

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) memiliki banyak jenis dan sudah sering dilakukan penelitian guna meningkatkan efektifitas pembangkit, baik dari segi mekanik, elektrik, maupun sipil. Penelitian mengenai PLTMH berjenis *gravitational water vortex power plant* (GWVPP) sendiri di Indonesia sudah beberapa kali dilakukan, namun memang masih sebatas dari segi mekanik turbin. Penelitian GWVPP dari segi sipil khususnya di Indonesia masih sedikit sekali dibahas. Dalam perancangan GWVPP dilihat dari segi sipil, bangunan air yang digunakan cenderung tidak rumit dan sedikit dibandingkan PLTMH lainnya sehingga mudah diterapkan.

GWVPP sendiri pertama kali dipatenkan oleh Paul Kouris, seorang penemu dan pengacara pada tahun 1996. Paul Kouris menciptakan GWVPP terinspirasi dari putaran air di wastafel. Selanjutnya penemu berkebangsaan Austria, Franz Zotlöterer mengembangkan turbin GWVPP serupa namun tanpa membutuhkan gaya eksternal dalam proses aerasi dan dengan bangunan sipil yang lebih sederhana. Paten dari Franz Zotlöterer ini yang kini digunakan sebagai dasar dari GWVPP pada umumnya, termasuk GWVPP *TURBULENT*. Turbin milik Franz Zotlöterer sendiri dipatenkan di Austria pada tahun 2003, selanjutnya berkembang kembali sehingga mendapat hak paten tahun 2007 di Swiss dan tahun 2010 di Austria serta Jerman.

Pada penelitian terdahulu (Guzmán *et al*, 2019) dilakukan perancangan GWVPP yang terletak di aliran sungai Phicanaki, Chanchamayo, Junin, Peru. GWVPP yang dirancang merupakan GWVPP berjenis *single turbine on land* dengan *long bypass*. GWVPP ini mengambil turbin Zotlöterer sebagai rujukan perancangannya. Desain GWVPP mengambil aliran lambat air sungai pada musim kemarau sebagai debit yang akan digunakan, yaitu sebesar 1,4 m<sup>3</sup>/s dengan *head* (tinggi jatuh) 1,3 m. GWVPP ini memiliki lebar inlet 1,7 m, diameter basin silindris sebesar 5,45 m dan diameter *orifice* 1,05 m. Dalam perancangan GWVPP ini, daya yang dapat dihasilkan yaitu sebesar 3,3 kW sesuai dengan efisiensi turbin yang direncanakan yaitu sebesar 17,5%.

Pada penelitian GWVPP yang berlokasi di saluran irigasi dari Sungai Kanali, Distrik Bardiya, Nepal (Jha, A.K *et al*, 2018), debit yang digunakan sebesar 0,18 m<sup>3</sup>/s dan *head* sebesar 1,2 m untuk desainnya. Pada GWVPP ini, basin yang digunakan merupakan basin berjenis *conical* dengan diameter 2 m dan diameter *orifice* sebesar 0,36 m. Basin berjenis *conical* sendiri merupakan pengembangan dari basin GWVPP yang dikembangkan di Nepal (Dhakal *et al*, 2015). Dengan menggunakan desain turbin yang berasal dari proyek yang dilakukan di Departemen Mekanik Kampus Teknik Pulchowk oleh Sapkota dkk (Sapkota *et al*, 2016), daya yang dihasilkan oleh GWVPP ini sebesar 1 kW. Dari perancangan ini, dengan daya sebesar 1 kW, biaya pembangunan dirasa terlalu besar terutama di bagian pengerjaan sipil dan transportasi.

Penelitian juga dilakukan oleh (Poudel & Jha, 2020) dimana dilakukan perhitungan perancangan GWVPP namun lebih mengarah ke biaya yang

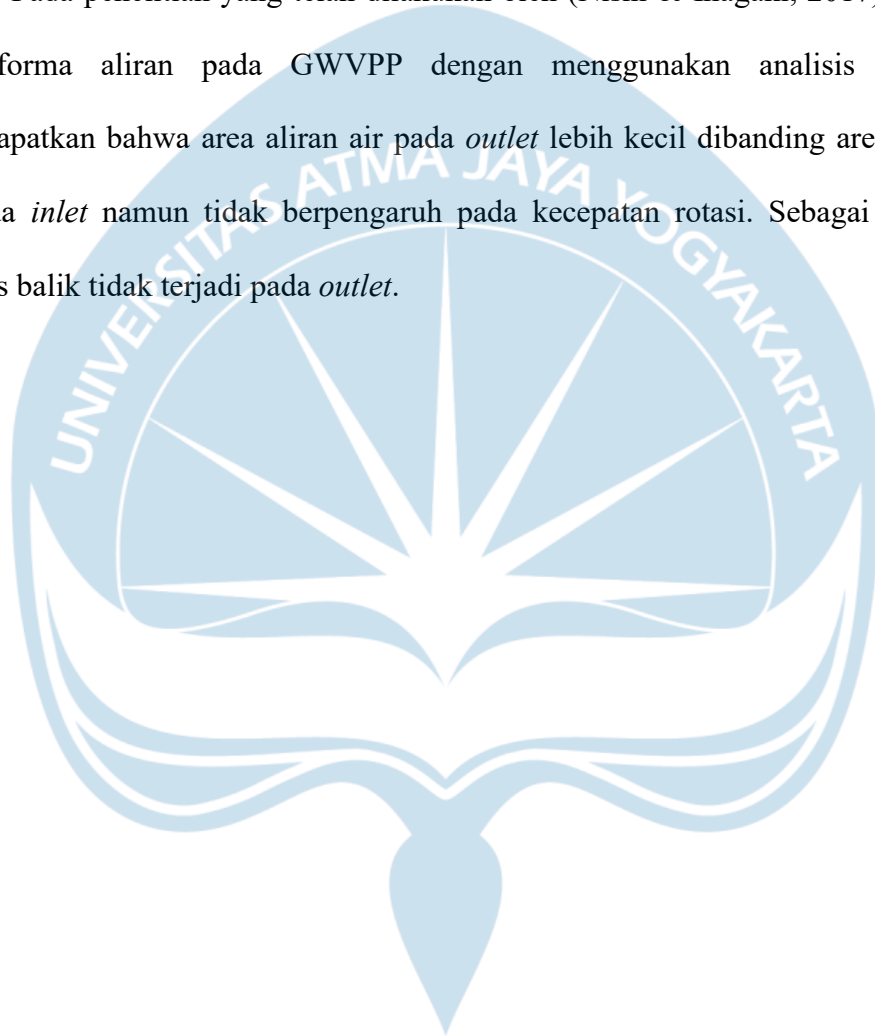
dibutuhkan dalam pengerjaannya. Studi kasus mengambil lokasi di saluran irigasi Sunsari-Morang, Nepal. Dalam penelitiannya ini, dipilih 23 titik yang sekiranya dapat digunakan sebagai GWVPP dengan perkiraan output daya 5 - 10 kW. Terdapat dua desain GWVPP yaitu yang berdiameter 2 m dan 2,4 m. Dari penelitian 23 titik didapatkan bahwa dengan output daya sebesar 5 - 10 kW biaya yang dibutuhkan terlalu besar. Biaya untuk membangun sistem GWVPP sebesar 1 kW di Nepal sebesar 19.000 Rupee Nepal atau sebesar Rp 230.345.210,28. Dari penelitian dikatakan bahwa pembangunan GWVPP berdasarkan biaya konstruksi untuk komponen sipil, mekanik dan elektrik, biaya tampaknya akan sangat berkurang saat membangun dan merawat pembangkit listrik dengan kapasitas yang lebih tinggi.

Dalam disertasi yang membahas aliran pusaran turbulen (Mulligan, 2015) didapatkan angka *froude* untuk mengidentifikasi keadaan transisi subkritis aliran untuk inlet yaitu 0,7 - 1. Angka ini untuk mengubah transisi aliran air agar menjadi lebih cepat sehingga dapat memutar turbin lebih efektif. Untuk diameter basin sendiri ditemukan bahwa kekuatan optimum vortex terjadi dengan kisaran diameter orifice untuk rasio diameter tangki ( $d / D$ ) dari 14% - 18% (Mulligan & Hull, 2010).

Penelitian mengenai turbin untuk GWVPP sendiri sudah banyak dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari turbin. Turbin TURBULENT mengatakan bahwa turbin miliknya mempunyai efisiensi sebesar 60%. Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya (Power *et al*, 2016) didapatkan bahwa efisiensi turbin sebesar 15,1%. Namun memang efisiensi sebesar 80% telah dilaporkan oleh perusahaan

komersial lainnya juga efisiensi sebesar 30% oleh studi eksperimental lainnya. Sedangkan dari (Rahman *et al*, 2017) didapatkan bahwa efisiensi turbin bervariasi dari 30% - 50% dengan posisi turbin 0,65 - 0,75 dari tinggi basin.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Nishi & Inagaki, 2017) mengenai performa aliran pada GWVPP dengan menggunakan analisis komputasi didapatkan bahwa area aliran air pada *outlet* lebih kecil dibanding area aliran air pada *inlet* namun tidak berpengaruh pada kecepatan rotasi. Sebagai tambahan, arus balik tidak terjadi pada *outlet*.



Tabel 2.1 Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai GWVPP

No	Tahun	Penulis	Judul	Hasil
1	2015	Sean Mulligan	<i>Experimental and Numerical Analysis of Three-Dimensional Free-Surface Turbulent Vortex Flows with Strong Circulation</i>	Identifikasi keadaan subkritis transisi aliran untuk inlet ( $0,7 < Fri < 1$ )
2	2016	Christine Power, Aonghus McNabola, dan Paul Coughlan	<i>A Parametric Experimental Investigation of the Operating Conditions of Gravitational Vortex Hydropower (GVHP)</i>	Efisiensi maksimum yang ditemukan sebesar 15,1%. Efisiensi yang jauh lebih tinggi hingga 80% telah dilaporkan oleh perusahaan komersial dan hingga 30% oleh studi penelitian eksperimental.
3	2017	M. M. Rahman, J. H. Tan, M. T. Fadzlita, A. R. Wan Khairul Muzammil	<i>A Review on the Development of Gravitational Water Vortex Power Plant as Alternative Renewable Energy Resources</i>	GWVPP mampu menghasilkan tenaga dari head rendah. Oleh karena itu, pembangkit listrik jenis ini cocok untuk daerah yang dialiri sungai. Posisi turbin yang optimal adalah 0,65 hingga 0,75 dari tinggi basin.

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian sebelumnya mengenai GWVPP (Lanjutan)

4	2017	Yasuyuki Nishi, Terumi Inagaki	<i>Performance and Flow Field of a Gravitation Vortex Type Water Turbine</i>	Area air pada saluran outlet lebih kecil dari saluran inlet dan tidak mengubah kecepatan rotasi. Sebagai tambahan, aliran mundur tidak terjadi di saluran outlet
5	2018	Ajay Kumar Jha, Deepa Upadhyaya Subedi, Ashesh Babu Timilsina	<i>Assesament of Gravitational Water Vortex Hydropower Plant In Nepal</i>	Biaya pembangunan sistem turbin terbilang sangat besar. Bagian utama dari total biaya berada di bagian sipil dan transportasi.
6	2019	Vladimir J. Alzamora Guzmán, Julie A. Glasscock, Ferris Whitehouse	<i>Design and construction of an off-grid gravitational vortex hydropower plant: A case study in rural Peru</i>	Perancangan GWVPP dengan debit sebesar 1,4 m <sup>3</sup> /s dengan head (tinggi jatuh) 1,3 m menghasilkan output daya sebesar 3,3 kW
7	2020	Ashutosh Poudel, Ajay Kumar Jha	<i>Techno-Economic Assessment of Gravitational Water Vortex Power Plant: A Case Study of Sunsari-Morang Irrigation Project</i>	Berdasarkan biaya konstruksi untuk komponen sipil, mekanik dan elektrik, biaya tampaknya akan sangat berkurang saat membangun dan merawat pembangkit listrik dengan kapasitas yang lebih tinggi