

## Pengaruh Berat *Bucket* Terhadap Putaran dan Torsi Pada Turbin Pelton

Ahmad Samil Mubarak<sup>\*</sup>, M Yusuf Djeli, Dan Mugisidi

Program Studi Teknik Mesin, Faculty of Engineering (Universitas Muhammadiyah Prof DR. HAMKA,  
Jl. Tanah Merdeka No.6, Kampung Rambutan, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
Telp.021-87782739, Fax. 021-840091

---

**Abstrak** – Perancangan ini bertujuan untuk mengetahui nilai perbandingan *bucket* turbin pelton dengan variasi *bucket* turbin berbahan resin murni dan *bucket* berbahan resin campuran serbuk kuning dengan perbandingan jumlah nosel 7 mm, 10,5 mm, dan 14 mm untuk mengetahui nilai optimum putaran turbin dan nilai optimum torsi *bucket* resin murni dan *bucket* resin campuran kuning. Perancangan diawali dengan membuat turbin pelton yang terdiri dari *bucket*, *runner*, dan poros. Parameter yang diukur dalam pengujian turbin pelton adalah debit aliran, tekanan air, putaran (rpm), dan torsi poros turbin. Hasil penelitian terhadap masing-masing *bucket* antara *bucket* resin murni dan *bucket* resin campuran kuning pada debit 0,00031 m<sup>3</sup>/s menunjukkan bahwa turbin dengan *bucket* dengan bahan resin murni menghasilkan putaran terbesar 80 rpm. Sedangkan nilai torsi terbesar yaitu *bucket* resin campuran serbuk kuning pada debit 0,00029 m<sup>3</sup>/s menghasilkan torsi terbesar 0,59 N.m.

**Kata kunci:** Turbin pelton, *bucket* resin murni, *bucket* resin campuran kuning.

---

### 1 Pendahuluan

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas dan digunakan sebagai pembangkit listrik. Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai penyedia energi listrik tenaga air maupun mikrohidro. Energi kinetik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Salah satu turbin yang memanfaatkan energi kinetik aliran air yaitu turbin pelton atau turbin *implus* dimana turbin ini menggunakan *head* melalui pancaran air dari nosel dan meneruskan tenaga menjadi energi mekanik berupa putaran roda turbin yang tersambung dengan poros dan diteruskan alternator untuk menghasilkan tenaga listrik.

Belakangan ini terdapat turbin pelton dengan beberapa model modifikasi untuk kinerja yang lebih baik tetapi tidak mengetahui faktor lain dari turbin yaitu mempertahankan kecepatan putar untuk menolak perubahan keadaan gerakannya untuk mendapatkan kinerja putaran dan nilai torsi yang optimum. Berat *bucket* sebagai ukuran kelembaman terhadap kinerja pada turbin pelton.

Hal itulah yang mendasari diperlukannya pembuktian perancangan *bucket runner* menggunakan dua material yang berbeda dengan perbandingan *bucket* menggunakan resin murni dan *bucket* menggunakan resin campuran serbuk kuning sebagai hasil perbandingan berat terhadap kinerja

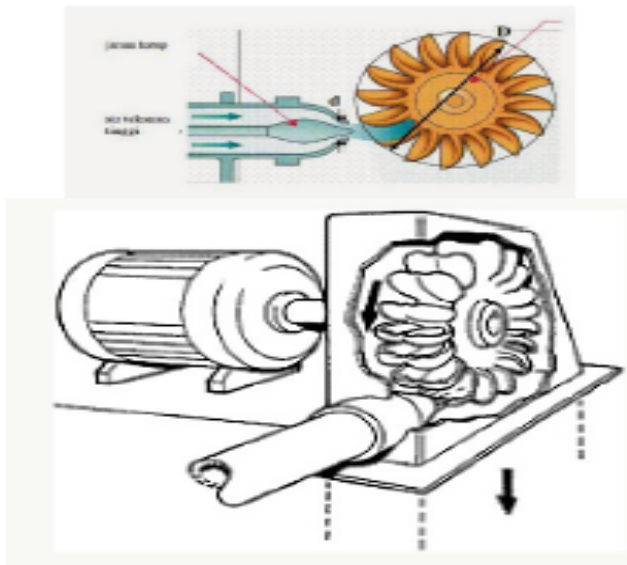
putaran dan nilai torsi yang optimum. Dalam menentukan berapa banyak *bucket* yang dipakai maka harus mengetahui diameter pitch sebagai acuan untuk mendapatkan berapa *bucket* yang dihasilkan dan diameter nosel yang dipakai (miroslav nechleba, 1957). Sehingga perancangan *bucket runner* dapat diterangkan alasan pengaruh perbandingan berat dan perbandingan variasi diameter *jet* nosel akan berpengaruh terhadap kinerja putaran yang dihasilkan turbin pelton dengan perbandingan berat *bucket* berbahan resin murni dan resin campuran serbuk kuning terhadap variasi diameter nosel ukuran 7 mm, 10,5 mm, dan 14 mm serta mengetahui torsi optimum antara perbandingan berat *bucket* berbahan resin murni dan *bucket* berbahan resin campuran serbuk kuning dengan variasi diameter nosel dengan ukuran 7 mm, 10,5 mm, dan 14 mm.

### 2 Dasar Teori

#### 2.1. Turbin Pelton (Turbin Implus)

Menurut Miroslav Nechleba, Dr. Techn., M. E., (1957), turbin pelton merupakan turbin implus yang terdiri dari *nozzle*, dimana air muncul dan memasuki nosel. *Runner* yang terpasang *bucket* sebagai *jet* mengenai *bucket* ditransfer energi *jet* ke *bucket runner*. Guna untuk mencapai efisiensi posisi *bucket* dengan *jet* air yang mengenai turbin. Menurut Dwi

Irawan, turbin Pelton adalah turbin impuls yang dipakai untuk tinggi air jatuh yang besar. Aliran fluida kerja dalam pipa akan keluar dengan kecepatan tinggi air jatuh ( $h$ ) melalui nosel. Tekanan air diubah menjadi kecepatan, pancaran air dalam akan mengenai bagian tengah-tengah sudu dan sesuai dengan perimbangan tempatnya air pancar akan belok dan ada kemungkinan membaliknya air bisa diarahkan tegak lurus. Untuk itu penampang ember dan sudu-sudunya harus ditinjau, agar mendapatkan pemindahan gaya yang sebaik-baiknya. Turbin Pelton adalah turbin dengan kecepatan spesifik yang relatif rendah dan dengan menggunakan tinggi air jatuh yang sangat besar serta kapasitas air yang kecil dibandingkan dengan turbin jenis yang lain.

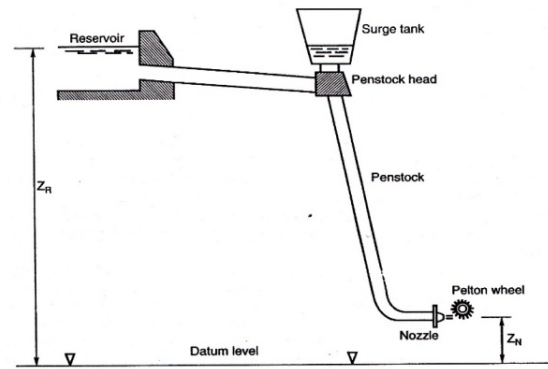


Gambar 1 Turbin pelton

Sumber: Muhammad Nauval Fauzi, Mahaputra, dan Sony Harbintoro, 2016

## 2. 2. Skema Pembangkit Listrik Turbin Pelton

Menurut Dixon.S. L. (1998), tata letak turbin pelton pembangkit listrik tenaga air adalah skema yang ditunjukkan pada Gambar 2 air yang dikirim melalui waduk dengan kecepatan konstan pada ketinggian  $Z_R$  (diatas permukaan laut) dan mengalir melalui pipa ke pintu air, dari pintu air melewati nosel, menggunakan nosel agar mendapatkan kecepatan tinggi fluida. Dalam mengurangi efek buruk dari besarnya aliran air dari waduk oleh karena itu menggunakan tangki penyimpanan air dekat pintu. Tinggi air nosel kepermukaan  $Z_N$ , besarnya  $head$  yaitu  $H_G = Z_R - Z_N$ .



Gambar 2 Skema turbin pelton

Sumber: Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery

## 2. 3. Parameter Perancangan BucketRunner Turbin Pelton

### 2. 3. 1. Kecepatan Aliran Fluida (Debit)

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

### 2. 3. 2. Head yang Dihasilkan Pompa

Menurut Jayan Sentanuhady dan Davin Sanchorehan, perancangan yang dilakukan harus mengetahui parameter utama yaitu variabel kontrol dari turbin pelton yaitu *gross head* ( $H_g$ ). Pemilihan nilai *head* ini didasarkan pada standar Voith untuk turbin pelton (Jayan Sentanuhady dan Davin Sanchorehan).

Oleh karena itu harus mengetahui nilai *head* total yaitu kurang dari 6% ( $H_g$ ). Nilai *net head* dapat di tentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_n = H_g - H_{il} \quad (2)$$

### 2. 3. 3. Daya Turbin

Menurut Bono dan Gatot Suwoto, (2011), daya yang dibangkitkan oleh turbin dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip *implus* momentum. Pada saat air mengenai sudu, maka sudu mulai bergerak, sudu yang bergerak ini selanjutnya posisinya digantikan oleh sudu berikutnya sehingga seolah-olah selalu berada ditempat yang sama, sehingga besarnya daya dapat dihitung.

Daya turbin dapat ditentukan oleh besarnya debit air, gaya gravitasi bumi, dan *net head* untuk mendapatkan daya yang dihasilkan turbin pelton. Daya yang dihasilkan sebagai parameter dari spesifikasi pompa yang dipakai untuk perancangan turbin pelton. Daya turbin air dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot g \cdot H_n \cdot Q \quad (3)$$

### 2. 3. 4. Diameter pitch

Diameter *pitch* yaitu perhitungan untuk menentukan diameter *runner* dengan mengetahui banyaknya *bucket* dan diameter nosel dari masing-masing diameter tersebut harus

diketahui kecepatan keluaran air untuk menentukan diameter runner dan diameter nosel.

Menurut Seith S.M., and Modi P.P., (1991), menyarankan harga perbandingan  $jet \left( m = \frac{D}{d} \right)$  yaitu perbandingan antara

diameter piringan dengan diameter nosel.

Menurut Miroslav Nechleba, Dr. Techn., M. E., (1957), perancangan bucketrunner dapat diketahui dengan mengetahui jarak sela antara bucket satu dengan bucket lainnya dengan jarak sela 0,7 sampai 0,8 dengan menentukan diameter runner banyaknya bucket yang terpasang dan diameter nosel yaitu menggunakan tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jet ratio dan jumlah bucket

Jet ratio	6	8	10	15	20	25
No. Of bucket	17 to 21	18 to 22	19 to 24	22 to 27	24 to 30	26 to 33

Perhitungan yang didapat nantinya dapat ditentukan dengan tabel diatas untuk menentukan berapa bucket yang dihasilkan dan diameter nosel yang didapat.

Menurut Miroslav Nechleba, Dr. Techn., M. E., (1957), untuk menentukan kecepatan keluaran air dari nosel dan diameter pitch dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$U_1 = 0.45 \sqrt{2 \cdot g \cdot H_n} \quad (4)$$

$$D = \frac{60 \cdot U_1}{\pi \cdot N} \quad (5)$$

Menurut Sebin Sabu, Tom Alphonse Antony, Nikhil Jacob George, dan Ashwin Chandy Alex, (2014), untuk menentukan diameter jet nosel dapat diambil melalui diameter pitch dengan persamaan sebagai berikut:

$$D_{run} = \frac{D}{10} \quad (6)$$

### 3. Implementasi dan Pengujian

Tabel 1. Data keseluruhan hasil pengujian rata-rata bucket resin murni

Diameter Nosel	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Preassure Gauge (kg/cm <sup>2</sup> )	Putaran 1 (rpm)	Putaran 2 (rpm)	Torsi (N.m)
7 mm	0,00029	0,6	84	72	0,38
	0,00030	0,7	92	78	0,32
	0,00031	0,8	93	80	0,31
10,5 mm	0,00029	0,2	48	36	0,47
	0,00030	0,2	48	38	0,46
	0,00031	0,2	52	48	0,45
14 mm	0,00029	0,2	24	12	0,56
	0,00030	0,2	29	16	0,55
	0,00031	0,2	35	21	0,54

Tabel 2. Data keseluruhan hasil pengujian rata-rata bucket resin campuran serbuk kuningan

Diameter Nosel	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Preassure Gauge (kg/cm <sup>2</sup> )	Putaran 1 (rpm)	Putaran 2 (rpm)	Torsi (N.m)
7 mm	0,00029	0,6	54	46	0,42
	0,00030	0,7	90	73	0,32
	0,00031	0,8	92	78	0,30
10,5 mm	0,00029	0,2	24	12	0,48
	0,00030	0,2	43	30	0,47
	0,00031	0,2	48	32	0,46
14 mm	0,00029	0,2	18	6	0,59
	0,00030	0,2	19	12	0,56
	0,00031	0,2	21	18	0,54

#### 3.1 Pengaruh Diameter Nosel terhadap Putaran (rpm)

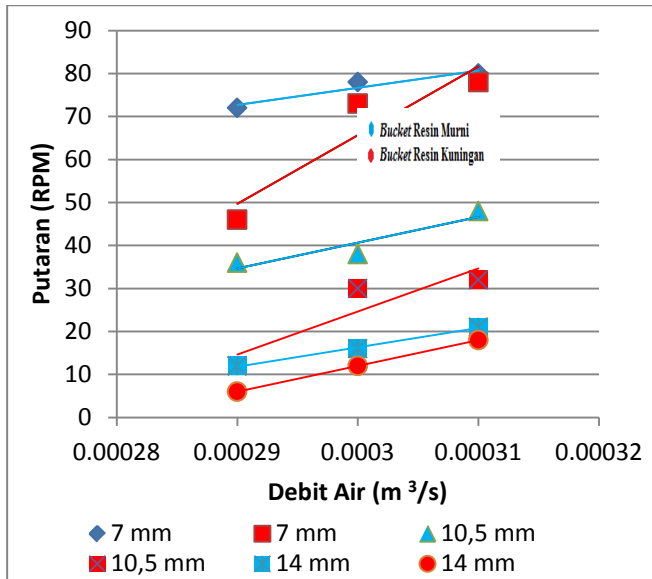
Tabel 3.3 Putaran yang dihasilkan turbin pelton (Bucket resin murni)

Diameter Nosel	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Preassure Gauge (kg/cm <sup>2</sup> )	Putaran (rpm)
7 mm	0,00029	0,6	72
	0,00030	0,7	78
	0,00031	0,8	80
10,5 mm	0,00029	0,2	36
	0,00030	0,2	38
	0,00031	0,2	48
14 mm	0,00029	0,2	12
	0,00030	0,2	16
	0,00031	0,2	21

Tabel 3.4 Putaran yang dihasilkan turbin pelton (Bucket resin campuran serbuk kuningan)

Diameter Nosel	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Preassure Gauge (kg/cm <sup>2</sup> )	Putaran (rpm)
7 mm	0,00029	0,6	46
	0,00030	0,7	73
	0,00031	0,8	78
10,5 mm	0,00029	0,2	12
	0,00030	0,2	30
	0,00031	0,2	32
14 mm	0,00029	0,2	6
	0,00030	0,2	12
	0,00031	0,2	18

Pada tabel 3.3 dan tabel 3.4 dapat dilihat seluruh data hasil perhitungan. Dari hasil perhitungan dapat di jelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 4.1 Hasil perbandingan putaran turbin bucket murni dengan bucket resin campuran serbuk kuningan

Pada Gambar 3.1 bahwa perbedaan perbandingan putaran yang dihasilkan bucket resin murni lebih tinggi di bandingkan hasil putaran bucket resin campuran kuningan. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan berat bucket berpengaruh terhadap putaran yang dihasilkan karena beban yang lebih ringan terhadap tumbukan yang diberikan nosel terhadap bucket resin. Nilai rata-rata berat bucket resin murni di angka 13,6 gram sedangkan nilai rata-rata bucket resin campuran serbuk kuningan di angka 21,1 gram. Sehingga seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 grafik perbandingan berat bucket terhadap putaran menghasilkan putaran optimum yang tertinggi yaitu bucket dengan bahan resin murni karena berat bucket lebih ringan di bandingkan bucket serbuk kuningan.

3.2 Pengaruh Diameter Nosel terhadap Torsi

Menentukan nilai perbandingan berat bucket resin murni dan bucket resin campuran serbuk kuningan untuk menentukan nilai torsi optimum sebagai tenaga untuk menggerakkan alternator. Oleh karena itu turbin pelton salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air, listrik yang dihasilkan turbin terhubung dengan alternator yang berputar membutuhkan nilai torsi optimum. Nilai torsi dapat diketahui sebagai berikut:

$$T = F \times r$$

Dimana:

*T* : Torsi (N.m)

*F* : Gaya (Kg)

*r* : Jarak (m)

Pernyataan tersebut hasil pengujian torsi di lapangan dapat diketahui dengan tabel sebagai berikut:

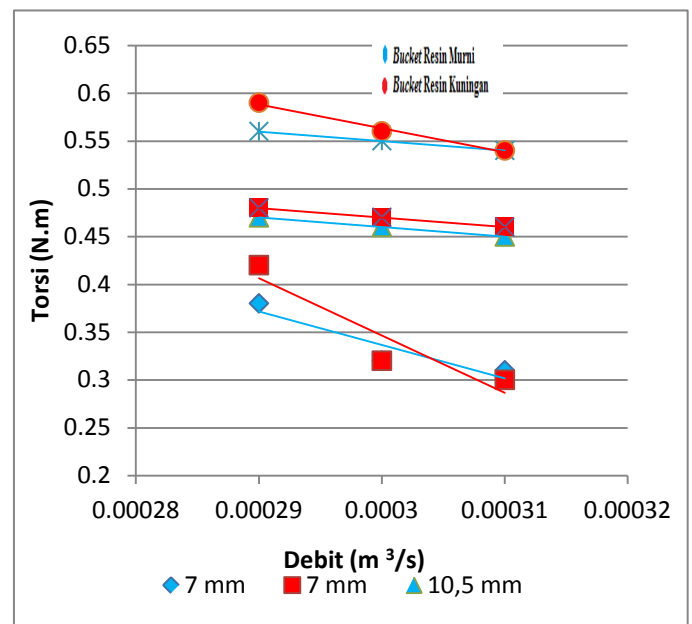
Tabel 3.5 Hasil pengujian torsi (Bucket resin murni)

Diameter Nosel	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Preasure Gauge (kg/cm <sup>2</sup> )	Putaran (rpm)	Torsi N.m
7 mm	0,00029	0,6	72	0,38
	0,00030	0,7	78	0,32
	0,00031	0,8	80	0,31
10,5 mm	0,00029	0,2	36	0,47
	0,00030	0,2	38	0,46
	0,00031	0,2	48	0,45
14 mm	0,00029	0,2	12	0,56
	0,00030	0,2	16	0,55
	0,00031	0,2	21	0,54

Tabel 3.6 Hasil pengujian torsi (Bucket resin campuran serbuk kuningan)

Diameter Nosel	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Preasure Gauge (kg/cm <sup>2</sup> )	Putaran (rpm)	Torsi N.m
7 mm	0,00029	0,6	46	0,42
	0,00030	0,7	73	0,32
	0,00031	0,8	78	0,30
10,5 mm	0,00029	0,2	12	0,48
	0,00030	0,2	30	0,47
	0,00031	0,2	32	0,46
14 mm	0,00029	0,2	6	0,59
	0,00030	0,2	12	0,56
	0,00031	0,2	18	0,54

Pada tabel 3.5 dan 3.6 maka dapat di simpulkan nilai yang dihasilkan dari masing-masing bucket, yaitu antara bucket resin murni dan bucket resin campuran kuningan pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Hasil perbandingan torsi bucket resin murni dan bucket resin campuran serbuk kuningan.

Pada Gambar 3.2 menunjukkan grafik hubungan antara debit dengan torsi. Terdapat enam grafik yang membedakan

nosel 7 mm, 10,5 mm, dan 14 mm dengan perbandingan debit air 0,0029 m<sup>3</sup>/s, 0,0003 m<sup>3</sup>/s, dan 0,00031 m<sup>3</sup>/sterhadap berat *bucket* nilai torsi. Nilai torsi didapat oleh poros yang berputar searah jarum jam artinya dimana energi yang dihasilkan poros karena gerakannya disebut energi kinetik. Bahwa kerja yang dilakukan oleh gaya (F) sama dengan perubahan energi kinetik. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa poros yang berputar dikenakan beban maka akan mengalami perubahan putaran, perubahan tersebut dikarenakan adanya beban yang di pakai untuk mengambil nilai torsi. Dimana nilai torsi yaitu nilai gaya dikali dengan nilai jari-jari dari turbin pelton. Dari pernyataan tersebut dapat diketahui dari keenam grafik, pada Gambar 3.2 memiliki kecenderungan yang sama yaitu debit air menurun putaran turbin pun menurun dengan nilai torsi meningkat. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa masing-masing debit air berpengaruh terhadap putaran turbin, terlihat pada grafik semakin kecil debit maka putaran menurun sehingga torsi lebih besar.

Hasil dari perbandingan berat *bucket* dapat diketahui pada Gambar 3.2 dimana *bucket* resin campuran serbuk kuningan cenderung lebih besar nilai torsinya dibandingkan nilai torsi yang diperoleh *bucket* resin murni. Hal tersebut dapat diketahui karena pengaruh perbandingan berat yaitu dimana nilai rata-rata berat *bucket* resin murni 13,6 gram dan rata-rata berat *bucket* resin campuran kuningan di angka 21,1 gram dan nilai dari momen inersia berat *bucket* sebagai ukuran kelembaman terhadap kinerja turbin, sehingga nilai *bucket* resin kuningan diangka 0,012 kg.m<sup>2</sup> sedangkan *bucket* resin murni diangka 0,0095 kg.m<sup>2</sup>. Hal itulah yang mendasari pada Gambar 3.2 bahwa *bucket* resin serbuk kuningan lebih besar nilai torsinya dibandingkan *bucket* resin campuran serbuk kuningan. Dimana nilai torsi tertinggi pada *bucket* resin campuran serbuk kuningan dengan debit 0,00029m<sup>3</sup>/s dengan nilai torsi 0,59 N.m dibandingkan dengan nilai tertinggi resin murni yaitu dengan debit 0,00029m<sup>3</sup>/s dengan nilai torsi 0,56 N.m. dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh berat dan besarnya diameter nosel berpengaruh terhadap besarnya nilai torsi yang didapat.

#### 4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan tujuan yang telah dikemukakan pada pendahuluan, simpulan yang didapat dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Putaran yang dihasilkan oleh turbin pelton *bucket* resin murni dengan putaran tertinggi adalah untuk nosel 7 mm = 80 rpm, untuk *bucket* resin campuran kuningan putaran tertinggi yaitu nosel 7 mm = 78 rpm. Semakin berat *bucket* turbin pelton yang di pakai maka akan semakin kecil putaran yang dihasilkan. Putaran turbin pelton yang menurun disebabkan karena pengaruh berat *bucket* terhadap putaran yang dihasilkan.
2. Torsi yang dihasilkan oleh turbin pelton *bucket* resin murni dengan nilai torsi tertinggi adalah untuk nosel 14 mm = 0,56 N.m, untuk *bucket* resin campuran kuningan nilai torsi tertinggi yaitu nosel 14 mm = 0,59 N.m.

Semakin kecil putaran dan berat *bucket* yang digunakan maka akan semakin besar nilai torsi yang didapat. Bahwa nilai torsi besar pengaruh terhadap berat *bucket* turbin dengan kecilnya putaran yang dihasilkan.

#### Saran

Dalam perancangan ini hanya digunakan *bucket* dengan variasi 2 sampel *bucket*. Maka dari itu peneliti menyarankan agar untuk perancangan selanjutnya menggunakan sampel *bucket* dengan variasi lebih dari 2 sampel dan mengetahui daya yang dihasilkan.

#### Kepustakaan

1. Dixon.S. L. (1998). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery. United States of America: Butterworth-Heinemann.*
2. Irawan Dwi. *Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro di Lampung.* Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Vol. 3 No.1
3. Kamal Samsul &Prajitno. (2013). *Evaluasi Unjuk Kerja Turbin Air Pelton Terbuat Dari Kayu Dan Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Untuk Pedesaan.* Jurnal Manusia Dan Lingkungan. Jurusan Teknik Mesin Dan Industri, Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.
4. Mahajan Pushpendra, Anurag Nema, &Anantharam. *Design and Analysis of Pelton Turbine for Organic Rankine Cycle application.*International Engineering Research Journal. Page No 514-519.
5. Meeran Faiz Ahmed, Muhammad Arslan, Ali Raza Mansha, &Aamir Sajjad. (2015).*Design and Optimization of Pelton Wheel Turbine for Tube-Well.* Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering.
6. Miroslavnechleba. (1957). *Hydraulic TurbinesTheir Design and Equipment.* Slovak Technical University in Bratislava. London: Artia-Prague.
7. Nasir Bilal Abdullah. (2013). *Design of High Efficiency Pelton Turbine for Microhydropower Plant.* Hawijah Technical Institute, Kirkuk, Iraq.
8. Poea Steward Ceri, G.D Soplanit, &Jotje Soplanit. (2013). *Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter.* Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
9. Sabu Sebin, Tom Alphonse Antony, Nikhil Jacob George, &Ashwin Chandy Alex. (2014). *Design and Modelling of a Pelton Wheel Bucket.* International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 3 Issue 3, March-2014.
10. Sari Sri Purnomo & Rendi Yusuf. *Pengaruh Jarak Dan Ukuran Nozzle Pada Putaran Sudu Terhadap Daya Listrik Turbin Pelton.* Teknik Mesin Universitas Gunadarma.
11. Sentanuhadi Jayan &Davin Sanchohehan. *Analysis and Numerical Simulation for Low Head Pelton Turbine.* Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.
12. Sularso, Suga Kiyokatsu. (1991). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.* Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
13. Titherington D, Rimmer JG. (1984). *Mekanika Terapan.* Jakarta: Erlangga.
14. Young Hugh D, Roger A, Freedman, T.R Sandin, &A LewisFord. (2002). *Fisika Universitas.* Jakarta: Erlangga.