalination, vol. 377, pp. 163–171, 2016, doi: 10.1016/j.desal.2015.09.018.
- [3] A. Lozano, J. A. Garcia, J. Alconchel, F. Barreras, E. Calvo, and J. L. Santolaya, “Influence of liquid properties on ultrasonic atomization,” no. September, pp. 6–8, 2017, doi: 10.4995/ilass2017.2017.4588.
- [4] K. Hamai, N. Takenaka, B. Nanzai, K. Okitsu, H. Bandow, and Y. Maeda, “Influence of adding salt on ultrasonic atomization in an ethanol-water solution,” Ultrason. Sonochem., vol. 16, no. 1, pp. 150–154, 2009, doi: 10.1016/j.ultsonch.2008.07.002.
- [5] J. Beckman, “Innovative atmospheric pressure desalination,” 1999. 1999.
- [6] A. S. Nafey, M. A. Mohamad, S. O. El-Helaby, and M. A. Sharaf, “Theoretical and experimental study of a small unit for solar desalination using flashing process,” Energy Convers. Manag., vol. 48, no. 2, pp. 528–538, 2007, doi: 10.1016/j.enconman.2006.06.010.
- [7] Y. Zhang, S. Yuan, and L. Wang, “Investigation of capillary wave, cavitation and droplet diameter distribution during ultrasonic atomization,” Exp.

- Therm. Fluid Sci., vol. 120, no. March 2020, p. 110219, 2021, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2020.110219.
- [8] A. I. Shehata et al., "Enhancement of the productivity for single solar still with ultrasonic humidifier combined with evacuated solar collector: An experimental study," *Energy Convers. Manag.*, vol. 208, no. February, p. 112592, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2020.112592.
- [9] Y. Zhang, M. Sivakumar, S. Yang, K. Enever, and M. Ramezaniapour, "Application of solar energy in water treatment processes: A review," *Desalination*, vol. 428, no. October 2017, pp. 116–145, 2018, doi: 10.1016/j.desal.2017.11.020.
- [10] G. Prakash Narayan, M. G. St. John, S. M. Zubair, and J. H. Lienhard, "Thermal design of the humidification dehumidification desalination system: An experimental investigation," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 58, no. 1–2, pp. 740–748, 2013, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.11.035.
- [11] G. P. Narayan, M. H. Sharqawy, J. H. Lienhard V, and S. M. Zubair, "Thermodynamic analysis of humidification dehumidification desalination cycles," *Desalin. Water Treat.*, vol. 16, no. 1–3, pp. 339–353, 2010, doi: 10.5004/dwt.2010.1078.



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Kajian pendahuluan potensi energi surya untuk mengerakkan freezer display cabinet

I Dewa Made Cipta Santosa^{1*}, I Gede Nyoman Suta Waisnawa², I Gusti Agung Bagus Wirajati¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta selatan, Badung, Bali 80364, Indonesia

*Email: idmcsantosa@pnb.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji permasalahan integrasi kebutuhan energi dari pengoperasian *display cabinet* dengan sumber energi terbarukan dari tenaga surya, sehingga sumber energi dan system yang dikembangkan dapat terjamin keberlanjutannya dengan baik. Artikel ini merupakan kajian awal untuk membuat produk/prototipe sistem *freezer display cabinet* untuk penyimpanan daging atau ikan segar dan rancang bangun integrasi sumber energi dari tenaga surya. Tenaga surya pada eksperimen ini diambil data - data photovoltaic untuk mendapatkan tegangan dan arus optimum sesuai dengan arah dan sudut kemiringan dari panel surya. Data dirangkum pada keseluruhan arah mata angin (Timur, Utara, Barat dan Selatan) dan semua sudut 0°, 15°, 30°, dan 45°. Keseruhuan data di rata-ratakan dan dicari arah dan sudut yang paling tinggi output arusnya pada lokasi tempat pengujian. Dari hasil penelitian kajian awal yang didapatkan yaitu berupa kelayakan dan optimasi dari penggunaan sistem photovoltaic untuk aplikasi penggerak system display cabinet didapatkan bahwa system tenaga surya dengan rangkaian photovoltaic mencapai hasil output arus yang optimal adalah dengan sudut kemiringan 15° dan arah utara (lokasi Pengambilan data Politeknik negeri Bali). Penelitian ini selanjutnya akan dilakukan pembuatan prototipe freezer dan diuji lebih lanjut dengan suplai tenaga surya dan dianalisis optimasi penghematan energi serta dan keberlanjutannya.

Kata kunci: freezer, display cabinet, photovoltaic

Abstract: This study examines the problem of integration of energy needs from the operation of display cabinets with renewable energy sources from solar power, so that the energy sources and systems developed can be guaranteed good sustainability. This article is a preliminary study to create a product / prototype freezer display cabinet system for the storage of fresh meat or fish and design the integration of energy sources from solar power. Solar power in this experiment is taken data - photovoltaic data to obtain optimum voltage and current according to the direction and angle of inclination of solar panels. The data is summarized in the overall direction (East, North, West and South) and all angles 0°, 15°, 30°, and 45°. The data is averaged and searched for the direction and angle of the highest current output at the test site. From the results of the initial study research obtained in the form of feasibility and optimization of the use of photovoltaic systems for the application of display cabinet system drive obtained that the solar power system with a series of photovoltaic achieved optimal current output results is with a slope angle of 15° and the north (investigated at Politeknik Negeri Bali). This research will then be conducted prototype freezer and further tested with solar power supply and analyzed optimization of energy savings and sustainability.

Keywords: freezer, display cabinet, photovoltaic

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Pada saat ini pendinginan pada lemari pajang (*display cabinet*) dilakukan dengan menambahkan es pada daging atau ikan, pada saat es mulai mencair maka produk akan terendam pada temperatur 0°C bahkan lebih. Kondisi ini tidak sesuai dengan penyimpanan daging dan ikan, sehingga akan terjadi pembusukan yang cepat pada daging dan ikan yang mengakibatkan kualitas dan higienis produk sangat rendah. Di lain pihak untuk pengoperasian display cabinet masih memerlukan banyak energi listrik sehingga

biaya operasional menjadi relatif mahal. Karena dari rancang bangun yang ada lemari pajang memerlukan beban pendinginan yang relatif lebih besar sebagai akibat dari infiltrasi yang tinggi dari sistem pajang yang terbuka. Kondisi lainnya adalah tarif listrik (PLN) cukup mahal dan ke depan akan semakin mahal seiring dengan energi fosil yang semakin menipis persediaannya. Sehingga untuk menjaga keberlanjutan maka sebagai negara tropis, energi surya merupakan energi terbarukan ke cemerlang depannya.

Sebagai negara tropis dengan sinar matahari berlimpah sepanjang tahun dengan intensitas yang tinggi, maka tenaga surya sangat potensial dikembangkan sebagai salah satu energi terbarukan yang paling efektif untuk diterapkan di berbagai daerah di seluruh Indonesia. Di lain pihak sudah semakin mahalnya energi listrik dari pembangkit konvensional dari energi fosil. Sedangkan kebutuhan akan sistem pendingin untuk penyimpanan bahan-bahan makanan baik daging maupun ikan segar sangat urgent karena produksi yang melimpah. Dengan demikian untuk kebutuhan penggerak mesin pendingin sudah banyak diteliti tentang peningkatan efektifitas dan keberlanjutan tenaga surya dibandingkan dengan energi listrik konvensional.

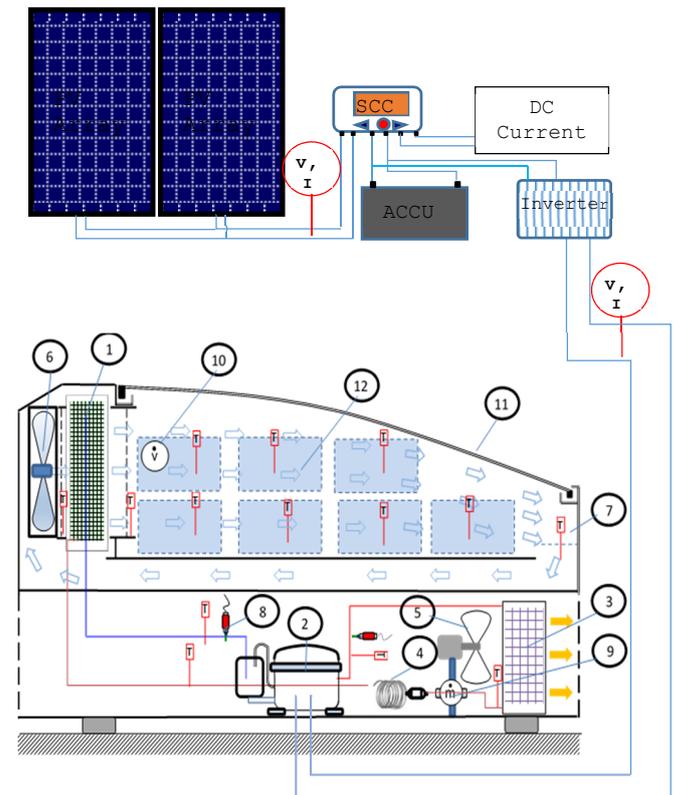
Li dan Wang [1] menyatakan bahwa tenaga surya lebih tepat untuk dikembangkan untuk sistem pendingin berkapasitas kecil yang dapat digunakan sebagai rantai dingin di daerah terpencil. Sistem dapat terhubung dengan jaringan atau tidak bergantung pada kondisi keberadaan jaringan. Pada saat ini Photovoltaic (PV) sudah diaplikasikan pada berbagai kapasitas sistem pendingin dari beberapa kilowatt saja hingga beberapa ribu kilowatt. Sedangkan untuk sistem pendingin berkapasitas besar lebih baik menggunakan sumber listrik dari jaringan listrik negara karena luaran listrik dari photovoltaic sangat berfluktuasi. Gupta dkk.[2] mengembangkan panel surya yang berdiri sendiri (*stand alone*) sebagai sumber energi untuk sistem refrigerator, dan menganalisis desain panel surya yang sesuai untuk kapasitas refrigerator tertentu dan menemukan bahwa tenaga surya sangat sesuai untuk sistem refrigerator. Koefisien kinerja (COP) diamati menurun dengan waktu dari pagi sampai sore dan COP maksimum cukup baik sebesar 2.1. Sedangkan dari sudut pandang ekonomi, sistem dapat layak dengan mempertimbangkan opsi emisi karbon dioksida, dan subsidi awal atau pengurangan biaya komponen terutama panel photovoltaic dan baterai.

Bilgili [3] dan Modi di dkk. [4] menyatakan bahwa sistem tidak dapat bertahan secara ekonomi tanpa insentif keuangan awal atau subsidi pemerintah, atau pengurangan substansial dalam biaya komponen yang lebih mahal. Dibutuhkan subsidi awal minimum sebesar 15% untuk mendapat periode pembayaran kembali finansial dari sistem saat ini ke umur proyek yang diasumsikan selama 24 tahun. Sistem PV secara ekonomis masih memerlukan biaya investasi yang cukup tinggi karena harga baterai masih relatif mahal. Dengan demikian tujuan dari kajian ini adalah untuk mendapatkan produk/prototipe lemari panjang (display cabinet) hemat energi dengan energi surya yang dapat menurunkan biaya operasional untuk penyimpanan ikan segar. Sehingga produk ikan segar dapat terjaga kualitas dengan harga yang bersaing. Tujuan lain adalah mendapatkan mekanisme sistem tenaga surya yang efisien yang sesuai dengan penggunaan display cabinet sehingga terjaga keberlanjutannya. Namun pada penelitian ini merupakan kajian awal untuk mendapatkan optimasi operasional dari sistem rangkaian *photovoltaic* yang dipersiapkan untuk suplai energi system display cabinet tersebut di atas.

2. Metode dan Bahan

Penelitian ini merupakan kajian awal untuk membuat produk/prototipe sistem *freezer display cabinet* untuk penyimpanan daging atau ikan segar dan rancang bangun integrasi sumber energi dari tenaga surya. Prototipe freezer

display cabinet dengan temperatur yang dapat dicapai bervariasi dari -20°C sampai dengan -25°C dengan sistem pengendalian yang presisi. Kelembaban (RH) juga dapat dikontrol yang dapat divariasikan 85% - 98%. Data awal adalah berupa kinerja sistem tenaga surya *off grid* dan pengumpulan data dilakukan dengan uji eksperimen dengan menggunakan instrumentasi dan alat ukur dengan presisi. Penelitian dilaksanakan di Lab Refrigerasi, Politeknik Negeri Bali. Setelah menganalisis data hasil uji eksperimen akan dilakukan perbaikan (*improvement*) dari sistem dan pada penelitian selanjutnya akan dilakukan uji dan analisis performansi system refrigerasi dari freezer display cabinet dan uji kualitas produk (ikan, daging) yang disimpan pada system freezer.



Keterangan :

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Evaporator | 7. Thermocouples |
| 2. Kompresor | 8. Pressure transducer |
| 3. Kondensor | 9. Flow meter - Refrigeran |
| 4. Pipa Kapiler | 10. Flow meter - udara |
| 5. Fan/Blower kondensor | 11. Display Cabinet body |
| 6. Fan/Blower Evaporator dengan pengaturan kecepatan | 12. Simulasi produk |

Gambar 1. Diagram prototipe *freezer* dengan tenaga surya

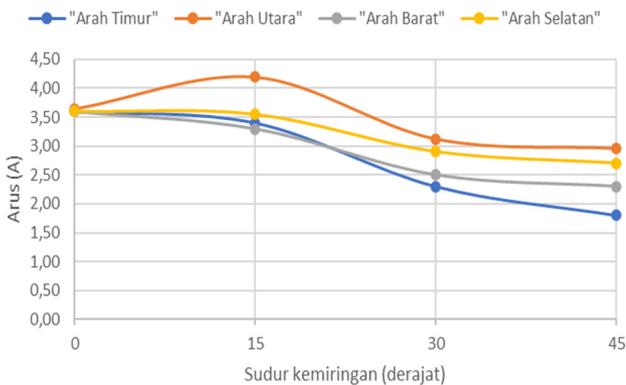
Sistem tenaga surya yang digunakan adalah sistem *off grid* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem tenaga surya diuji dari periode Bulan Agustus sampai dengan bulan Desember. Untuk mendapatkan optimasi sudut kemiringan photovoltaic. Pengukuran Arus listrik (I) dan tegangan (V) diukur pada setiap bagian yaitu keluar Photovoltaic, keluar Solar Charge Control (SCC), dan masuk serta keluar Inverter. Data diambil setiap 30 menit pada masing-masing bagian dengan *digital ampere meter* dan *digital voltmeter*. Sedangkan rancangan awal prototipe dan posisi instrumentasi dan pengukuran pada produk/prototipe juga ditunjukkan pada Gambar 1. Pada penelitian selanjutnya akan dilakukan pengambilan data performansi sistem akan

dilakukan dengan pengukuran temperatur (T) dan tekanan (P) di setiap kondisi (state) siklus freezer display cabinet serta laju aliran masa refrigeran (refrigerant side), kecepatan (v) dan temperatur (T) aliran udara pendinginan pada kondensor dan evaporator (air side). Dari segi kelistrikan dari sumber energi tenaga surya maupun komponen diukur daya listrik, arus serta voltase input juga diukur dengan seksama. Pengambilan data kualitas produk dilakukan dengan pengukuran temperatur (T) dan kelembaban (RH) ruangan pendingin.

Analisis secara keseluruhan akan dilakukan untuk mendapatkan performansi sistem dan kualitas produk yang dibantu dengan program EES (Equation Engineering Solver), Program @CoolPack, serta program spread sheet. Hasil analisis akan ditunjukkan dengan grafik dan tabel.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil kajian pendahuluan ini, diperoleh data rinci tentang keluaran arus dan tegangan listrik tenaga surya yang dapat dikonsumsi oleh sistem refrigerasi. Data pada percobaan ini dianalisis untuk mendapatkan tegangan dan arus yang optimal sesuai arah dan sudut kemiringan panel surya. Data dirangkum ke semua arah yang menghadap (Timur, Utara, Barat, dan Selatan) dan sudut 0°, 15°, 30°, dan 45°. Arus (I) didapatkan menurut arah mata angin dan sudutnya dengan rata rata ditunjukkan ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



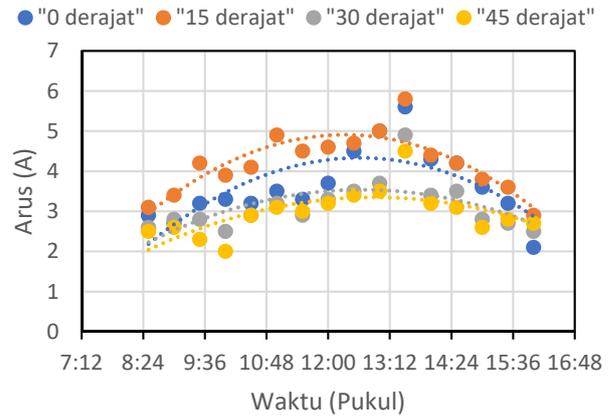
Gambar 2. Data hasil pengukuran luaran arus photovoltaic sesuai dengan sudut kemiringan dan arah mata angin

Hasil data dari segi arah dan sudut yang dapat menghasilkan arus maksimal yang menghadap ke utara dengan sudut 15 derajat, trend data menunjukkan arus keluaran dari fotovoltaik sesuai dengan intensitas sinar matahari dari pukul 8.30 pagi hingga 4.30 sore (waktu setempat) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa output arus (A) dari fotovoltaik bervariasi secara alami sesuai dengan tren intensitas penyinaran matahari sepanjang hari. Arus listrik didapatkan sangat baik pada pukul 12.00 hingga 13.00 (waktu setempat) dan secara umum masih mendapatkan tenaga surya selama delapan jam sehari. Dengan kondisi ini, sistem fotovoltaik dapat menggerakkan freezer pada siang hari selama 12 jam yang didukung oleh baterai. Pada malam hari, power listrik akan dialihkan pada jaringan listrik nasional (PLN). Sehingga pasokan tenaga listrik untuk sistem freezer tetap stabil sepanjang waktu pengoperasian. Untuk kebutuhan ini maka direkomendasikan sistem kontrol

switch change yang bekerja sesuai dengan suplai arus dominan yang masuk ke dalam sistem refrigerasi.

Dari analisis hasil tersebut diatas dimana kemiringan optimum pada 15 derajat arah utara, sehingga ditetapkan photovoltaic diinstalasi berupa *fix tilt* dengan sudut 15 derajat (dimana sudut 0 derajat dalam posisi horizontal), sehingga lebih lanjut pengujian dilakukan pada sudut ini berupa *fix tilt*. Instalasi lebih lanjut untuk kapasitas yang lebih besar yang biasanya diinstalasi diatas atap gedung dapat direkomendasikan sudut dan arah optimum ini.



Gambar 3. Data hasil pengukuran luaran arus photovoltaic pada sudut kemiringan 15° dan arah Utara

Kinerja mesin pendingin dengan sistem tenaga surya akan dikaji dari segi penghematan energi dan analisis ekonomis. Pada kajian awal ini dianalisis dengan data sekunder yang didapat dari berbagai jurnal internasional mutakhir. Opoku, dkk. [5] melakukan pendekatan yang handal dan hemat energi untuk menyediakan kebutuhan pendinginan di sebagian besar negara berkembang dan tropis. Secara penilaian tekno-ekonomi komparatif dari refrigerator arus searah (DC) dan refrigerator arus bolak-balik (AC) yang keduanya didukung oleh sistem photovoltaic (PV). didapatkan hasil bahwa kedua refrigerator mempertahankan suhu kabinet dan evaporator yang hampir sama masing-masing sekitar 2 °C dan -10 °C. Namun, refrigerator AC mengkonsumsi daya dan lonjakan daya yang relatif tinggi dibandingkan dengan refrigerator DC.

Asesmen ekonomi didapatkan bahwa refrigerator DC (tanpa inverter) dibandingkan dengan refrigerator AC (dengan inverter), berpotensi mengurangi biaya sistem secara keseluruhan sebesar 18% . Sedangkan lebih lanjut sistem refrigerator DC dengan metode kecepatan variabel dibandingkan dengan mode kecepatan tetap, kapasitas pendinginan mode kecepatan variabel meningkat 32,76% dan pemanfaatan PV rata-rata meningkat sebesar 45,69% [6]. Daffallah [7] dan [8] menguji kinerja refrigerator photovoltaic DC 12 V dan 24 V dengan dan tanpa pembebanan dan didapatkan bahwa perbandingan pengoperasian refrigerator DC 12 V jauh lebih efisien dari pada pengoperasian 24 V, terutama pada temperatur lingkungan yang lebih tinggi dengan rata-rata penghematan energi 81,28 kWh / tahun. Secara aplikatif mesin pembuat es diuji dengan mengoptimalkan sistem pasokan energi surya, hasil simulasi selama satu tahun menunjukkan sistem mampu memenuhi target produksi es selama 89% dari hari-

hari dalam setahun di lokasi terpilih, ini menunjukkan bahwa sistem energi matahari sangat sustained untuk kebutuhan sistem pendingin [9]. Lebih lanjut Saliliha dan Birhane [10] merekomendasikan bahwa untuk pendinginan yang berdiri sendiri menggunakan sistem PV surya sebagai sumber energi, lebih ekonomis menggunakan refrigerator DC dari pada refrigerator AC.

4. Kesimpulan

Dari hasil kajian awal yang dilakukan maka didapatkan hasil berupa kelayakan dan optimasi dari penggunaan sistem photovoltaic untuk aplikasi penggerak sistem *display cabinet*, bahwa sistem tenaga surya dengan rangkaian photovoltaic mencapai hasil output arus yang optimal adalah dengan sudut kemiringan 15° dan arah Utara (lokasi pengambilan data di Politeknik Negeri Bali). Penelitian selanjutnya akan dilakukan pembuatan prototipe freezer dan diuji lebih lanjut dengan suplai tenaga surya dan dianalisis optimasi penghematan energinya dan keberlanjutannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPM Ristek Dikti atas pendanaan yang diberikan dengan kontrak No. SPKK: 249/SP2H/LT/DRPM/2021 dan SP DIPA-042.06.1.401516/2021. Serta dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali atas bantuan dan dukungan laboratorium beserta mahasiswa yang terlibat pada penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bali atas dukungan administratif yang diberikan selama periode penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Li, R.Z. and Wang, Photovoltaic powered solar cooling systems, "Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China," *Advances in Solar Heating and Cooling Book*, 2016, ISBN 978-0-08-100301-5, Elsevier Ltd.
- [2] B.L. Gupta , M. Bhatnagar , and J. Mathur , "Optimum sizing of PV panel, battery capacity and insulation thickness for a photovoltaic operated domestic refrigerator", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol.7, 2014, pp. 55-67.
- [3] M. Bilgili, "Hourly simulation and performance of solar electric-vapor compression refrigeration system", *Solar Energy*, VI. 85, Issue 11, 2011, pp. 2720-2731.
- [4] Modi, Chaudhuri, A. Vijay, and B. Mathur, "Performance analysis of a solar photovoltaic operated domestic refrigerator", *Applied Energy*, Vol. 86, Issue 12, 2009, pp. 2583-2591.
- [5] R. Opoku, S. Anane, I. A. Edwin, M.S. Adaramola and R. Seidu, "Comparative techno-economic assessment of a converted DC refrigerator and a conventional AC refrigerator both powered by solar PV," *International Journal of Refrigeration*, 2016 <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.ijrefrig.2016.08.014>.
- [6] P. Su, J. Ji, J Cai, Y. Gao, and K. Han, "Dynamic simulation and experimental study of a variable speed photovoltaic DC refrigerator," *Renewable Energy* 152, 2020, 155-164.
- [7] K.O. Daffallah, M. Benganem, S.N. Alamri, A.A. Joraid, and A.A. Al-Mashraqi "Experimental evaluation of photovoltaic DC refrigerator under different thermostat settings", *Renewable Energy*, xx-xx.
- [8] K.O. Daffallah "Experimental study of 12V and 24V photovoltaic DC refrigerator at different operating conditions", *Physica B: Condensed Matter* Vol. 545, 2018, pp237-244.
- [9] V. T.Toledo, K. Meissner , P. Täschner, S. M. Ballester , and J. Müller, "Design and performance of a small-scale solar ice-maker based on a DC-freezer and an adaptive control unit," *Solar Energy*, 139, 2016, 433-443.
- [10] E. M. Saliliha, and Y. T. Birhane, "Modelling and performance analysis of directly coupled vapor compression solar refrigeration system", *Solar Energy*, Vol.190 ,2019, pp.228-238.

e-ISSN 2684-8201



p-ISSN 2655-9145



JAMETECH

Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Politeknik Negeri Bali,
Jl. Kampus, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung
Bali - Indonesia 80364 - PO BOX 1064
Telp. (+62)361 701981 Fax. (+62)361 701128
Email: jametech@pnb.ac.id

