

## Percobaan Aliran Fluida (Air) Pada Turbin Whirlpool Menggunakan Pendekatan Cfd (Computational Fluid Dynamics)

Arismunandar Hasibuan

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, <sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan  
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

arismunandarhasian@gmail.com

### Abstrak

Potensi pengembangan PLTMH di Indonesia masih sangat terbuka. Banyak inovasi yang telah dilakukan pada turbin air, salah satunya dengan memanfaatkan energi dari pusaran air untuk selanjutnya dikonversi menjadi energi puntir seperti pada turbin whirlpool. Turbin air Whirlpool merupakan mesin untuk mengkonversikan energi air menjadi energi puntir sebagai penggerak generator untuk membangkitkan energi listrik, dengan keuntungan dapat bekerja pada head yang rendah serta konstruksi dan perawatannya mudah dan murah. Dalam hal ini peneliti bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik aliran fluida yang terjadi pada turbin whirlpool menggunakan Solidworks Flow Simulation. Variasi yang digunakan adalah dengan menggunakan debit aliran yaitu 90, 110, 125, 135, dan 150 l/m. Metode simulasi menggunakan tipe analisis Internal Flow. Kondisi batas yang digunakan adalah Inlet Volume Flow pada inlet dan Environment Pressure pada outlet. Hasilnya adalah turbin whirlpool menghasilkan efisiensi 19,95 pada debit 150 l/m. Nilai torsi yang diperoleh turbin whirlpool semakin tinggi dengan bertambahnya debit aliran dengan torsi maksimal 0,159 Nm, efisiensi maksimal adalah 22,14 % pada debit 125 l/m. Dan efisiensi pada pengujian CFD lebih tinggi dibanding dengan pengujian secara eksperimental.

**Kata Kunci** : CFD, Turbin Air, Whirlpool, Laju Aliran.

## 1. PENDAHULUAN

Potensi air tersebar di seluruh Indonesia dan diperkirakan mencapai 75.000 MW dan pemanfaatannya baru sekitar 10,01 % atau sebesar 7.572 dari seluruh potensi yang ada. Akan tetapi, pembangkit listrik berskala besar tidak sepenuhnya bisa menjawab masalah pemenuhan kebutuhan energi. Tidak juga dalam keseimbangan penyebaran terutama pada daerah-daerah pelosok yang belum memungkinkan distribusi listrik nasional. Banyak inovasi yang telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi pada turbin air, salah satunya adalah dengan memanfaatkan energi dari pusaran air untuk menggerakkan turbin seperti pada turbin whirlpool.

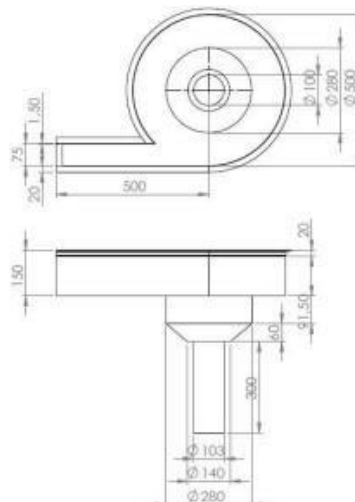
Penggunaan turbin whirlpool ini belum begitu banyak dikembangkan. Mengutip dari website turbulent.be sebagai pengembang dari turbin tipe ini, turbin ini sangat efisien digunakan untuk sungai dan kanal dengan perbedaan ketinggian rendah (antara 1,5 - 5 m), dan keunggulan lain dari turbin tipe whirlpool ini juga ramah lingkungan dan tidak perlu membuat bendungan, minim perawatan, aman dari resiko banjir karena tidak mengganggu jalur sungai yang seharusnya, serta mudah dalam pemasangan. Mengingat tingginya biaya yang dikeluarkan untuk riset terutama pada pengujian eksperimental.

Untuk menekan biaya riset ini maka dapat dilakukan dengan pengujian menggunakan perangkat lunak komputasi yaitu Computational Fluid Dynamics (CFD). CFD sendiri adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika (model matematika). Pada dasarnya, persamaan-persamaan pada fluida dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan-persamaan diferensial parsial (PDE-partial Differential Equation) yang mempresentasikan hukum-hukum konversi massa, momentum, dan energi.

Berdasarkan masalah latar belakang diatas, maka dapat ditarik rumusan-masalah, bagaimana karakteristik aliran fluida pada turbin whirlpool, dan pengaruh jumlah debit aliran terhadap torsi dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin.

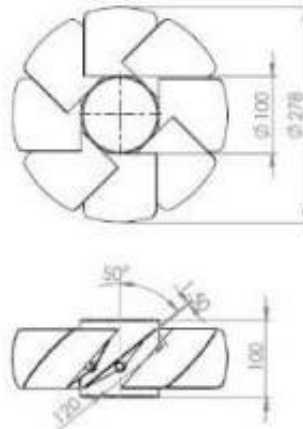
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada aplikasi Solidworks dengan mendesain bagian-bagian utama terlebih dahulu meliputi basi dan runner. Adapun diameter basin yang dirancang adalah 500, tinggi basin 150 mm. Diameter rumah turbin 280 mm dan tingginya 150 mm. Diameter draft tube 100 mm dengan tinggi 300 mm. ketebalan seluruh bagian basin adalah 1,50 mm.



Gambar 1. Desain Basin

Selanjutnya desain runner dengan diameter runner adalah 280 mm dengan tinggi 140 mm. panjang sudu 120 mm dan lebar sudu 90 mm dengan ketebalan 1,5 mm. serta diameter poros luar 100 mm.



**Gambar 2. Desain Runner**

Kemudian melakukan simulasi aliran fluida pada Solidworks Flow Simulation dengan memvariasikan debit aliran pada sisi inlet turbin, sebagai berikut:

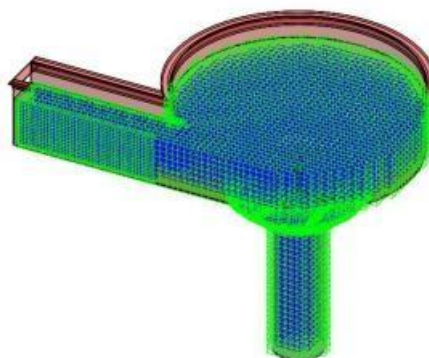
**Tabel 1. Variasi debit aliran**

l/m	m <sup>3</sup> /s
150	0,002500
135	0,002250
125	0,002083
110	0,001833
90	0,001650

Selanjutnya pada bagian outlet yang digunakan adalah adalah Enviornment Pressure pada setiap variasi debit pada tabel 1 diatas.

### 3. HASIL

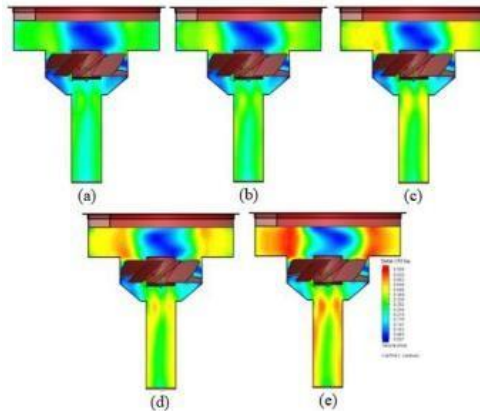
Domain mesh turbin savonius yang digunakan adalah menggunakan mesh berbentuk pesegi (square mesh).



**Gambar 3: Hasil Mesh**

Basic dimension mesh pada bidang X adalah 56, pada bidang Y adalah 42 dan pada bidang Z adalah 38. Kemudian basing dimension mesh dikalkulasi menjadi lebih kecil lagi menjadi cels-cels kecil. Adapun number of cell dari hasil meshing berupa total cells sebanyak 182875, fluid cells sebanyak 46163, solid cels sebanyak 90459, dan partial cells sebanyak 46253. Kotak warna biru pada

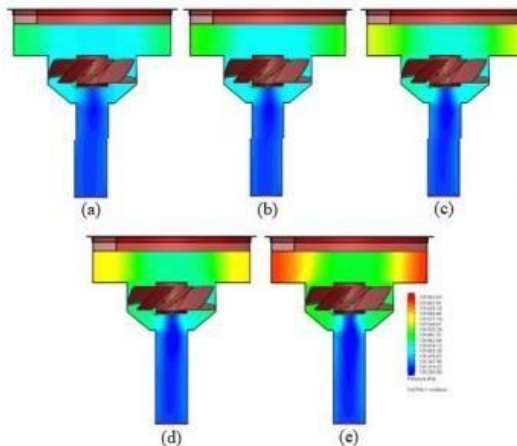
gambar 4.12 diatas menunjukkan fluid cells sedangkan kotak berwarna hijau menunjukkan partial cells. Gambar dibawah menunjukkan kontur kecepatan hasil pemodelan turbin whirlpool.



**Gambar 4: Kontur Kecepatan Aliran Fluida**

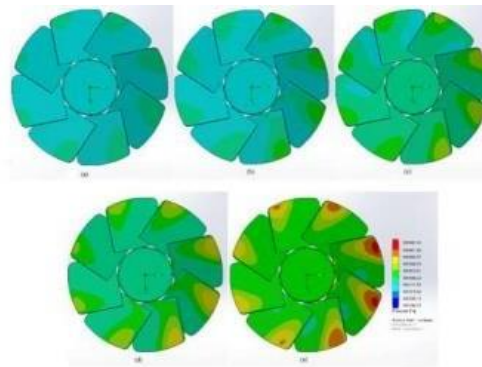
Gambar (a) menunjukkan kontur aliran fluida pada debit aliran 90 l/m, (b) menunjukkan kontur aliran pada debit 110 l/m, (c) menunjukkan kontur aliran pada debit 125 l/m, (d) menunjukkan kontur aliran pada debit 135 l/m, (e) menunjukkan kontur aliran pada debit 150 l/m. Terlihat pada gambar bahwa semakin tinggi debit aliran maka laju aliran akan semakin tinggi. Dapat dilihat pada bagian runner warna dari kontur aliran makin cerah, hal ini menandakan penyerapan energi oleh runner sehingga kecepatan aliran semakin rendah.

Selanjutnya pada gambar dibawah menunjukkan kontur tekanan pada turbin. Gambar 9 (a) menunjukkan kontur tekanan pada debit 90 l/m, (b) menunjukkan kontur tekanan pada debit 110 l/m, (c) menunjukkan kontur tekanan pada debit 125 l/m, (d) menunjukkan kontur tekanan pada debit 135 l/m, (e) menunjukkan kontur tekanan pada debit 150 l/m.



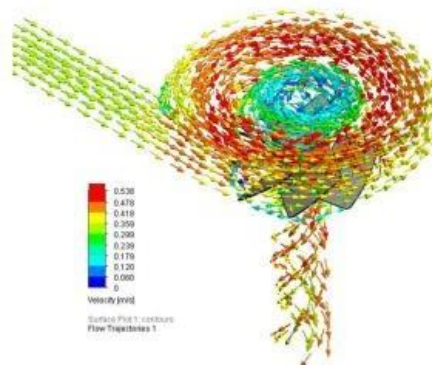
**Gambar 5: Kontur Tekanan Aliran Fluida**

Pada gambar dibawah bila diperhatikan pada warna yang dihasilkan, terlihat bahwa tekanan hanya menumpuk pada satu titik pada sudu runner. Hal demikian terjadi karna vortex yang dihasilkan basin kurang sempurna. Visualisasi aliran ini dapat membantu memberikan umpan balik pada proses perancangan turbin, seperti basin dan draftube. Basin dengan kinerja yang baik, akan meningkatkan kinerja runner pula.



**Gambar 6: Distribusi Tekanan pada Runner**

Selanjutnya pada simulasi juga dapat dilihat vektor aliran fluida pada turbin whirlpool. Dapat diamati melalui perbedaan warna, kecepatan fluida semakin tinggi pada bagian tengah basin. Mass flow rate pada debit 150 l/m adalah 2,4930 Kg/s, mass flow rate pada debit 135 l/m adalah 2,2445 Kg/s, mass flow rate pada debit 125 l/m adalah 2,0779 Kg/s, mass flow rate pada debit 110 l/m adalah 1,8285 Kg/s, mass flow rate pada debit 90 l/m adalah 1,6460 Kg/s.



**Gambar 7: Vektor Kecepatan Aliran Fluida**

#### 4. PEMBAHASAN

Adapun hasil dari simulasi dapat dilihat pada tabel dibawah.

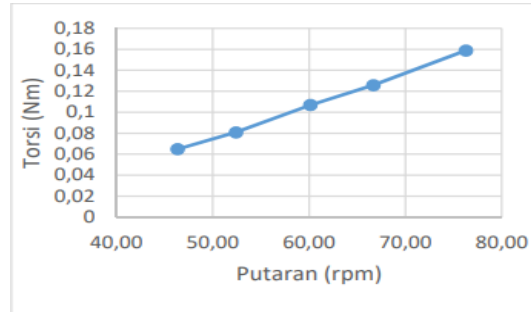
**Tabel 2. Data hasil simulasi**

Debit (l/m)	$\omega$ (rad/s)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Pressure Drop (Pa)	Torsi (Kgm)
150	7,98	0,002500	233,79	0,01621
135	6,98	0,002250	180,53	0,01285
125	6,29	0,002083	151,59	0,01091
110	5,48	0,001833	114,26	0,00826
90	4,85	0,001650	90,00	0,00663

Dari tabel diatas diperoleh grafik-grafik perbandingan. Grafik dibawah menunjukkan nilai torsi yang semakin tinggi dengan meningkatnya putaran runner. Sudut sudu dan jumlah sudu sangat berpengaruh pada putaran dan torsi yang dihasilkan turbin, serta desain dan model sudu runner juga sangat berpengaruh dalam penyerapan energi potensial dari fluida. Torsi juga merupakan salah satu variabel penting yang mempengaruhi performansi dari turbin.

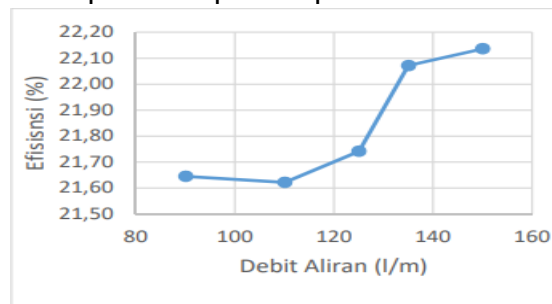
Torsi pada turbin yang berotasi berada pada tiap sudu dan shaft, yang mana pada tiap sudu dan shaft tersebut terdapat gaya terhadap sumbu x, y dan z.

Selanjutnya gambar 12 dibawah menunjukkan hubungan antara torsi dan putaran turbin. Grafik ini menunjukkan nilai torsi yang semakin tinggi dengan meningkatnya putaran runner. Sudut sudu dan jumlah sudu sangat berpengaruh pada putaran dan torsi yang dihasilkan turbin, serta desain dan model sudu runner juga sangat berpengaruh dalam penyerapan energi potensial dari fluida.



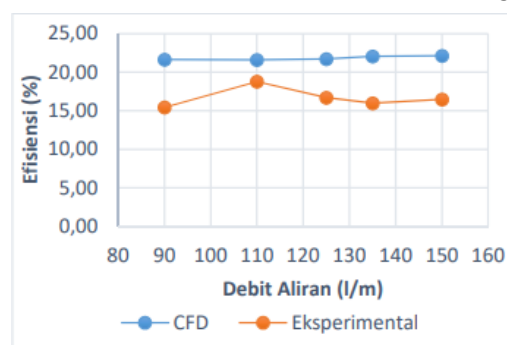
**Gambar 8: Grafik Putaran vs Torsi**

Gambar diatas merupakan grafik hubungan antara efisiensi turbin dengan debit aliran. Semakin tinggi debit aliran maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin tinggi. Efisiensi tertinggi adalah 22,14 % pada debit aliran 150 l/m. Peningkatan efisiensi pada setiap debit tidak terlalu signifikan, dapat disimpulkan efisiensi pada turbin whirlpool cukup stabil pada kisaran 21%.



**Gambar 9: Debit Aliran vs Efisiensi**

Pengujian Ekpermental yang dilkukan menunjukkan grafik seperti pada gambar. Pada grafik tesebut menunjukkan perbandingan efisiensi yang dihasilkan turbin menggunakan simulasi CFD dan pengujian secara eksperimental. Kedua pengjian dilakukan dengan konfigurasi turbin yang sama yaitu dengan jumlah sudu 8 buah dan sudut sudu 50o dan geometri juga sama.



**Gambar 10: Grafik Perbandingan Efisiensi CFD dan Eksperimental**

Pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 14 diatas, terlihat bahwa hasil pengujian yang dilakukan menggunakan CFD lebih tinggi dan cukup stabil disbanding dengan pengujian secara eksperimental. Ada beberapa factor yang

mempengaruhi hasil tersebut, diantaranya adalah roughness (kekasaran permukaan).

## 5. KESIMPULAN

Dengan melihat berbagai macam variable yang mempengaruhi aliran fluida pada turbin whirlpool dengan menggunakan metode simulasi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Torsi yang dihasilkan oleh turbin whirlpool semakin tinggi seiring dengan bertambahnya debit aliran. Torsi paling tinggi adalah 0,01621 Kgm pada debit aliran 150 l/m dengan putaran sudut ( $\omega$ ) 7,98 rad/s.
2. Efisiensi menggunakan CFD lebih tinggi dibandingkan efisiensi yang dihasilkan menggunakan pengujian eksperimental. Rata-rata efisiensi yang dihasilkan dengan pengujian CFD adalah 21,84 % sedangkan dengan pengujian eksperimental 16,69 %.

## REFERENSI

- Gunawan, R. (2006). Analisis Sumber Daya Air Daerah Aliran Sungai Bah Bolon Sebagai sarana Pendukung Pengembangan Wilayah di Kabupaten Simalungun dan Asahan. *WAHANA HIJAU Jurnal Perencanaan & Pengembangan Wilayah*, 2(1).
- Lubis, R. D. W., Syam, B., & Gunawan, S. (2020). Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Dengan Variasi Konsentrasi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 29-37.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(2), 85-92.
- Muharnif, M., & Nasution, E. S. (2018). PEMBUATAN HYDROFOIL TURBIN DARRIEUS. *JURNAL SISTEM INFORMASI*, 2(1).
- Nurzanah, W. (2021). SUMUR RESAPAN UNTUK PEMANENAN AIRHUJAN DI KECAMATAN MEDAN BELAWAN. *AI Ulum*, 9(1), 1-7.
- Pane, Y., Suhelmi, S., & Sembiring, D. S. P. S. (2020). Analisa Penentuan Kualitas Air untuk Masyarakat Dalam Kegiatan Industri di Pabrik Sarung Tangan Namorambe. *Jesya (Jurnal Ekonomi dan Ekonomi Syariah)*, 3(2), 471-478.
- Pane, Y., Suhelmi, S., & Sembiring, D. S. P. S. (2020). Analisa Penentuan Kualitas Air untuk Masyarakat Dalam Kegiatan Industri di Pabrik Sarung Tangan Namorambe. *Jesya (Jurnal Ekonomi dan Ekonomi Syariah)*, 3(2), 471-478.
- Pasaribu, F. I., & Roza, I. (2020, April). Design of control system expand valve on water heating process air jacket. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 821, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.
- Pasaribu, F. I., Hasibuan, A. K., Evalina, N., & Nasution, E. S. (2022). Analisa Penggunaan Surya Panel Phollycristal 240 WP Sebagai Kinerja Destilator Air Laut. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 90-99.
- Rimbawati, R., Hutasuhuta, A. A., Evalina, N., & Cholish, C. (2018). Analysis Comparison Of The Voltage Drop Before And After Using The Turbine In The Bintang Asih Microhydro Power Plant System. *Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering*, 5(1), 18-22.
- Siregar, A. M., & Lubis, F. (2019). Uji Keandalan Prototype Turbin Angin Savonius Tipe-u Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1).
- Siregar, A. M., & Siregar, C. A. (2019, November). Reliability test prototype wind turbine savonius type helical as an alternative electricity generator. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.

- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 165-170.
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 165-170.
- Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Harahap, A. H. (2021). Karakteristik Unjuk Kerja Pump As Turbine (PAT) Menggunakan Satu Pompa Hisap. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 17-24.
- Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Lubis, S. (2021). Analisa Energi pada Alat Desalinasi Air Laut Tenaga Surya Model Lereng Tunggol. *Rekayasa Mesin*, 12(1), 193-201.
- Siregar, M. A., Damanik, W. S., & Lubis, S. (2021). Analisa Energi pada Alat Desalinasi Air Laut Tenaga Surya Model Lereng Tunggol. *Rekayasa Mesin*, 12(1), 193-201.
- Siregar, M. A., Umurani, K., & Damanik, W. S. (2020). Pengaruh Jenis Katoda Terhadap Gas Hidrogen Yang Dihasilkan Dari Proses Elektrolisis Air Garam. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 21(2), 57-65.
- Siregar, R. A., & Siregar, C. A. (2019). Pembangunan Turbin Angin Darrieus-Savonius Sebagai Ikon Wisata Laut Dan Kuliner Di Belawan. *Jurnal Ilmiah, Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- SUROSO, B. (2016). *Studi Eksperimental Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Oli Termal XT 32 Dalam Concentric Tube Heat Exchanger* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Suroso, B., Kamal, S., & Kristiawan, B. (2015). Pengaruh Temperatur dan Fraksi Volume Terhadap Nilai Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Nano TiO<sub>2</sub>/Oli Termal XT32 pada Penukar Kalor Pipa
- Zulfikar, P. H., & Laksono, H. A. (2019). Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 Dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan Dan Arus Generator Dc.
- Zulkarnain, F., & Kamil, B. (2021, November). Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sisa Fume Pada Perendaman Air Laut. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ* (Vol. 1, No. 1).