

SIMULASI TEKANAN DAN KECEPATAN UDARA BERDASARKAN VARIABEL GERAK PISTON YANG DIHASILKAN OLEH GERAK TRANSVERSAL GELOMBANG LAUT

*(SIMULATION OF PRESSURE AND AIR VELOCITY ON PISTON MOVING
VARIABLES PRODUCED BY SEA WAVES TRANSVERSAL MOVEMENTS)*

Dimmas Jodi Prastyo¹, Suprayogi², Rahmat Awaludin Salam³

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹dimmasjody@gmail.com, ²suprayogi@telkomuniversity.ac.id, ³awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Seiring berkembangnya zaman semakin banyak energi listrik yang dibutuhkan untuk kelangsungan kehidupan sehari-hari, keterbatasan sumber energi fosil merupakan salah satu masalah di kehidupan, untuk itu dibutuhkan sumber energi alternatif lain yang dapat menghasilkan energi secara kontinu demi berlangsungnya kehidupan manusia, yaitu menggunakan energi terbarukan yang tersedia sepanjang waktu. Keterbatasan energi fosil ini sebagai dasar pembuatan simulasi. Penelitian ini dirancang untuk menyimulasikan keluaran tekanan piston dan kecepatan udara yang kontan pada kompresor berdasarkan ketinggian gelombang laut. Tahap Pertama yang dilakukan adalah mengkarakteristik bentuk gelombang laut dan di ambil sampel selama 30 detik untuk selanjutnya bersifat kontinu. Kemudian dari hasil ketinggian gelombang laut diperoleh nilai tekanan dan kecepatan udara. Nilai tersebut akan tersalurkan dengan menggunakan kompresor dengan sampel variasi *outlet* sebesar 0.5 mm dan 3 cm. Hasil variasi tersebut menghasilkan tekanan dan kecepatan udara yang berbeda. Saat *outlet* 0.5 mm nilai tekanan dan kecepatan udara nya konstan di 2.25 bar dan 1.13 m/s. Daya yang diperoleh dari *outlet* 0.5 mm relatif konstan di 122 watt, hanya di awal daya yang diperoleh 0 watt dikarenakan adanya pembeda waktunya. Ketika menggunakan *outlet* 3 cm tekanan dan kecepatan udaranya akan cepat habis (tidak konstan). Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi dengan *outlet* sebesar 0.5 mm hasil yang diperoleh relatif konstan.

Kata Kunci : Kompresor, Gelombang Laut, Daya, Tekanan

Abstract

Along with the development of the times, more and more electrical energy is needed for daily life, fossil energy sources as one of the problems in life, for that we need another alternative energy source that can produce energy in accordance with human needs, which uses renewable energy available to carry time. Limitations of fossil energy as a basis for making simulations. This research is designed to simplify the pressure output and air velocity compensated at high speeds. The first step is to rectify the shape of the ocean waves and take a sample for 30 seconds to further produce continuous. Then from the results of the sea wave height obtained high values and air velocity. This value will be distributed using a compressor with a variation of sample outlets of 0.5 mm and 3 cm. The resulting variation in this produces different pressures and air speeds. When the outlet is 0.5 mm the rated speed and air speed are constant at 2.25 bar and 1.13 m/s. The power obtained from a 0.5 mm outlet is relatively constant at 122 watts, only at the beginning the power obtained by 0 watts is obtained as a differentiator of results. When using a 3 cm outlet the speed and speed of the air will quickly run out (not constant). Based on the results of research and simulation with an outlet of 0.5 mm the results obtained are relatively constant.

Keywords: Compressors, Sea Waves, Power, Pressure

1. Pendahuluan

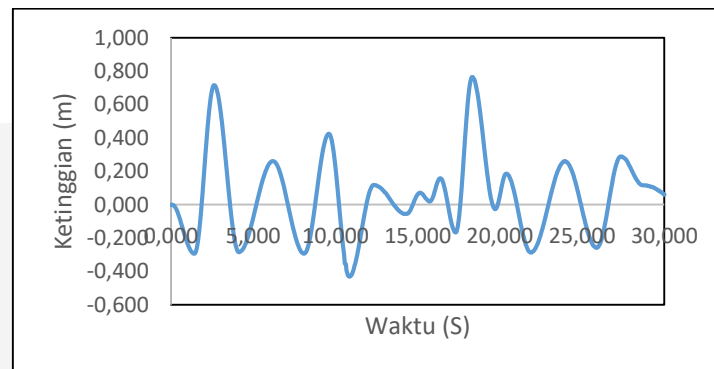
Seiring perkembangan zaman, kebutuhan akan energi semakin meningkat. Tetapi hal ini tidak diimbangi oleh pasokan energi yang memadai karena terbatasnya energi fosil. Untuk itu kita harus menemukan alternatif sumber energi lain yang dapat menghasilkan energi secara kontinu demi berlangsungnya kehidupan manusia, yaitu menggunakan energi terbarukan yang tersedia sepanjang waktu. Indonesia merupakan negara kepulauan yang hampir 2/3 adalah lautan. Kekayaan alam di Indonesia merupakan sumber penghasilan bagi masyarakat Indonesia. Namun, pemanfaatannya masih termasuk minim dan belum sepenuhnya dimanfaatkan oleh pemerintah sebagai sumber energi. Dibeberapa laut di Indonesia gelombang laut nya dapat di konversikan menjadi energi listrik, sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil. Kian menipisnya bahan bakar fosil di bumi. Didasari hal tersebut, maka akan diteliti mengenai output daya yang dihasilkan oleh gerak ombak yang berpengaruh pada generator yang dipasangkan pada suatu pembangkit. Ombak merupakan sumber energi yang cukup besar yang memanfaatkan gerakan air laut yang turun-naik, sedangkan energi ombak adalah energi alternatif yang dibangkitkan melalui efek gerakan untuk menghasilkan energi listrik[1]. Penggunaan sistem pneumatik karena sistem tersebut memanfaatkan energi udara yang terkompresi, dimana udara

merupakan bahan yang tidak habis dibandingkan sistem lain. Sistem pneumatik memiliki medan pengeluaran lebih sedikit sehingga tidak memerlukan energi yang lebih banyak. Untuk memahami karakteristik generator maka harus dilakukan uji dalam skala lab untuk mengetahui percobaan simulasi dan keadaan real. Fokus dari penelitian ini adalah menganalisis karakteristik kecepatan dan tekanan pada kompresornya berdasarkan gerak ombak, mengubah energi yang dihasilkan ombak laut dengan menggunakan sistem dari prinsip kerja generator atau kompresor. Energi mekanik yang disebabkan oleh gerak gelombang mengakibatkan gerakan piston untuk menghasilkan energi listrik yang kemudian tegangan yang dihasilkan akan dialirkan ke jaringan-jaringan sistem untuk digunakan masyarakat

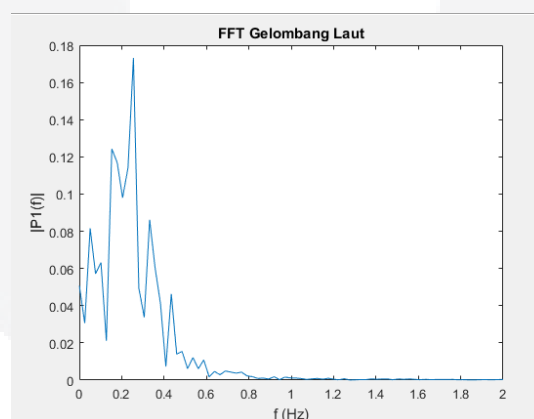
2. Pembahasan

2.1. Pengujian Gelombang Laut

Pada simulasi yang telah dilakukan, untuk mengetahui pergerakan gelombang laut selama 30 detik, diberikan objek berbentuk bola yang ditempelkan pada pelampung berbentuk balok agar dapat berkontak langsung dengan gelombang laut sehingga dapat dilakukan pengamatan gerak transversal. Metode pengambilan data yang dilakukan adalah dengan cara merekam video pergerakan objek gelombang laut yang bersifat kontinu pada setiap waktu dengan selang waktu 30 detik (lihat Gambar 4.2). Ketinggian maksimum yang dicapai yaitu kurang dari 800 cm serta memiliki 10 lembah dan 10 bukit. Data tersebut juga digunakan pada percobaan kompresor *real*, yang bertujuan untuk mengetahui bahwa hasil dari simulasi dan percobaan pada kompresor *real* nilainya sama. Data dari ketinggian gelombang yang diperoleh dari video yang telah direkam, digunakan sebagai verifikasi model simulasi awal. Verifikasi data tersebut dapat digunakan untuk perhitungan tekanan piston dan kecepatan udara.



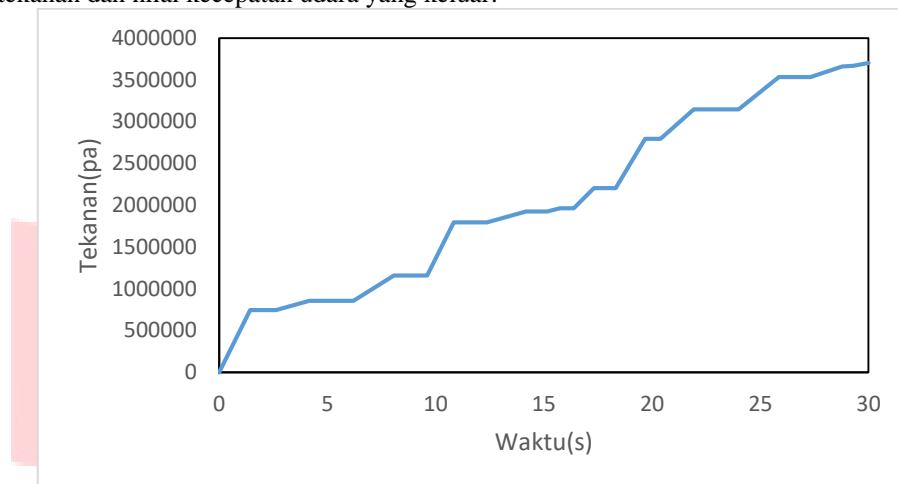
Gambar 2.1 Grafik Ketinggian Gelombang Laut



Pada gambar Analisis FFT diperoleh 10 *peak* (puncak) yang berbeda beda. Analisis pada hasil FFT ini terdapat 5 *peak*. *Peak* 1 terdapat di 0.1 Hz, *Peak* 2 ada di 0.15 Hz, *Peak* 3 0.19 Hz, *peak* 4 di 0.25 Hz dan *Peak* ke 5 di 0.3 Hz. *Peak* ke 6 di 0.5, *peak* ke 7 di 0.55, *Peak* ke 8 di 0.58, *peak* ke 9 di 0.6 dan *peak* ke 10 di 0.62. Dari *Peak* yang didapat dari hasil FFT dinyatakan bahwa *peak* tertinggi terdapat di *peak* ke 4 (0.25 Hz). Frekuensi yang dihasilkan pada *peak* ke 4 (0.25 Hz) sesuai dengan frekuensi gelombang laut sebesar 0.25 Hz. Ini termasuk gelombang angin

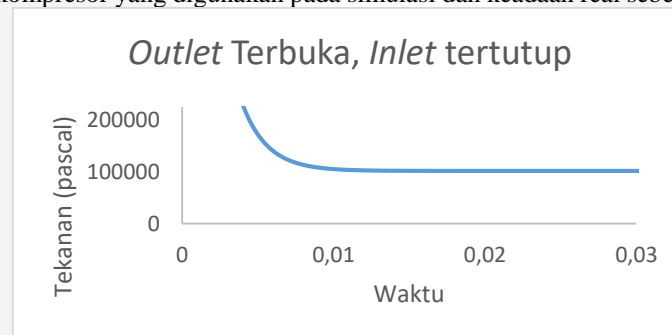
2.2 Perhitungan Tekanan Berdasarkan outlet menggunakan 55 mm

Pada simulasi yang dilakukan untuk menghitung tekanan menggunakan piston 55 mm akan menghasilkan nilai tekanan dan nilai kecepatan udara yang keluar.



Gambar 2.2 Grafik Tekanan Terhadap Waktu Saat Outlet Ditutup

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa saat outlet ditutup maka besar tekanan akan terus bertambah. Saat kondisi tangki kompresor kosong ($P = 0$ pascal) untuk pengisian mencapai 3750000 pascal (37.5 bar) dikarenakan *outlet* (keluarannya ditutup). Kenaikan tekanan disebabkan karena tidak adanya tekanan yang keluar, sehingga mengakibatkan tekanan terus naik dan nilai kompresor sampai titik maksimum. Dimana, titik maksimum kompresor yang digunakan pada simulasi dan keadaan real sebesar 600000 pascal (6 bar).



Gambar 2.3 Grafik Saat Inlet Ditutup

Kondisi kedua di analisis ketika *inlet* (masukan) ditutup dan *Outlet* (keluaran) terbuka. Mula mula keadaan kompresor atau tangki dalam keadaan terisi sebesar 225000 pascal sesuai dengan yang disimulasikan kondisinya. Dari grafik pada gambar 2.3 dapat dilihat bahwa saat *inlet* (masukan) ditutup maka besar tekanan akan terus berkurang secara eksponensial, tekanan yang dihasilkan lama kelamaan akan seperti tekanan udara atmosfer.

2.3 Perhitungan saat *Inlet* dan *Outlet* Terbuka

Dalam simulasi ini menggunakan kompresor udara tipe piston 55 mm. Diasumsikan Kompresor dalam keadaan tekanan (2.25 bar). Untuk mencari tekanan yang konstan menggunakan persamaan 4.2 dengan inlet 1 cm dan outlet bervariasi yaitu 0,5 mm dan 3 cm. Saat kondisi gelombang laut turun maka piston akan bergerak keatas untuk memompa udara masuk kedalam tabung kompresor, lalu saat gelombang laut naik maka piston akan turun untuk menghisap udara luar masuk kedalam silinder tabung. Hal tersebut akan terus menerus sepanjang interval waktu yang terdapat dalam grafik ketinggian gelombang laut terhadap waktu. Pada persamaan 2.2 di asumsikan ideal dikarenakan gerak naik turunnya gelombang sebagai gerak naik turunnya piston.

$$PV = NRT \quad (2.2)$$

$P = \text{Tekanan (pa)}$

$V = \text{Volume(liter)}$

$R = \text{Konstanta Gas Ideal}$

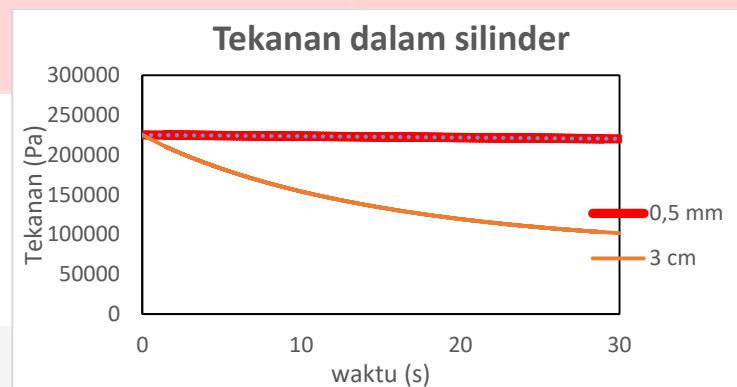
$M = \text{Massa jenis udara}(\text{kg}/\text{m}^3)$

$m = \text{massa}(\text{gram})$

$T = \text{Temperatur}(\text{ Kelvin})$

Pada persamaan tersebut karena kondisi massa yang masuk berubah – ubah maka persamaan yang didapat persamaan sebagai berikut :

$$PV = \frac{m}{M}RT$$



Gambar 2.4 Grafik saat outlet dan inlet terbuka

Pada gambar 2.4 dapat dilihat perbedaan saat outlet 0,5 mm dan 3 cm akan mengalami perubahan nilai tekanan hal ini disebabkan karena adanya perbedaan udara yang masuk dan udara yang keluar. Pada saat keluarannya sebesar 3 cm udara yang keluar akan lebih banyak daripada udara yang masuk, dikarenakan nilai masukan (*inlet*) lebih kecil dari keluaran (*outlet*). Pada saat keluaran (*outlet*) 0,5 mm nilai tekanan udara akan relatif konstan, dikarenakan nilai keluarannya jauh lebih kecil daripada nilai inlet sehingga udara yang keluar jauh lebih sedikit.

2.4 Simulasi kecepatan Udara

Pada simulasi yang dilakukan, menghasilkan nilai tekanan. Dari nilai tekanan dapat dihitung besar kecepatan udara yang keluar melalui lubang outlet sebesar 0.5 mm untuk menghitung kecepatan udara menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \sqrt{\frac{2(P_{Aakhir} - P_{Awal})}{\rho}} \quad (2.3)$$

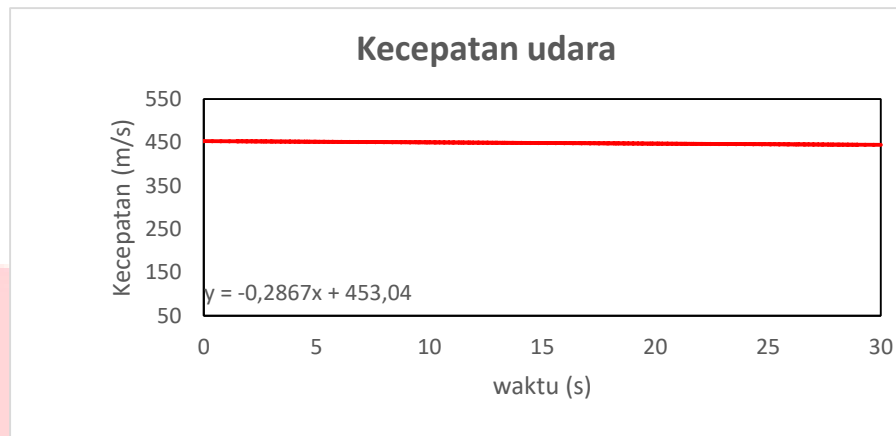
$v = \text{Kecepatan udara}$

$P_{Awal} = \text{Tekanan Atmosfer}$

$P_{Aakhir} = \text{Tekanan dalam tabung}$

$\rho = \text{Massa jenis udara}$

Dari perhitungan menggunakan persamaan 2.3 didapatkan grafik kecepatan udara terhadap waktu yang keluar dari lubang *outlet* :

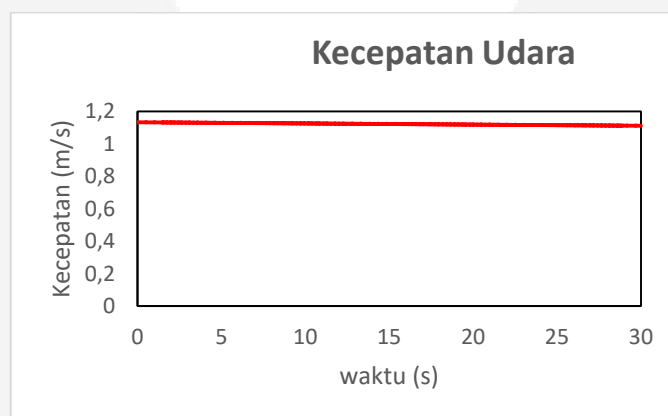


Gambar 2.5 Grafik kecepatan udara

Dari gambar 2.5 menghasilkan nilai kecepatan saat 0.5 mm relatif konstan pada 451 m/s. Akan tetapi, dikarenakan keterbatasan alat ukur untuk mengukur kecepatan yang sampai 451 m/s sehingga perlu adanya perbedaan luas penampang agar kecepatan berkurang. Untuk luas penampang baru *nozzle* berdiameter 1 cm yang mengakibatkan perubahan kecepatan udara jadi lebih rendah dari sebelumnya menggunakan persamaan berikut :

$$A_1V_1 = A_2V_2 \quad (2.4)$$

Dengan menggunakan persamaan 2.5 didapatkan simulasi kecepatan udara yang didapat yaitu sekitar 1.13 m/s.



Gambar 2.6 Kecepatan udara saat menggunakan perbedaan luas penampang

2.5 Energi

Setelah dilakukan simulasi untuk menentukan nilai tekanan dan kecepatan udara, maka selanjutnya dapat mengetahui berapa besar Energi sehingga dapat mengetahui yang dapat digunakan untuk menggerakkan generator. Adapun persamaan usaha dan daya menggunakan persamaan 2.6 dan persamaan 2.7

$$W = \dot{m} \frac{P}{\rho} + \dot{m} \frac{1}{2} v^2 + \dot{m}gh \quad (2.4)$$

Karena tidak adanya perubahan gravitasi maka:

$$W = \dot{m} \frac{P}{\rho} + \dot{m} \frac{1}{2} v^2 \quad (2.5)$$

sehingga,

$$W = \frac{m}{t} \cdot \frac{P}{\rho} + \frac{m}{t} \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \quad (2.6)$$

$$W = \frac{m}{t} \cdot \frac{P}{\frac{m}{V}} + \frac{\rho V}{t} \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \quad (2.7)$$

$$W = \frac{V}{t} \cdot P + \rho \cdot \frac{V}{t} \cdot \frac{1}{2} \cdot v^2 \quad (2.8)$$

$$W = Q \cdot P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (2.9)$$

$$W = A \cdot v \cdot P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (2.10)$$

dimana:

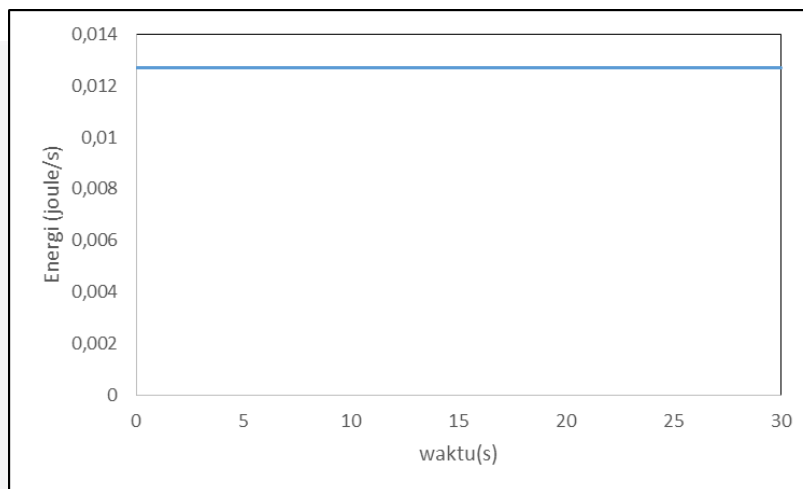
W = Energi (joule/s)

A = Luas Penampang (m²)

P = Tekanan Dalam Tabung (pascal)

ρ = Massa Jenis Udara (kg/m³)

v = Kecepatan Udara (m/s)

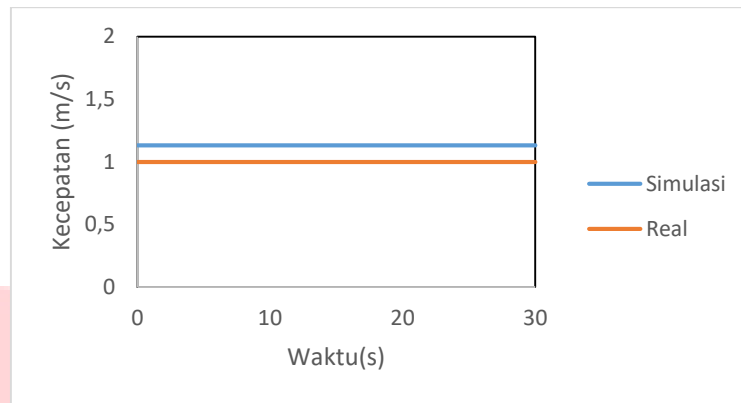


Gambar 2.7 Grafik Energi (Usaha)

Dari gambar 2.7 dapat dilihat bahwa usaha (energi) yang diperoleh dari hasil simulasi menggunakan persamaan 2.6 adalah 0.01274 J/s relatif konstan dan setelah mengetahui nilai usaha yang dihasilkan, maka dapat dihitung nilai dayanya dari simulasi menggunakan persamaan 2.7

2.6 Perbandingan Keadaan Simulasi dan Real

Hasil perbandingan kecepatan pada saat simulasi dan real didapatkan berdasarkan hasil tekanan yang telah dihitung pada simulasi sebelumnya. Sehingga besar tekanan yang dihasilkan akan mempengaruhi besar kecepatan yang dihasilkan.

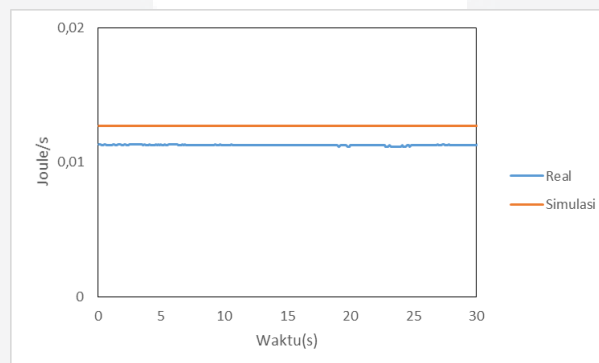


Gambar 2. 8 Grafik Perbandingan Kecepatan Udara simulasi dan real

Perbandingan Kecepatan udara real dan simulasi sebesar 1.13 m/s dengan menggunakan perbedaan luas penampang yang laminar perbedaan sebesar 0.13 m/s perbedaan kecepatannya tidak terlalu jauh. Sehingga mengakibatkan error yang dihasilkan antara nilai kecepatan udara simulasi dan real 0.13%.

2.6.1 Perbandingan Hasil Energi

Hasil perbandingan hasil energi pada saat simulasi dan real didapatkan berdasarkan hasil tekanan dan kecepatan udara yang telah dihitung pada simulasi dan keadaan real sebelumnya. Sehingga besar tekanan dan kecepatan udara yang dihasilkan akan mempengaruhi besar energi yang dihasilkan.



Gambar 2. 9 Grafik Perbandingan Hasil Energi

Perbandingan Hasil Energi real [6] dan simulasi sebesar 0.01 joule/s. Sehingga mengakibatkan error yang dihasilkan antara nilai kecepatan udara simulasi dan real 0.9%.

3. Kesimpulan dan Saran

3.1 Kesimpulan

1. Pada penelitian ini menyimulasikan tekanan piston dan kecepatan udara yang dihasilkan dari ketinggian gelombang laut. Pada penelitian ini masukan (inlet) udara sebesar 1 cm dan keluaran (outlet) udara 0.05 cm dengan tekanan maksimum kompresor yang digunakan sebagai validasi adalah 6 bar. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian menggunakan tekanan 225000 pascal hasil yang diperoleh relatif konstan dan kecepatan udara yang dihasilkan sebesar 1.13 m/s.
2. Dengan tekanan dan kecepatan yang diperoleh simulasi menghasilkan Energi Fluida sebesar 0.01274 Joule/s.

3.2 Saran

1. Untuk mengambil sampel simulasi ketinggian gelombang laut diperlukan waktu yang lebih lama agar hasil yang didapat lebih akurat.
2. Sebaiknya mempertimbangkan kompresor yang digunakan dan lebih memperhatikan beda kondisi lingkungan dan keadaan di kompresornya.

Daftar Pustaka:

- [1] Riri Lazzoria Eka Putri¹, Ir. Mas Sarwoko², Angga Rusdinar Ph.D³, dan Kharisma Bani Adam MT.⁴. 2016. *Design and Implementation of Ocean Wave Power Plant USDC Generator system to charging battery electric boat*. Bandung : Telkom University.
- [2] Ardhinata Sanjaya Putra. 2013. *Generator AC dan DC*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [3] Supardi, Agus¹, Aris Budiman², Nor Rahman Khairudin³. 2015. *Pengaruh kecepatan putar dan beban terhadap keluaran generator induksi 1 fasa kecepatan rendah*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta. Vol. 16 No. 01.
- [4] Riyanto. 2017. *Termodinamika Teknik*. Purwokerto : Universitas Jendral Sudirman
- [5] Suyanto, M.T., 2002. *"Pengantar Sistem Pneumatik"*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Mesin. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Reza Putra Nugraha (2019) Rancang bangun Generator tenaga Kompresi berdasarkan variabel tekanan piston sebagai simulator transfer energi gelombang laut. Telkom University.