Studi Simulasi Pola Operasi Buka-an Pintu Bendung Gerak Mrican (Waru Turi) Kecamatan Gampangrejo Kabupaten Kediri Jawa Timur

Favian Giffary Ramadian^{1*}, Rini Wahyu Sayekti¹, Dian Sisingih¹

¹ Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, INDONESIA

*korespondensi email: faviangiffary@gmail.com

Abstract: Waru Turi Weir is one of the largest motion weirs in Brantas River. That weir irrigates Waru area of 12,710 hectares and Turi area of 16,444 hectares. Main function from weir is to manage water (irrigation requirment) and flood control structures. From a total of nine spillway gates, only eight gates are operating optimally. With the irrigation requirment water that must be fulfilled. The opening gate operation pattern refers to the Normal Water Level at an elevation of +57.3 meters as the ideal reference. The water level receded in elevation of +57.2 meters and the floods in elevation +58.28 meters. A method of simulated opening the gate (spillway) and gate intake based on irrigation requirements. By the gate opening simulation method, maximum discharge of the spillway door (+57.3 m) is 63.67 m³/s, with an opening of 2.73 meters per door (a total of eight functioning gates). While at the Waru intake the discharge is 6.211 m³/s and Turi with a discharge of 7.936 m³/s, the maximum gate opening is 0.3 meters per door. With the new operating pattern, the discharge that flows at each intake gate still meets the irrigation requirment discharge.

Keywords: Motion Weir, Normal Water Level, Sluice Gate

Abstrak: Bendung Gerak Mrican (Waru Turi) merupakan salah satu bendung gerak terbesar yang membendung Sungai Brantas. Bendung mengairi daerah irigasi Waru seluas 12.710 Ha dan daerah irigasi Turi seluas 16.444 Ha. Fungsi utama bendung adalah sebagai pemenuhan kebutuhan air irigasi (pengontrol debit) dan bangunan pengendali banjir. Dari total sembilan pintu *spillway* hanya delapan pintu yang beroperasi secara maksimal. Dengan kebutuhan air irigasi yang harus tetap terpenuhi, maka diperlukan pola operasi baru untuk tetap menunjang irigasi tersebut. Pola operasi bukaan pintu mengacu pada elevasi Muka Air Normal/Normal Water Level pada elevasi +57,3 meter sebagai acuan ideal. Muka air surut

pada elevasi +57,2 meter, dan Muka Air Banjir pada elevasi +58,28 meter. Metode simulasi bukaan pintu (*intake* maupun pintu *spillway*) didasarkan dengan kebutuhan irigasi. Dengan metode simulasi bukaan pintu didapatkan debit maksimal pintu *spillway* (+57,3 m) sebesar 63,67 m³/det, dengan bukaan 2,73 meter tiap pintu (total delapan pintu yang berfungsi). Sedangkan pada pintu *intake* Waru debit sebesar 6,211 m³/det dan Turi dengan debit 7,936 m³/det besar bukaan pintu maksimal 0,3 meter tiap pintunya. Dengan pola operasi baru, debit yang mengalir pada tiap pintu *intake* tetap memenuhi kebutuhan debit irigasi.

Kata kunci: Bendung Gerak, Muka Air Normal, Pintu Tegak

1. Pendahuluan

Ekosistem DAS dibagi daerah hulu, tengah dan hilir. Daerah hulu pada daerah aliran sungai mempunyai posisi yang sangat krusial untuk ketersediaan air pada daerah tengah maupun hilir. Daerah ini perlu dijaga ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas [1]. Berdasarkan pola pengelolaan sumberdaya air wilayah sungai Brantas merupakan wilayah sungai terbesar kedua di Pulau Jawa (Jawa Timur). Luas Daerah Aliran Sungai Brantas seluas 11.800 km² dan total panjang sungai 320 km yang mencakup 25% luas provinsi Jawa Timur atau 9% luas Pulau Jawa [2].

Bendung Gerak Mrican (Waru Turi) merupakan salah satu bendung yang ada pada Sungai Brantas. Fungsi bendung adalah untuk mengontrol debit agar kebutuhan air irigasi tetap terpenuhi. Terdapat dua *intake* pada Bendung Gerak Mrican, yaitu *intake* kiri (Waru) dan *intake* kanan (Turi) [3]. Pintu pada *spillway* dan *intake* merupakan pintu tegak (*sluice gate*). Dikarenakan usia pakai, pada pintu *spillway* hanya berfungsi delapan pintu dari total sembilan pintu. Hal ini mengakibatkan fungsi pintu *spillway* tidak berjalan secara maksimal [4]. Dengan kebutuhan debit irigasi yang harus tetap terpenuhi dari pintu *intake* dan pintu *spillway*, maka diperlukan pola operasi baru dengan total delapan pintu *spillway* [5].

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Studi

Bendung Gerak Mrican (Waru Turi) terletak pada daerah aliran Sungai Brantas bagian hulu, tepatnya pada wilayah Desa Gampeng kecamatan Gampangrejo Kabupaten Kediri. Bendung gerak mengairi daerah irigasi Warujayeng seluas 12.710 Ha (*intake* kiri), Daerah Irigasi Turi Tunggorono dan Daerah Irigasi Papar Peterongan seluas 16.444 Ha (*intake* kanan).

Panjang bendung sebesar 159,80 meter dengan lebar bendung 74,50 meter (termasuk apron) [6]. Dengan jenis bendung gerak pintu tegak (*sluice gate*) mempunyai sembilan (9) pintu *spillway*, dan empat (4) pintu *intake* Waru maupun *intake* Turi. Pintu *spillway* memiliki lebar 13,20 meter dan tinggi 3,85 meter. Sedangkan untuk *intake* Waru memiliki lebar pintu 3,60 meter dan tinggi 2,20 meter. Berbeda dengan pintu *intake* Waru, pintu *intake* Turi memiliki lebar 4,60 meter dengan tinggi pintu yang sama dengan pintu *intake*

Waru [7]. Tampak atas denah Bendung Gerak Mrican (Waru Turi) disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1: Tampak Atas Bendung Gerak Mrican

2.2 Metode

Metode yang dilakukan dalam penulisan ini menggunakan metode simulasi bukaan pintu [8]. Perhitungan debit pada pintu mengacu pada tinggi muka air yang ditetapkan, muka air normal/MAN (+57,3m), muka air surut/LWL (+57,2 m), dan muka air banjir/HWL (+58,28 m). Idealnya tinggi muka air normal yang dipakai dalam pengaplikasian dalam bendung. Namun jika terjadi kondisi-kondisi tertentu, memakai acuan muka air surut atau muka air banjir [9].

Perhitungan debit melalui pintu menggunakan rumus pada buku Andrew L. Simons. Rumus digunakan untuk mengetahui keluaran debit karena tinggi bukaan pintu. Perhitungan tinggi muka air mengacu pada debit sungai yang masuk pada bukaan pintu.

Debit keluaran pintu yang didapatkan dengan perhitungan Andrew L. Simons, kemudian di simulasikan dengan kebutuhan air irigasi pada *intake* Waru dan *intake* Turi. Pola operasi bukaan pintu menggabungkan bukaan pintu spillway, *intake* Waru, dan *intake* Turi. Dengan tetap memakai acuan MAN sebagai kondisi ideal. Untuk perumusan lebih detail dapat dilihat pada sub bab 2.3 [10].

2.3 Persamaan

Data tinggi muka air didapat dengan perhitungan debit yang lewat melalui bukaan pintu. Dari ilustrasi Gambar 2 dapat diketahui notasi H_0 , a , H_1 yang nantinya dibuat untuk mencari nilai Q (debit) terhadap bukaan pintu.

Gambar 2: Ilustrasi Aliran Pada *Sluice Gate*

Gambar 3: Grafik Hubungan Nilai H_0/a Dengan ψ , c

Grafik diatas menunjukkan nilai H_0/a pada garis vertikal, dan lengkung nilai a dan lengkung nilai c pada garis horizontal. Nilai ψ didapat dari percobaan yang bergantung pada nilai H_0/a . Dengan grafik tersebut dapat diketahui nilai c dan ψ berdasarkan nilai perbandingan tinggi muka air di hulu (H_0) dan tinggi bukaan pintu (a), H_0/a [10]. Dengan melihat rumus H_1 dengan variabel ψ dan a , maka dapat digabungkan dalam persamaan sebagai berikut: (ilustrasi aliran pada gambar 2)

$$Q = bac\sqrt{2g} \frac{H_0}{\sqrt{H_0 + \psi \cdot a}} \quad \text{Pers. 1}$$

Dimana,

Q = Debit melalui lubang sluice gate (m^3/det)

b = lebar pintu sluice gate (m)

c = nilai koefisien debit (didapat dari grafik pada Gambar 3)

g = gravitasi ($9,81 \text{ m/det}^2$)

H_0 = kedalaman air pada hulu sebelum melewati pintu (m)

ψ = nilai ψ dapat dilihat pada grafik hubungan nilai H_0/a (Gambar 3)

a = tinggi bukaan pintu sluice gate (m)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perhitungan Debit Melewati *Sluice Gate*

Dari hasil perhitungan debit dengan bukaan pintu didapatkan tinggi muka air pada tiap pintu. Dimensi tiap pintu berbeda sesuai dengan perencanaan. Dibawah digambarkan kurva hubungan tinggi muka air dengan tinggi bukaan pintu dari hasil perhitungan. Ada tiga kurva sesuai dengan pintu *intake* Waru; pintu *intake* Turi; dan pintu *spillway*. Garis vertikal menunjukkan elevasi tinggi muka air; garis horizontal menunjukkan besaran debit (Q) karena bukaan pintu; dan kurva berwarna menunjukkan pengaruh besaran bukaan pintu terhadap debit dan tinggi muka air. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat berikut ini:

Gambar 4: Grafik Tinggi Muka Air dengan Tinggi Bukaan Pintu (Waru)

Gambar 5: Grafik Tinggi Muka Air dengan Tinggi Bukaannya Pintu (Turi)

Gambar 6: Grafik Tinggi Muka Air dengan Tinggi Bukaannya Pintu Spillway

Dari gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kurva membentuk *trendline* segaris. Dimana tidak ada yang bersebrangan atau bertabrakan. Jadi bisa dikatakan bahwa perhitungan debit sesuai dan bisa diaplikasikan pada pintu tegak (*sluice gate*).

3.2 Simulasi Pola Operasi Pintu

Simulasi pola operasi bukaan pintu didasarkan pada tiga kondisi, yaitu kondisi Muka Air Surut/*Low Water Level* (LWL) pada elevasi +57,2 meter; Muka Air Normal/*Normal Water Level* (MAN/NWL) pada elevasi +57,3 meter; dan Muka Air Banjir/*High Water Level* (HWL) pada elevasi +58,28 meter. Penetapan dasar acuan dalam perhitungan simulasi pola operasi dikaitkan dengan kebutuhan air irigasi pada kebutuhan irigasi Waru dan kebutuhan irigasi Turi pada Tabel 1

Tabel 1: Kebutuhan Irigasi Waru dan Turi

Q Intake Irigasi Waru (Ltr/dtk)		Q Intake Irigasi waru (Ltr/dtk)		Q Intake Irigasi Turi (Ltr/dtk)		Q Intake Irigasi Turi (Ltr/dtk)	
	17,56		12,30		18,89		15,22
Jan	18,00	Jul	12,30	Jan	18,59	Jul	15,22
	16,91		11,97		17,39		15,22
	18,00		10,28		18,89		11,19
Feb	18,00	Aug	9,20	Feb	18,89	Aug	13,59
	16,46		8,96		16,53		11,42
	17,56		8,96		18,59		12,06
Mar	17,56	Sep	9,74	Mar	18,59	Sep	12,06
	16,76		9,74		16,65		10,85
	16,66		9,74		15,51		10,27
Apr	17,08	Oct	9,74	Apr	15,66	Oct	10,27
	15,84		9,74		15,12		9,62
	16,30		10,75		15,19		11,28
May	16,12	Nov	10,75	May	16,72	Nov	11,18
	16,12		14,20		17,68		12,45
	16,60		16,60		12,01		15,10
Jun	15,02	Dec	18,00	Jun	11,31	Dec	15,06
	13,72		17,10		15,22		10,99

Dengan mengetahui kebutuhan air irigasi tiap periodenya maka dapat dibuat pola operasi bukaan pintu. Pada kondisi normal (ideal) dipakai acuan Muka Air Normal/*Normal Water Level* (MAN/NWL) pada elevasi +57,3 m.. Pintu *intake* Waru dan Turi masing-masing berjumlah empat buah. Pintu *spillway* berjumlah sembilan, namun karena pintu No. 5 tidak dapat berfungsi maka pengoperasian hanya delapan pintu. Pola operasi bukaan pintu mengikuti debit kebutuhan irigasi tiap *intake*. Berikut merupakan pola operasi bukaan pintu pada pintu *intake* Waru, *intake* Turi, dan *spillway*:

Tabel 2: Pola Opeasi Pintu *Intake* Waru (+57,3 m)

	Q Intake (m3/s)	Q Pintu (m3/s)	Tinggi Bukaan Pintu Empiris (m)					Q Intake (m3/s)	Q Pintu (m3/s)	Tinggi Bukaan Pintu Empiris (m)			
			No.1	No.2	No.3	No.4				No.1	No.2	No.3	No.4
Jan	17,56	17,560	0,20	0,26	0,20	0,20	Jul	12,30	12,300	0,20	0,20	0,20	0,00
	18,00	18,000	0,20	0,28	0,20	0,20		12,30	12,300	0,20	0,20	0,20	0,00
	16,91	16,910	0,20	0,23	0,20	0,20		11,97	11,970	0,20	0,18	0,20	0,00
	18,00	18,000	0,20	0,28	0,20	0,20	Aug	10,28	10,282	0,20	0,10	0,20	0,00
Feb	18,00	18,000	0,20	0,28	0,20	0,20		9,2	9,224	0,20	0,05	0,20	0,00
	16,46	16,460	0,20	0,20	0,20	0,20		8,96	8,960	0,20	0,04	0,20	0,00
	17,56	17,560	0,20	0,26	0,20	0,20	Sep	8,96	8,960	0,20	0,04	0,20	0,00
Mar	17,56	17,560	0,20	0,26	0,20	0,20		9,74	9,744	0,20	0,07	0,20	0,00
	16,76	16,760	0,20	0,22	0,20	0,20		9,74	9,744	0,20	0,07	0,20	0,00
	16,66	16,660	0,20	0,21	0,20	0,20	Oct	9,74	9,744	0,20	0,07	0,20	0,00
Apr	17,08	17,080	0,20	0,24	0,20	0,20		9,74	9,744	0,20	0,07	0,20	0,00
	15,84	15,840	0,20	0,17	0,20	0,20		9,74	9,744	0,20	0,07	0,20	0,00
	16,30	16,300	0,20	0,19	0,20	0,20	Nov	10,75	10,750	0,20	0,12	0,20	0,00
Ma	16,12	16,120	0,20	0,19	0,20	0,20		10,75	10,750	0,20	0,12	0,20	0,00
y	16,12	16,120	0,20	0,19	0,20	0,20		14,20	14,205	0,20	0,09	0,20	0,20
	16,60	16,600	0,20	0,21	0,20	0,20	Dec	16,60	16,600	0,20	0,21	0,20	0,20
Jun	15,02	15,020	0,20	0,13	0,20	0,20		18,00	18,000	0,20	0,28	0,20	0,20
	13,72	13,735	0,20	0,07	0,20	0,20		17,10	17,100	0,20	0,24	0,20	0,20

Tabel 3 Pola Opeasi Pintu *Intake* Turi (+57,3 m)

	Q Intake (m ³ /s)	Q Pintu (m ³ /s)	Tinggi Bukaan Pintu Empiris (m)					Q Intake (m ³ /s)	Q Pintu (m ³ /s)	Tinggi Bukaan Pintu Empiris (m)			
			No.1	No.2	No.3	No.4				No.1	No.2	No.3	No.4
Jan	18,89	18,890	0,20	0,12	0,20	0,20	Jul	11,15	11,161	0,20	0,02	0,20	0,00
	18,59	18,590	0,20	0,11	0,20	0,20		17,02	17,028	0,20	0,05	0,20	0,00
	17,39	17,390	0,20	0,06	0,20	0,20		17,41	17,416	0,20	0,06	0,20	0,00
Feb	18,59	18,590	0,20	0,11	0,20	0,20	Aug	15,87	15,870	0,20	0,01	0,20	0,00
	18,89	18,890	0,20	0,12	0,20	0,20		15,87	15,870	0,20	0,01	0,20	0,00
	16,53	16,530	0,20	0,03	0,20	0,20		15,87	15,870	0,20	0,01	0,20	0,00
Mar	18,59	18,590	0,20	0,11	0,20	0,20	Sep	13,32	13,320	0,20	0,11	0,20	0,00
	18,59	18,590	0,20	0,11	0,20	0,20		13,32	13,320	0,20	0,11	0,20	0,00
	16,65	16,650	0,20	0,03	0,20	0,20		10,134	10,134	0,20	0,19	0,20	0,00
Apr	15,51	15,510	0,20	0,19	0,20	0,20	Oct	10,27	10,270	0,20	0,19	0,20	0,00
	15,66	15,660	0,20	0,20	0,20	0,20		9,62	9,620	0,20	0,17	0,20	0,00
	15,12	15,120	0,20	0,18	0,20	0,20		10,27	10,270	0,20	0,19	0,20	0,00
May	15,19	15,190	0,20	0,18	0,20	0,20	Nov	11,28	11,280	0,20	0,03	0,20	0,00
	16,72	16,720	0,20	0,04	0,20	0,20		11,28	11,280	0,20	0,03	0,20	0,00
	17,68	17,680	0,20	0,07	0,20	0,20		16,04	16,040	0,20	0,01	0,20	0,20
Jun	14,95	14,950	0,20	0,17	0,20	0,20	Dec	18,48	18,480	0,20	0,10	0,20	0,20
	17,94	17,943	0,20	0,08	0,20	0,20		18,89	18,890	0,20	0,12	0,20	0,20
	16,88	16,889	0,20	0,04	0,20	0,20		17,55	17,555	0,20	0,07	0,20	0,20

Tabel 4: Pola Opeasi Pintu *Spillway* (+57,3 m)

	Bukaan Pintu (m)									Q total (m ³ /det)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	
Jan	0,24	0,24	0,24	0,24	-	0,24	0,24	0,24	0,24	49,84
	0,43	0,43	0,43	0,43	-	0,43	0,43	0,43	0,43	84,44
	0,57	0,57	0,57	0,57	-	0,57	0,57	0,57	0,57	109,59
Feb	1,45	1,45	1,45	1,45	-	1,45	1,45	1,45	1,45	273,03
	1,05	1,05	1,05	1,05	-	1,05	1,05	1,05	1,05	197,98
	1,34	1,34	1,34	1,34	-	1,34	1,34	1,34	1,34	252,58
Mar	1,37	1,37	1,37	1,37	-	1,37	1,37	1,37	1,37	258,65
	1,05	1,05	1,05	1,05	-	1,05	1,05	1,05	1,05	198,48
	1,11	1,11	1,11	1,11	-	1,11	1,11	1,11	1,11	210,62
Apr	1,30	1,30	1,30	1,30	-	1,30	1,30	1,30	1,30	245,31
	1,79	1,79	1,79	1,79	-	1,79	1,79	1,79	1,79	335,75
	0,80	0,80	0,80	0,80	-	0,80	0,80	0,80	0,80	152,76
May	0,85	0,85	0,85	0,85	-	0,85	0,85	0,85	0,85	161,16
	0,87	0,87	0,87	0,87	-	0,87	0,87	0,87	0,87	166,42
	0,69	0,69	0,69	0,69	-	0,69	0,69	0,69	0,69	131,74
Jun	0,75	0,75	0,75	0,75	-	0,75	0,75	0,75	0,75	143,88
	1,21	1,21	1,21	1,21	-	1,21	1,21	1,21	1,21	229,28
	0,85	0,85	0,85	0,85	-	0,85	0,85	0,85	0,85	162,34
Jul	0,64	0,64	0,64	0,64	-	0,64	0,64	0,64	0,64	123,21
	0,51	0,51	0,51	0,51	-	0,51	0,51	0,51	0,51	98,22
	0,48	0,48	0,48	0,48	-	0,48	0,48	0,48	0,48	94,12
Aug	0,51	0,51	0,51	0,51	-	0,51	0,51	0,51	0,51	98,33
	0,96	0,96	0,96	0,96	-	0,96	0,96	0,96	0,96	182,83
	0,46	0,46	0,46	0,46	-	0,46	0,46	0,46	0,46	90,48
Sep	0,46	0,46	0,46	0,46	-	0,46	0,46	0,46	0,46	89,57
	0,59	0,59	0,59	0,59	-	0,59	0,59	0,59	0,59	113,36
	0,91	0,91	0,91	0,91	-	0,91	0,91	0,91	0,91	172,45
Oct	1,50	1,50	1,50	1,50	-	1,50	1,50	1,50	1,50	282,82
	1,08	1,08	1,08	1,08	-	1,08	1,08	1,08	1,08	204,32
	0,91	0,91	0,91	0,91	-	0,91	0,91	0,91	0,91	173,55
Nov	1,23	1,23	1,23	1,23	-	1,23	1,23	1,23	1,23	231,32
	1,94	1,94	1,94	1,94	-	1,94	1,94	1,94	1,94	362,74
	2,37	2,37	2,37	2,37	-	2,37	2,37	2,37	2,37	443,58
Dec	2,73	2,73	2,73	2,73	-	2,73	2,73	2,73	2,73	509,35
	1,64	1,64	1,64	1,64	-	1,64	1,64	1,64	1,64	307,22
	1,09	1,09	1,09	1,09	-	1,09	1,09	1,09	1,09	205,70

4. Kesimpulan

Muka Air Normal (MAN) pada pola operasi bukaan pintu dijadikan acuan dasar karena kondisi tersebut yang diharapkan pada perencanaan awal (+57,3 m). Dan pada kondisi MAN kebutuhan air dapat terjaga pada hulu dan hilir Bendung. Tetapi jika terjadi kondisi diluar kondisi normal bisa dipakai muka air surut atau muka air banjir.

Berdasarkan analisa perhitungan analitis pada Bendung Gerak Waru Turi (Mrican), Didapatkan pola operasi baru dengan bukaan pintu *spillway* berjumlah delapan pintu. Pada kondisi MAN (el. +57,3 m) pintu Waru didapatkan bukaan maksimal sebesar 0,3 meter dengan debit 6,211 m³/det tiap pintu. Pintu Turi didapatkan maksimal bukaan sebesar 0,3 meter dengan debit 7,936 m³/det tiap pintu. Dan pintu *spillway* bukaan maksimal terbesar pada 2,73 meter dengan debit 63,67 m³/det tiap pintu.

Dengan melihat pada debit yang dikeluarkan dengan debit kebutuhan irigasi, pola operasi bukaan tiap pintu *intake* maupun *spillway* dapat memenuhi kebutuhan irigasi Waru dan Turi. Maka, dapat disimpulkan bahwa studi ini dapat dijadikan referensi dalam variasi pola operasi bukaan pintu (ketika fungsi pintu tidak dapat beroperasi maksimal), dengan tetap memperhatikan kebutuhan irigasi tiap *intake*.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UPTD Kabupaten Kediri, Perum Jasa Tirta I dan juga ucapan terima kasih kepada seluruh pihak atas dukungan yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] C. Asdak, Hidrologi dan Pengelolaan Aliran Sungai, Yogyakarta: UGM Press, 2014.
- [2] M. M. Eman Mawardi, Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis, Bandung: Alfabeta, 2002.
- [3] M. J. Ismoyo, "Pengaturan Pintu Irigasi Mrican Kanan Dalam Pengoperasian Kebutuhan Air Irigasi," *Jurnal Teknik Pengairan*, Vols. Vol 1, No 2, pp. 127-135, 2010.
- [4] A. t. M. d. G. Ryszard A. Daniel, "Damage and Repair of an Old Weir Gate in the Meuse After a Clamity," *PIANC MMX Congress Liverpool UK*, pp. 1-15, 2010.
- [5] C. D. R. a. J. S. Fatchan Nurrochmad, "Analysis of Intake Gate Operation of the Three Weirs in Bedog River," *Engineering International Conference (EIC)*, vol. Vol 020039, pp. 1-10, 2016.
- [6] Anonim, Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa, 2013.
- [7] Anonim, Manual Operasi dan Pemeliharaan Bendung Mrican (Mrican Barrage), Malang: Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I, 2010.

- [8] M. Ghodsian, "Flow through Side Sluice Gate," *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. Vol. 129, pp. 458-463, 2003.
- [9] J. S. Maatooq, "Hydraulic Characteristics and Discharge of Canal Sluice Gate: Practical Approach," *University of Baghdad Engineering Journal*, vol. Vol. 22, pp. 16-35, 2016.
- [10] A. L. Simon, *Hydraulics*, United States: (Wiley) Prentice Hall College Div, 1996.