

## PENGARUH DIAMETER DAN LEBAR SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN RODA AIR LURUS

**Abram Tangkemanda<sup>1)</sup> dan Andareas Pangkung<sup>2)</sup>**

*<sup>1,2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang<sup>1)</sup>*

### ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah pengaruh lebar dan diameter turbin terhadap kinerja turbin roda air dan menganalisa penerapannya dengan memanfaatkan aliran irigasi untuk membangkitkan listrik untuk menyalakan lampu penerangan jalan pada daerah irigasi. Penelitian dilakukan dengan membuat turbin skala uji laboratorium dengan variasi diameter 120, 140 dan 160 mm serta variasi lebar sudu 40, 55 dan 70 mm serta dilakukan pengujian dengan tetap memvariasikan jumlah sudu 8, 10 dan 12 serta kedalaman rendaman 2, 4 dan 6 mm. Evaluasi dilakukan dengan menganalisa putaran poros, daya output dan efisiensi, kemudian dilakukan analisa kelayakan pembangkit listrik untuk lampu penerangan disekitar aliran irigasi. Berdasarkan pengaruh kedalaman rendaman maka secara berurut efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah kedalaman rendaman 2 mm, 4 mm dan 6 mm. Berdasarkan pengaruh jumlah sudu maka secara berurut efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin jumlah sudu 10, 12 dan 8. Berdasarkan pengaruh diameter turbin maka secara berurut efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin diameter 160 mm, 140 mm dan 120 mm. Berdasarkan pengaruh lebar sudu maka secara berurut efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin lebar sudu 70 mm, 55 mm dan 40 mm.

**Keywords:** Turbin, air, diameter, lebar, sudu

### 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, kebutuhan energi listrik masyarakat Indonesia belum tercukupi, utamanya masyarakat pedesaan yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Pemerintah telah berupaya untuk pemenuhan kebutuhan listrik dengan mencari energi alternatif seperti gas alam, batu bara, dan tenaga nuklir, tetapi memerlukan biaya yang besar dan harus menggunakan teknologi tinggi apalagi penggunaan tenaga nuklir beresiko tinggi terhadap lingkungan hidup. Pemenuhan kebutuhan energi di masa mendatang memerlukan biaya yang cukup besar dan teknologi tinggi hanya dapat diupayakan oleh pemerintah, maka masyarakat pedesaan akan sulit untuk memenuhi kebutuhan energi baik untuk kebutuhan hidup apalagi untuk kebutuhan industri pengolahan hasil panen karena masyarakat belum mampu menerima teknologi tinggi juga keterbatasan dana yang dimiliki. Hal tersebut menyebabkan sulit meningkatkan taraf hidup petani.

Indonesia memiliki banyak desa terpencil yang terletak di tepi sungai dan jauh dari jaringan listrik perkotaan. Umumnya tidak ada jalan darat ke desa-desa tersebut sehingga lalu lintas harus dilakukan melalui sungai. Juga tidak ada jaringan listrik di desa yang amat terpencil itu. Padahal desa tersebut umumnya memiliki potensi agribisnis yang dapat dikembangkan untuk menunjang perekonomian daerah. Melihat dari masalah yang dihadapi dan potensi yang dimiliki maka masyarakat pada daerah tersebut perlu dicarikan solusi. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan energi air yang berada pada daerah tersebut untuk membangkitkan listrik. Energi air merupakan energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan, sehingga sangat layak untuk dikembangkan.

Energi air memiliki tenaga potensial yang tersedia (potensi debit dan tinggi air) yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik desa terpencil. Potensi pembangkit listrik tenaga air di Indonesia sangatlah besar sehingga layak untuk dikembangkan. Potensi yang sangat besar tersebut disebabkan Indonesia memiliki banyak gunung dan bukit yang dialiri oleh banyak sungai dan di beberapa daerah terdapat danau atau waduk yang memiliki potensi besar sebagai sumber energi air. Daya air tidak semuanya memiliki tinggi jatuh air (head) misalnya aliran air pada irigasi, untuk air yang tidak memiliki head tidak dapat menggunakan turbin crossflow atau turbin reaksi untuk membangkitkan listrik. Kondisi air yang tidak memiliki head dapat menggunakan turbin roda air untuk membangkitkan listrik. Turbin roda air inilah yang akan dikembangkan dalam penelitian ini.

Terdapat daerah pedesaan yang belum memiliki lampu penerangan jalan bahkan juga masih ada yang belum memiliki aliran listrik PLN tetapi terdapat aliran air irigasi yang dapat dimanfaatkan membangkitkan listrik untuk memenuhi kebutuhan penerangan lampu jalan.

Pembangkitan listrik dengan daya air yang kecil umumnya dilakukan dengan menggunakan turbin crossflow atau turbin reaksi. Penggunaan turbin tersebut dilakukan untuk aliran air yang memiliki debit dan head yang cukup.

Pada aliran irigasi kebanyakan hanya memiliki debit dengan head yang diabaikan, sehingga tidak dapat menggunakan turbin crossflow atau turbin reaksi. Solusinya adalah pada daerah tersebut dapat menggunakan turbin roda air untuk menghasilkan daya listrik. Tetapi penggunaan turbin roda air belum umum digunakan karena belum terlalu diketahui masyarakat dan informasi kinerjanya juga masih sedikit, sehingga dibutuhkan riset-riset yang berkelanjutan tentang turbin roda air.

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan umum penelitian ini adalah mengembangkan turbin roda air, sedangkan tujuan khususnya adalah:

1. Mengetahui kinerja optimum turbin roda air dengan menganalisa pengaruh kedalaman air, lebar dan diameter sudu turbin.
2. Mengetahui kelayakan turbin roda air untuk diterapkan pada aliran irigasi tanpa head untuk pembangkit listrik yang akan digunakan sebagai penerangan jalan.

## 2. KAJIAN LITERATUR

PLTMH merupakan pembangkit listrik yang memiliki penggerak air dengan mengubah potensi tenaga air yang ada menjadi daya listrik. PLTMH merupakan salah satu pembangkit listrik yang cukup unik karena meskipun dalam skala kecil tetapi memiliki banyak kelebihan (Kurniawan,2007). Energi penggerak dari PLTMH merupakan energi alternatif yang dapat diperbaharui dan dipelihara serta ramah terhadap lingkungan. Pembangunan dan pengembangan PLTMH tidak memerlukan teknologi yang rumit disamping itu harga pembuatan dan pemeliharaan PLTMH relatif murah dibandingkan pembangkit lainnya. Pengembangan PLTMH merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk penyediaan energi listrik pada daerah terpencil dengan jumlah penduduk yang sedikit dan sulit dijangkau jaringan listrik dari PLN, tetapi daerah tersebut memiliki potensi air.

Penggunaan jenis turbin di atas adalah untuk sumber daya air yang memiliki debit dan head, tetapi untuk sumber daya air yang hanya memiliki debit dan laju aliran tetapi head yang sangat kecil dapat menggunakan turbin roda air. Secara lengkap dapat dilihat pada gambar 2. Markandjane (2003) melakukan penelitian tentang turbin roda air arus bawah dan turbin roda air arus atas. Penelitian memperoleh dan membandingkan efisiensi dari roda air arus bawah dan roda air arus atas.



Gambar 1. Sistem PLTMH Cross Flow (Abdul K.D., 2009)



Gambar 2. Turbin roda air

Noria A.M. (2005) melakukan penelitian tentang turbin roda dengan melakukan perbaikan dan pengembangan dari turbin roda air tersebut untuk memperoleh kondisi pengembangan yang terbaik.

G. Akhyar I. dkk melakukan penelitian tentang turbin roda dengan menguji kinerja dari roda air model tradisional. Pemanfaatan roda air ini adalah sebagai pembangkit tenaga dengan sumber energi yang dapat diperbaharui.

Musa (2013) melakukan penelitian tentang turbin roda air dengan memanfaatkan aliran keluaran PLTMH diperoleh hasil bahwa turbin roda air tersebut mampu membangkitkan listrik dan menyalakan lampu 100 watt sebanyak 5 buah dengan daya terukur optimum hingga 132,8 watt.

Studi pendahuluan yang telah dilakukan di politeknik negeri ujung pandang adalah pemanfaat air keluaran turbin menggunakan turbin roda air untuk mengoptimalkan PLTMH dalam pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat dimana seluruh daya listrik dialirkan kemasyarakat sedangkan penerangan sekitar rumah pembangkit dipenuhi oleh turbin roda air (Musa, 2013).

Hasil yang dicapai dari studi pendahuluan tersebut adalah turbin roda air mampu menyalakan lampu 100 watt sebanyak 5 buah dengan daya terukur optimum sebesar 132,8 watt.

Studi pendahuluan lain yang telah dilaksanakan adalah dengan mengumpulkan beberapa literatur berupa jurnal ilmiah, buku-buku dan data-data dari internet yang berhubungan langsung dengan penelitian yang akan dilakukan, yang sebagian telah dimasukkan dalam daftar pustaka.

Penelitian yang berhubungan dengan kompetensi PLTMH telah banyak, ada beberapa penelitian yang telah dilakukan yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada tahun 2009 (Anshar) dan 2013 (Salam) telah dilakukan survei potensi PLTMH di beberapa kabupaten di Sulawesi Selatan. Survei potensi ini dilakukan untuk pada aliran sungai dan irigasi, untuk mengetahui potensi pembangunan PLTMH di Sulawesi Selatan utamanya pada daerah-daerah yang memiliki potensi air (PLTMH) tetapi belum terjangkau oleh listrik PLN.

Penelitian yang telah dilakukan di PNUP berhubungan dengan turbin roda air adalah yang telah dilakukan oleh Musa (2013) yang melakukan penelitian tentang turbin roda air dengan memanfaatkan aliran keluaran PLTMH diperoleh hasil bahwa turbin roda air tersebut mampu membangkitkan listrik dan menyalakan lampu 100 watt sebanyak 5 buah dengan daya terukur optimum hingga 132,8 watt, lampu tersebut digunakan untuk penerangan di menuju dan disekitar rumah pembangkit.

Pada tahun 2010 telah dilakukan pembangunan PLTMH dengan memanfaatkan aliran Irigasi Unyi di kabupaten Soppeng Sulawesi Selatan. PLTMH ini telah dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitar irigasi tersebut.

Penelitian lain yang telah dilakukan adalah penelitian yang telah dilaksanakan pada tahun I (Abram dan Andreas, 2015). Penelitian dengan variasi jumlah sudu turbin dan kedalaman rendaman diperoleh hasil bahwa turbin roda air dengan jumlah sudu 10 memberikan kinerja berupa efisiensi dan daya output yang lebih besar dibandingkan jumlah sudu 8 dan 12. Hasil lain adalah kedalaman rendaman 2 cm (0,25 x diameter) memberikan efisiensi yang lebih besar dibandingkan kedalaman rendaman yang lain sedangkan kedalaman rendaman 4 cm (0,5 x diameter) dan 6 cm (0,75 x diameter) memberikan daya output yang lebih besar dibandingkan kedalaman rendaman yang lain. Hasil analisa diperoleh bahwa turbin roda air dapat dikembangkan untuk digunakan pada aliran irigasi untuk menyalakan lampu penerangan jalan disekitar aliran irigasi.

Penelitian yang akan dilakukan pada tahun kedua adalah merupakan kelanjutan dari penelitian yang telah dilakukan pada tahun pertama. Adapun penelitian yang akan dilakukan pada tahun kedua adalah mengamati perubahan kinerja turbin roda air dengan pengaruh lebar turbin dan diameter turbin terhadap daya turbin yang mampu dibangkitkan.

Hasil riset ini akan dievaluasi dengan menghitung daya input berupa daya aliran air, juga menghitung daya output berupa daya mekanik sehingga diperoleh kinerja berupa efisiensi turbin roda air. Hasil lain adalah menganalisa kemampuan beberapa potensi aliran irigasi untuk penerangan jalan.

### 3. METODE PENELITIAN

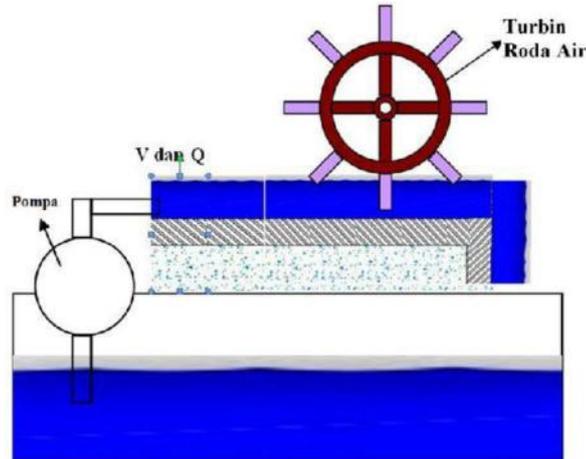
Metode Penelitian yang akan dilakukan adalah desain dan eksperimental dan dilakukan secara bertahap yang dimulai dengan tahap rancang bangun sistem uji turbin roda air, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian kinerja hasil rancang bangun, dan diakhiri dengan tahap evaluasi hasil pengujian.

Rancang bangun sistem uji turbin roda air akan dibuat dengan skala laboratorium. Rancang bangun yang akan dilakukan adalah dengan sumber air berasal dari pompa air kemudian dialirkan menuju saluran air, sistem pompa akan menggunakan katup aliran untuk mengatur level ketinggian air. Pada turbin roda air akan

diberikan pengatur level ketinggian turbin. Serta dudukan turbin dibuat agar turbin dapat dengan mudah dipasang dan dibongkar sehingga dapat dilakukan pengujian dengan variasi lebar dan diameter turbin.

Pengujian kinerja dari turbin roda air akan dilakukan untuk mendapatkan kinerja optimum dengan mengatur level ketinggian air serta variasi lebar dan diameter turbin. Pengujian kinerja nantinya adalah dengan daya air yang diatur konstan tetapi level ketinggian turbin bervariasi demikian pula dimensi turbin juga bervariasi baik lebar maupun diameternya, perubahan variasi dilakukan agar nantinya akan diperoleh level ketinggian terbaik serta dimensi turbin terbaik yang akan menghasilkan daya optimum.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kinerja turbin roda air dalam memenuhi kebutuhan energi listrik pada masyarakat. Kinerja turbin roda air akan bervariasi berdasarkan level ketinggian air serta lebar dan diameter turbin, sehingga nantinya evaluasi ini akan memperoleh kondisi optimum dari setiap jenis turbin yang akan diuji.



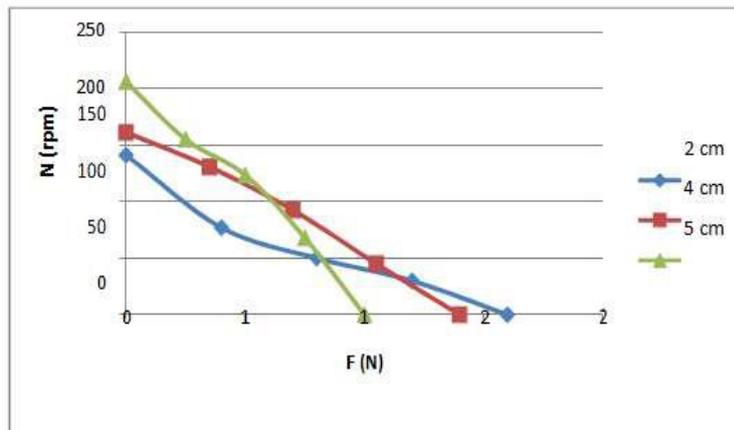
**Gambar 4. Model pengujian Turbin Roda Air**

Evaluasi dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh dari pengujian kinerja turbin roda air sehingga diperoleh besar efisiensi dan daya yang dibangkitkan oleh roda air yang merupakan daya dasar bagi perencanaan turbin roda air untuk diterapkan di masyarakat.

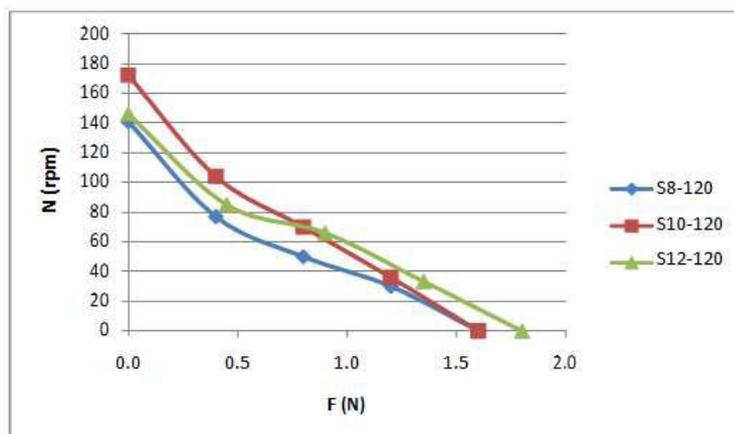
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 memperlihatkan hubungan beban terhadap putaran turbin pada turbin S8-120 dengan berbagai variasi kedalaman. Terlihat bahwa semakin besar beban maka putaran turbinnya semakin kecil, kondisi ini terjadi pada semua jenis turbin yang diuji. Serta pada semua jenis variasi pengujian. Pada gambar 5 yaitu pada turbin S8-120 juga terlihat bahwa semakin dalam rendaman turbin (semakin dalam sudu turbin terendam dalam air (2 cm sampai 6 cm)) maka putaran tanpa beban semakin besar sebaliknya beban optimum yang mampu diterima akan semakin kecil, hal ini juga cenderung terjadi pada turbin S10-120 dan S12-120. Sedangkan turbin S8-140, S10-140, S12-140, S8-160, S10-160 dan S12-160, pada kedalaman rendaman 4 cm memberikan putaran tanpa beban serta beban optimum yang mampu diterima lebih besar dibandingkan kedalaman 2 cm.

Gambar 6 memperlihatkan hubungan beban terhadap putaran turbin pada turbin diameter 120 mm pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi jumlah sudu. Terlihat bahwa turbin dengan jumlah sudu 10 awalnya memiliki putaran paling besar tetapi ketika dibebani maka jumlah sudu 12 pada akhirnya memiliki putaran paling besar, hal ini juga terjadi pada semua turbin diameter 120 mm. Sedangkan pada turbin diameter 140 mm cenderung turbin sudu 12 memiliki putaran terbesar diikuti turbin sudu 10 dan 8. Sedangkan pada turbin diameter 160 mm cenderung turbin sudu 10 memiliki putaran terbesar diikuti turbin sudu 12 dan 8, kecuali turbin lebar 40 mm dengan kedalaman rendaman 6 cm dimana secara berurut yang memiliki putaran terbesar adalah turbin sudu 12, 10 dan 8.



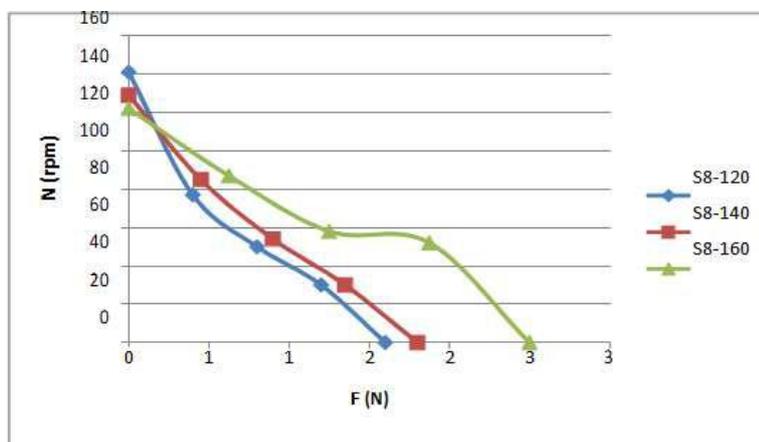
Gambar 5. Pengaruh Kedalaman Rendaman Terhadap Putaran Pada Turbin S8-120



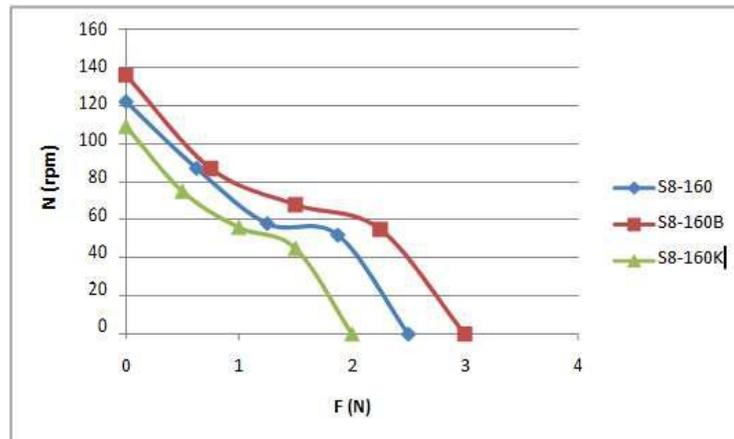
Gambar 6. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Putaran Pada kedalaman rendaman 2 mm

Gambar 7 memperlihatkan hubungan beban terhadap putaran turbin pada turbin jumlah sudu 8 pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi diameter turbin. Terlihat bahwa turbin dengan diameter 160 memiliki putaran terbesar walaupun pada awalnya putaran terbesar terjadi pada turbin diameter 140 mm dan atau 120 mm, kondisi ini cenderung terjadi pada semua variasi kedalaman rendaman yang diuji.

Gambar 8 memperlihatkan hubungan beban terhadap putaran turbin pada turbin jumlah sudu 8 pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi lebar sudu turbin. Terlihat bahwa turbin dengan lebar 70 mm memiliki putaran terbesar diikuti oleh turbin lebar 55 mm dan 40 mm, kondisi ini terjadi pada semua variasi kedalaman rendaman yang diuji.



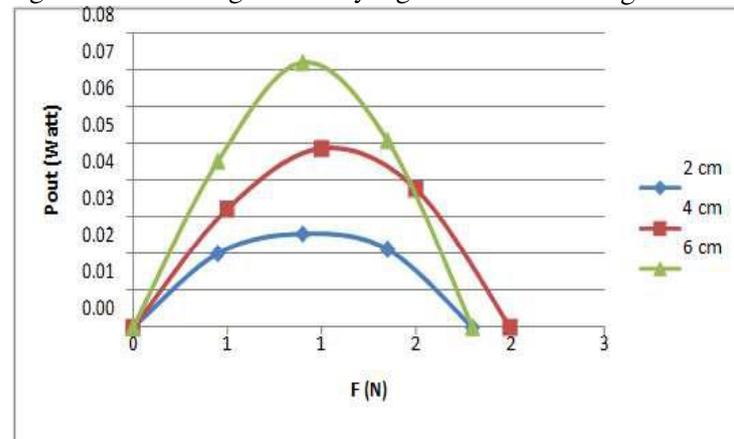
Gambar 7. Pengaruh Diameter Sudu Terhadap Putaran Pada kedalaman rendaman 2 mm



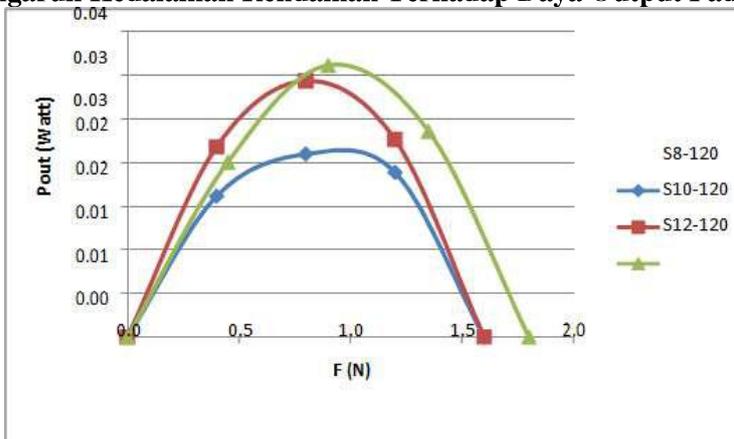
**Gambar 8. Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Putaran Pada kedalaman rendaman 2 mm**

Gambar 9 memperlihatkan hubungan beban terhadap daya output turbin pada turbin S8-140 dengan berbagai variasi kedalaman rendaman. Terlihat bahwa grafiknya berbentuk parabolik dimana pada awalnya semakin besar beban maka daya outputnya juga semakin besar, hingga diperoleh daya output maksimum setelah itu penambahan beban akan menurunkan daya output turbin. Kondisi ini terjadi pada semua jenis turbin yang diuji, serta pada semua jenis variasi pengujian. Kondisi hubungan beban dan daya output turbin secara lengkap dapat dilihat pada tabel lampiran 3a dan 3d.

Pada gambar 10 yaitu pada turbin S8-140 juga terlihat bahwa semakin dalam rendaman turbin (2 cm sampai 6 cm) maka daya output maksimum juga semakin besar, hal ini terjadi pada hampir semua jenis turbin yang diuji, kecuali pada turbin S8-120, S10-120 dan S12-120 dimana kedalaman rendaman 4 cm cenderung lebih baik dibandingkan kedalaman rendaman 5 cm, terlihat bahwa hal ini terjadi pada turbin diameter kecil yang disebabkan karena kedalaman rendaman 5 cm hampir merendam seluruh turbin sehingga daya air untuk mendorong turbin terhalang oleh air yang berada dibelakang turbin.



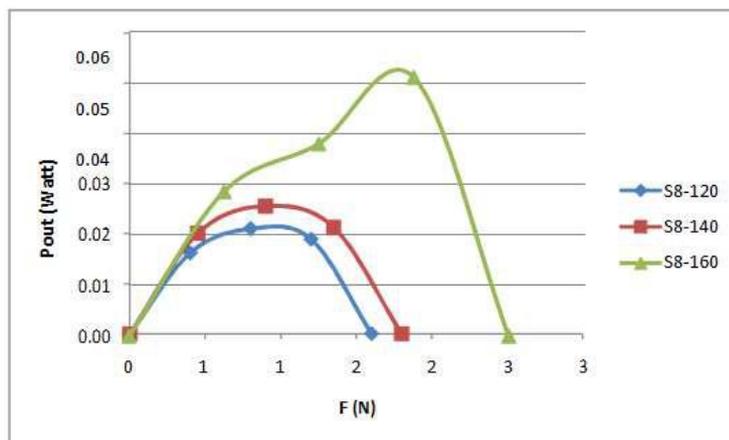
**Gambar 9. Pengaruh Kedalaman Rendaman Terhadap Daya Output Pada Turbin S8-140**



**Gambar 10. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Pada Kedalaman 2 mm**

Gambar 10 memperlihatkan hubungan beban terhadap daya output turbin pada turbin diameter 120 mm pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi jumlah sudu. Terlihat bahwa daya output maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan jumlah sudu 12, diikuti turbin dengan jumlah sudu 10 dan 8, hal ini juga cenderung terjadi pada semua turbin diameter 120 mm dan 140 mm untuk semua kedalaman rendaman turbin. Sedangkan pada turbin diameter 160 mm daya output maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan jumlah sudu 10, diikuti turbin dengan jumlah sudu 8 dan 12 pada kedalaman rendaman 2 mm sedangkan pada kedalaman rendaman 4 mm dan 6 mm secara berurut yang memiliki daya output maksimum yang paling tinggi adalah turbin dengan jumlah sudu 10, 12 dan 8.

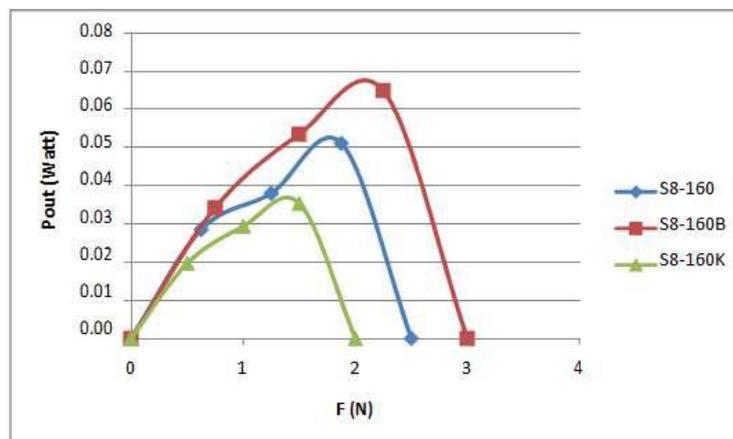
Gambar 11 memperlihatkan hubungan beban terhadap daya output turbin pada turbin jumlah sudu 8 pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi diameter turbin. Terlihat bahwa daya output maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan diameter 160 mm, diikuti turbin dengan diameter 140 mm dan 120 mm, hal ini juga terjadi pada semua turbin jumlah sudu 8, 10 dan 12 untuk semua kedalaman rendaman turbin.



**Gambar 11. Pengaruh Diameter Sudu Terhadap Daya Output Pada Kedalaman 2 mm**

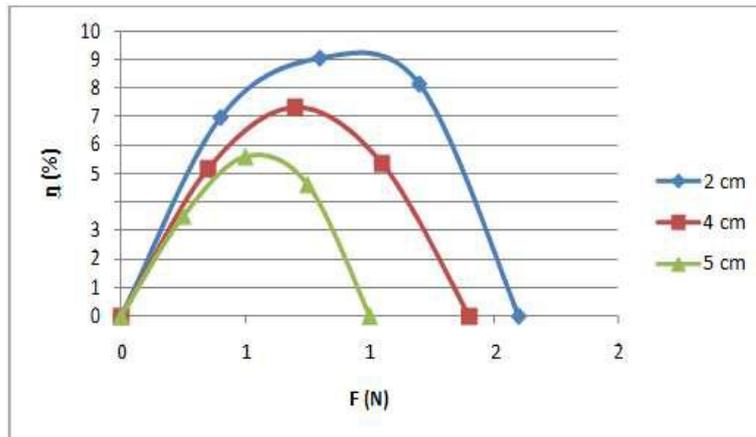
Gambar 12 memperlihatkan hubungan beban terhadap daya output turbin pada turbin jumlah sudu 8 pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi lebar sudu turbin. Terlihat bahwa daya output maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan lebar sudu 70 mm, diikuti turbin dengan lebar sudu 55 mm dan 40 mm, hal ini juga terjadi pada semua turbin jumlah sudu 8, 10 dan 12 untuk semua kedalaman rendaman turbin.

Gambar 13 memperlihatkan hubungan beban terhadap efisiensi turbin pada turbin S8-120 dengan berbagai variasi kedalaman. Terlihat bahwa grafiknya berbentuk parabolik dimana pada awalnya semakin besar beban maka efisiensinya juga semakin besar, hingga diperoleh efisiensi maksimum setelah itu penambahan beban akan menurunkan efisiensi turbin. Kondisi ini terjadi pada semua jenis turbin yang diuji. Serta pada semua jenis variasi pengujian. Kondisi hubungan beban dan efisiensi secara lengkap dapat dilihat pada tabel lampiran 3a dan 3e.



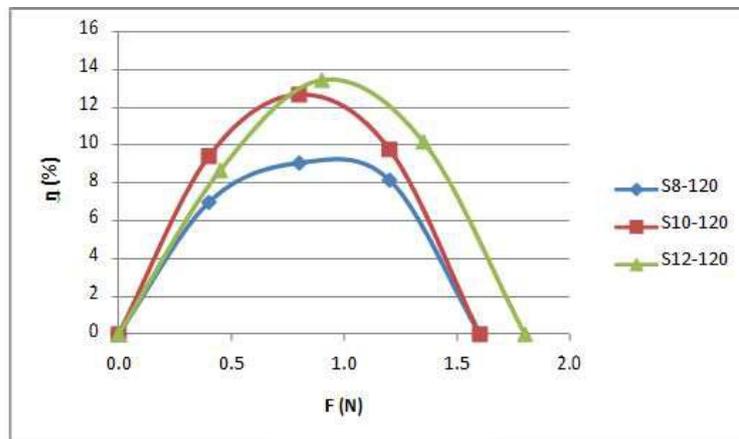
**Gambar 12. Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Daya Output Pada Kedalaman 2 mm**

Pada gambar 13 yaitu pada turbin S8-120 juga terlihat bahwa semakin dalam rendaman turbin (2 cm sampai 6 cm) maka efisiensi maksimum semakin kecil, hal ini terjadi pada hampir semua jenis turbin yang diuji, kecuali pada turbin S8-160, dimana kedalaman rendaman 6 cm memiliki efisiensi cenderung lebih baik dari kedalaman 4 cm, terlihat bahwa hal ini terjadi pada turbin diameter besar dengan jumlah turbin sedikit yang menyebabkan meningkatnya torsi akibat daya dorong air mengalahkan daya hambat air yang berada dibelakang turbin.



**Gambar 13. Pengaruh Kedalaman Rendaman Terhadap Efisiensi Pada Turbin S8-120**

Berdasarkan pengaruh kedalaman rendaman maka efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin kedalaman rendaman 2 mm dengan efisiensi 9,05 – 26,57 % dengan rata-rata 16,80 %, diikuti kedalaman rendaman 4 mm dengan efisiensi 7,32 – 19,46 % dengan rata-rata 12,63 % serta terendah kedalaman rendaman 6 mm dengan efisiensi 5,59 – 18,48 % dengan rata-rata 11,87 %.

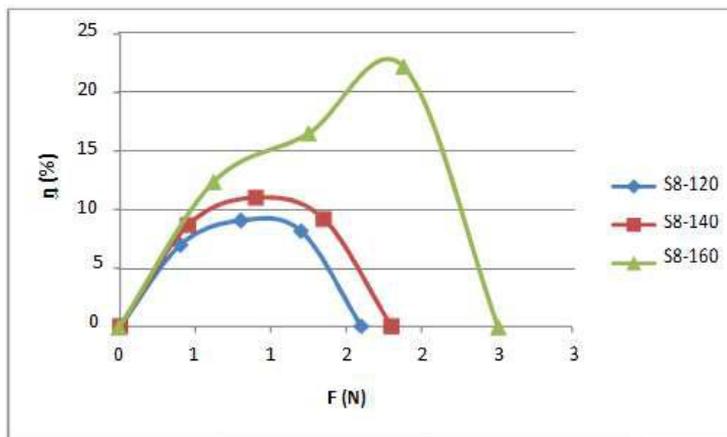


**Gambar 14. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi Pada Kedalaman 2 mm**

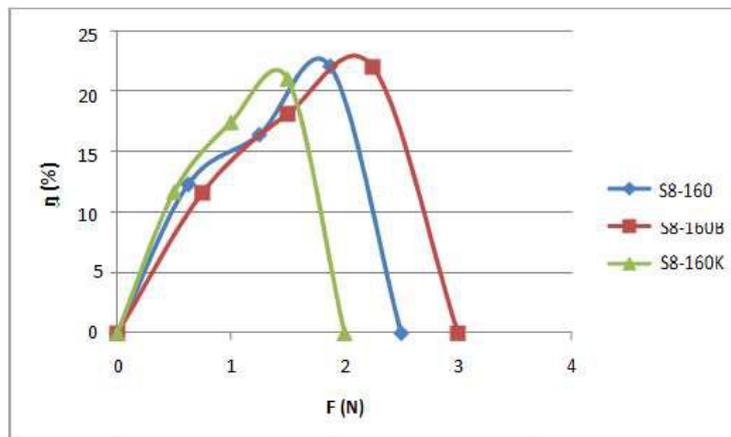
Gambar 14 memperlihatkan hubungan beban terhadap efisiensi turbin diameter 120 mm pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi jumlah sudu. Terlihat bahwa efisiensi maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan jumlah sudu 12 dengan efisiensi 8,63 – 19,23 %, diikuti turbin dengan jumlah sudu 10 dengan efisiensi 6,79 – 16,29 % serta terendah pada jumlah sudu 8 dengan efisiensi 5,59 – 10,99 %, hal ini juga cenderung terjadi pada semua turbin diameter 120 mm dan 140 mm untuk semua kedalaman rendaman turbin. Sedangkan pada turbin diameter 160 mm efisiensi maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan jumlah sudu 10 dengan efisiensi 26,57 %, diikuti turbin dengan jumlah sudu 8 dengan efisiensi 22,05 % serta terendah pada jumlah sudu 12 dengan efisiensi 20,90 % pada kedalaman rendaman 2 mm sedangkan pada kedalaman rendaman 4 mm dan 6 mm secara berurutan yang memiliki efisiensi maksimum terbesar adalah turbin dengan jumlah sudu 10 dengan efisiensi 18,48 – 21,99 %, selanjutnya jumlah sudu 12 dengan efisiensi 16,12 – 16,95 % dan terendah pada jumlah sudu 8 dengan efisiensi 12,30 – 15,88 %..

Gambar 15 memperlihatkan hubungan beban terhadap efisiensi turbin pada turbin jumlah sudu 8 pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi diameter turbin. Terlihat bahwa efisiensi maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan diameter 160 mm dengan efisiensi 12,30 – 26,57 %, diikuti turbin dengan diameter 140 mm dengan efisiensi 10,38 – 19,23 % serta terendah 120 mm dengan efisiensi 5,59 – 13,44 %, hal ini juga terjadi pada semua turbin dengan jumlah sudu 8, 10 dan 12 untuk semua kedalaman rendaman turbin.

Gambar 16 memperlihatkan hubungan beban terhadap efisiensi turbin pada turbin jumlah sudu 8 pada kedalaman rendaman 2 mm dengan berbagai variasi lebar sudu turbin. Terlihat bahwa efisiensi maksimum yang paling tinggi terjadi pada turbin dengan lebar sudu 70 mm dengan efisiensi 16,72 – 29,27 %, diikuti turbin dengan lebar sudu 55 mm dengan efisiensi 12,30 – 26,57 % serta terendah 40 mm dengan efisiensi 11,66 – 24,73 %, hal ini juga terjadi pada semua turbin jumlah sudu 8, 10 dan 12 untuk semua kedalaman rendaman turbin.



Gambar 15. Pengaruh Diameter Sudu Terhadap Efisiensi Pada Kedalaman 2 mm



Gambar 16. Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Efisiensi Pada Kedalaman 2 mm

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah dicapai maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengaruh kedalaman rendaman maka efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin kedalaman rendaman 2 mm dengan efisiensi 9,05 – 26,57 % dengan rata-rata 16,80 %, diikuti kedalaman rendaman 4 mm dengan efisiensi 7,32 – 19,46 % dengan rata-rata 12,63 % serta terendah kedalaman rendaman 6 mm dengan efisiensi 5,59 – 18,48 % dengan rata-rata 11,87 %.
2. Berdasarkan pengaruh jumlah sudu maka efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin jumlah sudu 10 dengan efisiensi 6,79 – 26,57 % dengan rata-rata 15,41 %, diikuti jumlah sudu 12 dengan efisiensi 8,63 – 20,90 % dengan rata-rata 15,02 % serta terendah jumlah sudu 8 dengan efisiensi 5,59 – 22,05 % dengan rata-rata 11,59 %.

3. Berdasarkan pengaruh diameter turbin maka efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin diameter 160 mm dengan efisiensi 12,30 – 26,57 %, dengan rata-rata 18,94 %, diikuti diameter 140 mm dengan efisiensi 10,38 – 19,23 % dengan rata-rata 13,36 %, serta terendah diameter 120 mm dengan efisiensi 5,59 – 13,44 % dengan rata-rata 9,19 %.
4. Berdasarkan pengaruh lebar sudu maka efisiensi maksimum yang paling tinggi adalah turbin lebar sudu 70 mm dengan efisiensi 16,72 – 29,27 %, dengan rata-rata 22,03 %, diikuti lebar sudu 55 mm dengan efisiensi 12,30 – 26,57 % dengan rata-rata 18,94 %, serta terendah lebar sudu 40 mm dengan efisiensi 11,66 – 24,73 % dengan rata-rata 16,84 %.

## 6. REFERENSI

- Abdul A.H. dan Lily M. 2011. *Design of Micro Hydro Electrical Power at Brang Rea River In West Sumbawa of Indonesia*. Journal of Applied Technology in Environmental Sanitation, Volume 1, Number 2, Page: 177-183. ISSN 2088-3218
- Dadang K., dkk. 2008. *Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. Integrated Microhydro Development and Application Program (IMIDAP). Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- G.Akhyar Ibrahim, C.H. Che Haran and C. Husua Azhar, “*Traditional water wheels as a renewable rural energy*”. The online Journal on power and engineering (OJPEE). Department of mechanical and materials engineering, Universiti kebangsaan Malaysia.
- Issam Salhi dan Said Doubabi. 2009. *Fuzzy controller for frequency regulation and water energy save on microhydro electrical power plants*. International Renewable Energy Congress. Sousse Tunisia.
- Kurniawan B. 2007. *Mengapa Mikrohidro*. Seminar nasional teknologi (SNT 2007) ISSN : 1978-9777, Yogyakarta.
- Markandjane. 2003. *The efficiency of overshoot and undershot waterwheels*. E-mail: [markandjane@shaw.ca](mailto:markandjane@shaw.ca) Online at [stacks.iop.org/EJP/25/193](http://stacks.iop.org/EJP/25/193) (DOI: 10.1088/0143-0807/25/2/006) Canada.
- Noria Al-Muhammadiyya. 2005. *Rediscovering The Waterwheel*. Asme International Historic Lanmark By. Mahmud Samma. ASME Nortwest Haouston Subsection Meeting.