

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI POSISI PEMBERAT DAN BANDUL TERHADAP
KINERJA MODEL PINTU AIR OTOMATIS BERDESAIN
*SELF REGULATING (SRT)***

Oleh

CINNITYA PEBRIANI

NIM. DAB 113 029



JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

PALANGKA RAYA

2020

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI POSISI PEMBERAT DAN BANDUL TERHADAP
KINERJA MODEL PINTU AIR OTOMATIS BERDESAIN
SELF REGULATING (SRT)**

Oleh

CINNITYA PEBRIANI
NIM. DAB 113 029

**Telah direvisi berdasarkan masukan / rekomendasi
Seminar Hasil Skripsi, pada :**

Hari/Tanggal : Senin / 21 Desember 2020
Waktu : 09.00 – 10.30 WIB
Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Menyetujui :

Pembimbing I



DWI ANUNG NINDITO, S.T., M.T.
NIP. 19761026 200312 1 001

Pembimbing II



Dr. Ir. I MADE KAMIANA, M.T.
NIP. 19620818 199002 1 002

Mengetahui :

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,



Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI POSISI PEMBERAT DAN BANDUL TERHADAP KINERJA MODEL PINTU AIR OTOMATIS BERDESAIN *SELF REGULATING* (SRT), Cinnitya Pebriani, DAB 113 029, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Pintu air dengan sistem buka tutup otomatis merupakan bangunan beserta instalasinya yang berfungsi membuka, mengatur, dan menutup aliran air yang masuk ke bendungan pengendali banjir atau suatu jaringan irigasi berdasarkan level ketinggian air pada hulu sungai. Seiring dengan perkembangan sistem otomatis pada pintu air, dibutuhkan juga sistem yang baik agar dapat menunjang dan meningkatkan efisiensi dalam proses menghasilkan inovasi terbaru yang lebih baik. Salah satu jenis pintu air dengan sistem buka tutup otomatis yaitu pintu air otomatis berdesain *self regulating* (SRT) yang dilakukan pengujian di Laboratorium Hidrologi dan Hidraulika dengan membuat permodelan pintu air *self regulating* dengan memvariasikan posisi pemberat dan bandul (pengapung). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi posisi pemberat dan bandul (pengapung) terhadap kinerja pintu air otomatis berdesain *self regulating* (SRT).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan 2 tahap, yaitu pengumpulan data dilakukan dengan tahapan: (1) Mendesain model pintu air otomatis, persiapan alat dan bahan, pembuatan model pintu air otomatis, pengujian model pintu air otomatis; dan (2) Analisis data yang dilakukan berdasarkan parameter yang diukur yaitu profil aliran, hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h), hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t).

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan: (1) Pada saat kondisi pasang ditunjukkan jika posisi pemberat semakin mendekati titik poros, akan semakin mudah pintu membuka secara maksimal. Keadaan pintu dapat membuka paling maksimal ditunjukkan pada posisi variasi pemberat 4/4 dan bandul (pengapung) 2/3 (P4B2) dengan sudut bukaan pintu sebesar 48° dan kedalaman 14 cm; (2) Pada saat kondisi surut, berdasarkan kedalaman air tertinggi yang menunjukkan keadaan pintu tertutup yaitu pada posisi variasi pemberat 2/4 dan bandul (pengapung) 2/3 (P2B2) dengan kedalaman 20,6 cm dan sudut 0° . Sedangkan berdasarkan waktu tercepat pintu dapat tertutup yaitu pada posisi variasi pemberat 3/4 dan bandul (pengapung) 1/3 (P3B1) dengan waktu 168 detik.

Kata kunci: Pintu Air, Pemberat, Bandul (Pengapung), Kedalaman, Sudut Bukaan Pintu, Profil Muka Air

SUMMARY

THE INFLUENCE OF VARIATIONS IN BALLAST AND PENDULUM POSITIONS ON THE PERFORMANCE OF AUTOMATIC WATERGATE MODELS DESIGNED BY SELF REGULATING (SRT), Cinnitya Pebriani, DAB 113 029, Department/Program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

The floodgates with an automatic open-lid system is a building and its installation that serves to open, regulate, and close the flow of water into the flood control dam or an irrigation network based on the water level upstream. Along with the development of automatic systems at the floodgates, a good system is also needed in order to support and improve efficiency in the process of producing the latest innovations that are better. One type of floodgates with automatic door opening system is an automatic water gate *designed self regulating* (SRT) that is carried out testing in the Laboratory of Hydrology and Hydraulics by modeling the water door self regulating by *varying* the position of ballast and pendulum (flotation). This test aims to determine the influence of variations in ballast and pendulum position (flotation) on the performance of *automatic water gates designed self regulating* (SRT).

This research uses laboratory experiment method with 2 stages, namely data collection done by stages: (1) Mautomatic watergate model design, tool and materialpreparation, automatic watergate modeling, automatic watergate model testing; and (2) Adatanalisis conducted based on measured parameters namely profile aliran, relationship between door openingangle (s) and depth (h), relationship between door opening angle (s) and time (t).

Based on the results of research and analysis carried out: (1) At the time of the tide conditions indicated if the position of the ballast is getting closer to the point of the shaft, the easier the door will open to the maximum. The state of the door can open at the maximum indicated at the position of weight variation 4/4 and pendulum (flotation) 2/3 (P4B2) with a door opening angle of 48° and a depth of 14 cm; (2) At low tide, based on the highest water depth that indicates the state of the closed door, namely at the position ofweight variation 2/4 and pendulum (flotation) 2/3 (P2B2) with a depth of 20.6 cm and an angle of 0 °. While based on the fastest time the door can be closed at the position of weight variation 3/4 and pendulum (flotation) 1/3 (P3B1) with a time of 168 seconds.

Keywords: Water Gate, Ballast, Pendulum (Flotation), Depth, Door Opening Angle, Water Face Profile

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Posisi Pemberat dan Bandul Terhadap Kinerja Model Pintu Air Otomatis Berdesain *Self Regulating* (SRT)”**. Disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.T.P., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya dan selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak Dwi Anung Nindito, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1/Ketua.
8. Bapak Dr. Ir. I Made Kamiana, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2/ Sekretaris.
9. Bapak Ir. Allan Restu Jaya, M.T. selaku Dosen Pembahas 1.

10. Bapak Ir. Hendro Suyanto, M.T. selaku Dosen Pembahas 2.
11. Bapak Haiki Mart Yupi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembahas 3.
12. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha dan Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2013 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati dan menyadari akan segala kekurangan dalam penyusunan skripsi ini diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan dimasa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, Desember 2020

CINNITYA PEBRIANI

NIM. DAB 113 029

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pintu Air	5
2.2 Jenis Pintu Air	7
2.3 Pintu Air Otomatis Berdesain <i>Self Regulating</i> (SRT).....	16
2.4 Komponen-komponen Perhitungan pada Pintu Air	18
2.4.1 Gaya Tekanan pada Bidang Terendam.....	18
2.4.2 Gaya-gaya yang Bekerja pada Pintu Air Otomatis.....	21
2.5 Penelitian Terdahulu.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Metode Penelitian	29
3.2 Lokasi Penelitian	29
3.3 Tahapan Penelitian	29
3.4 Model Pintu Air Otomatis Berdesain <i>Self Regulating</i> (SRT).....	32

3.5	Persiapan Alat dan bahan	36
3.6	Pembuatan Model Pintu Air Otomatis	37
3.7	<i>Running</i> atau Pengujian Model Pintu Air Otomatis	38
3.8	Instrumen Pengukuran	44
3.9	Parameter Pengukuran	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pintu Air Otomatis <i>Self Regulating</i> (SRT)	49
4.1.1	Komponen Pintu Air <i>Self Regulating</i> (SRT)	49
4.1.2	Hasil Perakitan Pintu Air <i>Self Regulating</i> (SRT)	51
4.1.3	Kode <i>Running</i>	53
4.2	Hasil Pengukuran dan Analisis Kinerja Pintu Air	60
4.2.1	Profil Aliran	61
4.2.2	Hubungan antara Sudut Bukaannya (θ) dengan Kedalaman (h)	71
4.2.3	Hubungan antara Sudut Bukaannya (θ) dengan Waktu (t)	81
4.3	Gaya-gaya yang Bekerja pada Pintu Air	92
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian terdahulu tentang pintu air otomatis.....	25
Tabel 3.1	Gambar tampak permodelan pintu air otomatis berdesain <i>Self Regulating</i> (SRT)	32
Tabel 3.2	Komponen model pintu air otomatis berdesain <i>Self</i> <i>Regulating</i> (SRT)	34
Tabel 3.3	Posisi komponen variasi <i>running</i>	42
Tabel 3.4	Variasi atau kode <i>running</i> yang dilakukan pada saat pengujian	44
Table 3.5	<i>Form</i> pengambilan data <i>running</i> model pintu air.....	48
Tabel 3.6	<i>Form</i> pengambilan data profil aliran	48
Tabel 4.1	Komponen pintu air <i>self regulating</i>	49
Tabel 4.2	Hasil perakitan pintu air <i>self regulating</i>	52
Tabel 4.3	Kode <i>running</i>	54
Tabel 4.8	Data profil aliran kondisi pasang	61
Tabel 4.9	Data profil aliran kondisi surut	66
Tabel 4.10	Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada pintu air <i>self</i> <i>Regulating</i>	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pintu air sekat balok	5
Gambar 2.2	Pintu sorong	8
Gambar 2.3	Pintu klep.....	9
Gambar 2.4	Pintu bonet.....	10
Gambar 2.5	Pintu beroda tetap	11
Gambar 2.6	Pintu radial pelimpah.....	12
Gambar 2.7	Pintu engsel bawah.....	13
Gambar 2.8	Balok sekat	14
Gambar 2.9	Pintu sekat	15
Gambar 2.10	Pintu air otomatis berdesain <i>self regulating</i> (SRT)	16
Gambar 2.11	Siklus operasi pintu air <i>self regulating</i> (SRT).....	17
Gambar 2.12	Gaya tekanan pada bidang datar terendam.....	19
Gambar 2.13	Pintu air tipe segiempat	22
Gambar 2.14	Gaya-gaya yang bekerja pada pintu air otomatis	22
Gambar 3.1	Bagan alir tahapan penelitian	31
Gambar 3.2	Memperbaiki dan mengganti bak penampung	39
Gambar 3.3	Saluran pembuangan air	39
Gambar 3.4	Busur derajat.....	45
Gambar 3.5	<i>Point gauge</i>	45
Gambar 3.6	Mistar ukur	46
Gambar 3.7	Pembendung	46
Gambar 3.8	Perekat <i>silicon</i>	47
Gambar 3.9	Kamera	47
Gambar 4.1	Sudut α	94

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Profil aliran P1,P2,P3,P4 terhadap B1 kondisi pasang	62
Grafik 4.2	Profil aliran P1,P2,P3,P4 terhadap B2 kondisi pasang	63
Grafik 4.3	Profil aliran P1,P2,P3,P4 terhadap B3 kondisi pasang	64
Grafik 4.4	Profil aliran kondisi pasang	65
Grafik 4.5	Profil aliran P1,P2,P3,P4 terhadap B1 kondisi surut	67
Grafik 4.6	Profil aliran P1,P2,P3,P4 terhadap B2 kondisi surut	68
Grafik 4.7	Profil aliran P1,P2,P3,P4 terhadap B3 kondisi surut	69
Grafik 4.8	Profil aliran kondisi surut	70
Grafik 4.9	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B1 kondisi pasang	72
Grafik 4.10	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B2 kondisi pasang	73
Grafik 4.11	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B3 kondisi pasang	74
Grafik 4.12	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) kondisi pasang	75
Grafik 4.13	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B1 kondisi surut	77
Grafik 4.14	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B2 kondisi surut	78
Grafik 4.15	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B3 kondisi surut	79
Grafik 4.16	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) kondisi surut	80
Grafik 4.17	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B1 kondisi pasang	83

Grafik 4.18	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B2 kondisi pasang	84
Grafik 4.19	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B3 kondisi pasang	85
Grafik 4.20	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) kondisi pasang	86
Grafik 4.21	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B1 kondisi surut	88
Grafik 4.22	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B2 kondisi surut.....	89
Grafik 4.23	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) variasi P1,P2,P3,P4 terhadap B3 kondisi surut.....	90
Grafik 4.24	Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan waktu (t) kondisi surut	91

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
A	: Luas pintu air	(m ²)
b	: Lebar pintu air	(m)
F	: Gaya tekanan hidrostatik	(N)
F_1	: Gaya tekanan hidrostatik di hilir	(N)
F_2	: Gaya tekanan hidrostatik di hulu	(N)
g	: Percepatan gravitasi	(m/s ²)
h	: Tinggi pintu air	(m)
h	: Kedalaman air	(m)
h'	: Beda tinggi muka air	(m)
h_0	: Jarak vertikal antara pusat berat benda dan permukaan zat cair	(m)
h_{01}	: Kedalaman air di hilir	(m)
h_{02}	: Kedalaman air di hulu	(m)
h_1	: Tinggi muka air di hilir	(m)
h_2	: Tinggi muka air di hulu	(m)
I_0	: Momen inersia bidang A terhadap sumbu yang melalui pusat berat bidang tersebut	(m)
t	: Waktu	(s)
Y_{01}	: Pusat berat hilir	(m)
Y_{02}	: Pusat berat hulu	(m)
Y_{P1}	: Letak pusat tekanan hilir	(m)
Y_{P2}	: Letak pusat tekanan hulu	(m)
θ	: Sudut bukaan pintu	(°)
α	: Sudut kemiringan	(°)
β	: Sudut bukaan pintu	(°)
ρ	: Rapat massa	(kg/m ³)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Denah saluran prismatic
Lampiran II	Potongan A-A (Pot. Memanjang)
Lampiran III	Detail titik pengukuran
Lampiran IV	Potongan B-B (Pot. Melintang)
Lampiran V	Tabel 4.4 Profil aliran kondisi pasang
Lampiran VI	Tabel 4.5 Profil aliran kondisi surut
Lampiran VII	Tabel 4.6 Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) dan waktu (t) kondisi pasang
Lampiran VIII	Tabel 4.7 Hubungan antara sudut bukaan pintu (θ) dengan kedalaman (h) dan waktu (t) kondisi surut
Lampiran IX	Data hasil pengujian laboratorium
Lampiran X	Foto dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pintu air merupakan bangunan penunjang pada suatu jaringan irigasi dan bendungan pengendali banjir. Pintu air sudah ada sejak zaman dahulu, dimana bentuk pintu air sangatlah sederhana. Dengan terjadinya revolusi industri pada waktu ke waktu, maka terjadilah perkembangan pada pintu air. Hal ini terlihat dari berbagai macam pintu air yang terdapat di Indonesia yang mempunyai manfaat yang berbeda-beda. Pintu air yang ada di Indonesia dibuat kebanyakan dengan jenis pintu air yang bisa dimanfaatkan secara manual dimana prinsip kerjanya menggunakan tenaga manusia untuk mengoperasikannya. Selain itu juga terdapat jenis pintu air sistem buka tutup otomatis dengan prinsip kerja memanfaatkan proses pasang surut air laut, pintu akan membuka otomatis apabila kondisi air saat pasang dan akan kembali menutup secara otomatis saat kondisi air surut.

Pintu air dengan sistem buka tutup otomatis merupakan bangunan beserta instalasinya yang berfungsi membuka, mengatur, dan menutup aliran air yang masuk ke bendungan pengendali banjir atau suatu jaringan irigasi berdasarkan level ketinggian air pada hulu sungai. Sedangkan pengembangan yang terjadi pada daerah irigasi dalam pengaturan distribusi pengairan aliran irigasi hanya menggunakan pemanfaatan pintu air sistem manual, misalnya jenis pintu air sorong, pintu air geser dan beberapa pintu air manual lainnya. Pintu air sejak zaman dahulu sampai saat ini sangatlah bermanfaat dan tidak dapat dibayangkan jika pada zaman

sekarang tidak diikuti dengan perkembangan dari penggunaan pintu air pada jaringan irigasi atau bendungan pengendali banjir. Beriringan dengan perkembangan sistem otomatis pada pintu air, dibutuhkan juga sistem yang baik agar dapat menunjang dan meningkatkan efisiensi dalam proses menghasilkan inovasi terbaru yang lebih baik.

Sangatlah penting jika adanya alat yang dapat membuka, mengatur dan menutup aliran air pada jaringan irigasi yang dapat bekerja sewaktu-waktu dengan memanfaatkan pasang surut air yang dilakukan secara otomatis. Salah satu jenis pintu air dengan sistem buka tutup otomatis dari berbagai macam jenis pintu air otomatis yang ada saat ini, yaitu pintu air otomatis berdesain *self regulating* yang masih belum terlalu dikenal di Indonesia sampai saat ini. Maka dari itu, dengan adanya pembaharuan dan modifikasi diharapkan dapat memperbaiki kinerja pintu air, agar proses buka tutup pintu air yang terdapat di saluran irigasi pada saat terjadinya pasang surut bisa bekerja dengan maksimal dan kinerja pintu air akan menjadi lebih baik serta sebagai upaya untuk mendorong harus adanya inovasi terbaru dari pintu air pasang surut sistem otomatis, salah satunya dengan melakukan penelitian terhadap kinerja pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) dengan cara membuat permodelan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian berdasarkan latar belakang adalah bagaimana pengaruh variasi posisi pemberat dan bandul (pengapung) terhadap kinerja pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT).

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi posisi pemberat dan bandul (pengapung) terhadap kinerja pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT).

1.4 Batasan Penelitian

Untuk menghindari melebarnya permasalahan, maka perlu dibuat batasan-batasan terhadap masalah yang berhubungan dengan penelitian. Adapun batasan permasalahan yaitu :

1. Penelitian ini ditekankan pada perancangan model pintu air otomatis dengan skala kecil menyesuaikan penampang saluran air yang sudah tersedia di Laboratorium Hidrologi & Hidraulika, serta untuk mempelajari proses desain disertai dengan pembuatan model pintu air otomatis.
2. Yang dibahas hanya bentuk dari pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) tanpa membandingkan kinerja dari model aslinya.
3. Tidak akan membahas perhitungan perencanaan pintu air dalam skala sebenarnya, melainkan hanya memperhitungkan skala permodelan di Laboratorium.
4. Uji model fisik dilakukan hanya pada saluran prisma dengan bahan dasar kaca dan tidak diujikan di lapangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat secara teoritis dan praktis, yaitu :

1. Manfaat teoritis

- a. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan sebagai wujud dari pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang hidrolika yang berkaitan dengan konsep pengaliran air irigasi.
- b. Diharapkan dapat memberikan referensi dalam pengoperasian pintu air dan bidang akademis sebagai pengetahuan dan wawasan dalam kuliah bidang Teknik Sipil.

2. Manfaat praktis

- a. Alat pengendalian pintu air ini dapat digunakan secara otomatis dan dapat membantu dalam sistem irigasi, sehingga tidak bekerja lagi secara manual.
- b. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan atau saran sebagai alternatif pemecahan masalah pada pintu air yang selama ini hanya dioperasikan secara manual.
- c. Memberikan kemudahan bagi petugas pintu air dalam mengatur atau mengontrol pintu air tanpa harus di tempat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pintu Air

Pintu air merupakan bangunan memotong tanggul sungai yang berfungsi sebagai pengatur aliran air untuk pembangunan (drainase), penyadapan, dan pengatur lalu lintas air. Pintu air sebagai penyadap berfungsi untuk mengatur besarnya debit air yang dialirkan ke dalam *system* saluran air, sehingga pintunya dapat diatur sesuai dengan debit yang diinginkan, sebagai pengatur lalu lintas air, pintu air selalu dibuka dan ditutup secara periodik sebagai lalu lintas pelayaran kapal-kapal (Sosrodarsono, 1994).



Sumber : Dokumentasi lapangan (2018)

Gambar 2.1 Pintu air sekat balok

Umumnya pintu air juga digunakan untuk mengontrol aliran air di *reservoir*, sungai dan pada sistem tanggul. Pintu yang dapat diatur digunakan untuk mengatur air di bendungan, sungai, maupun tanggul sungai. Alat ini juga dapat didesain untuk

spillway pada bendungan, mengatur laju aliran pada saluran, atau dapat juga didesain untuk menghentikan air sebagai bagian dari sistem tanggul. Untuk pengendalian banjir, bangunan ini juga digunakan untuk menurunkan muka air banjir pada sungai atau pada saluran air pada saat terjadinya banjir.

Pada umumnya, sistem pengairan irigasi telah menjadi salah satu cara untuk mengairi lahan pertanian. Jika persediaan air melimpah karena tempat yang dekat dengan sungai atau sumber mata air, maka jaringan irigasi dibangun untuk mengalirkan air tersebut ke lahan pertanian. Dari sinilah pintu air dibutuhkan untuk mengatur debit air yang keluar dari bendungan dan yang menuju ke lahan pertanian. Karena melalui proses gravitasi, tanah yang tinggi akan mendapat air terlebih dahulu. Dari banyaknya kebutuhan air yang harus dikeluarkan inilah, maka perlu adanya upaya pengaturan dan peningkatan daya guna air dalam kehidupan. Fungsi pintu air juga salah satunya membagi saluran primer dari bendungan menjadi 3 (tiga) saluran sekunder, dan hal ini hanya ada pada saluran primer yang cukup besar. Untuk sistem irigasi dengan tekanan air yang kecil maka yang dibutuhkan juga pintu air yang kecil pula. Pintu air ini masih manual, sehingga masih membutuhkan tenaga manusia untuk membuka dan menutup serta mengatur debit air yang keluar untuk mengairi area persawahan (Bahri, Z. dan Erliza Y., 2016).

Beberapa komponen penting pada pintu air adalah sebagai berikut (Soedibyo, 2003) :

1. Daun pintu (*Gate leaf*)

Daun pintu adalah bagian dari pintu air yang menahan tekanan air dan dapat digerakkan untuk membuka, mengatur dan menutup aliran air. Untuk pintu air yang

berat dapat digunakan roda-roda (*roller*) agar gerakannya menjadi lebih ringan.

2. Rangka pengatur arah gerakan (*Guide frame*)

Rangka pengatur arah gerakan adalah alur dari baja atau besi yang dipasang masuk ke dalam beton yang digunakan untuk menjaga agar gerakan dari daun pintu sesuai dengan yang direncanakan. Agar tidak ada rembesan air maka digunakan lapisan penutup (*seal*) yang kuat dan rapat.

3. Angker (*Anchorage*)

Angker adalah baja atau besi yang ditanam dalam beton dan digunakan untuk menahan rangka pengatur arah gerakan agar dapat memindahkan muatan dari pintu air ke dalam konstruksi beton.

4. *Hoist*

Hoist adalah alat untuk menggerakkan daun pintu air agar dibuka dan ditutup dengan mudah.

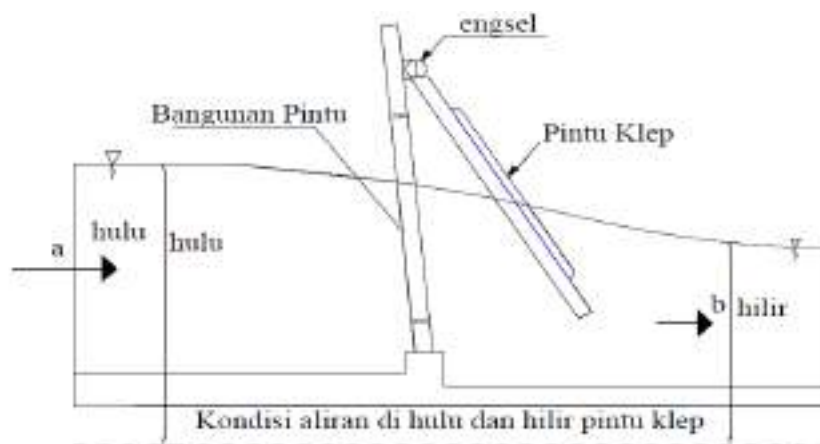
2.2 Jenis Pintu Air

Berdasarkan Modul Desain Peralatan Hidromekanik (2017) macam pintu air yang ada saat ini yaitu :

1. Pintu Sorong (*Sliding gate*)

Pintu sorong adalah sekat yang dapat diatur bukaannya. Pada bangunan air, aplikasi pintu sorong adalah pintu pembilas. Fungsinya yaitu mencegah sedimen layang masuk ke dalam pintu pengambilan (*intake*) dan membilas sedimen yang menghalangi aliran. Aliran setelah pintu sorong mengalami perubahan kondisi dari subkritis ke superkritis. Di lokasi yang lebih hilir terjadi peristiwa yang disebut air loncat/lompatan hidraulik (*hydraulic jump*). Air loncat memiliki sifat aliran yang

muka air hulu tertentu, tekanan hidrostatis yang terjadi sudah cukup besar sehingga mampu untuk membuka pintu. Dengan terbukanya pintu tersebut air banjir bisa dibuang melalui pintu (Triatmodjo, 1993). Bila sebuah permukaan bidang tenggelam dalam fluida (in-kompresibel) maka gaya-gaya akan bekerja pada permukaan karena fluida tersebut (Anonim, 2017).

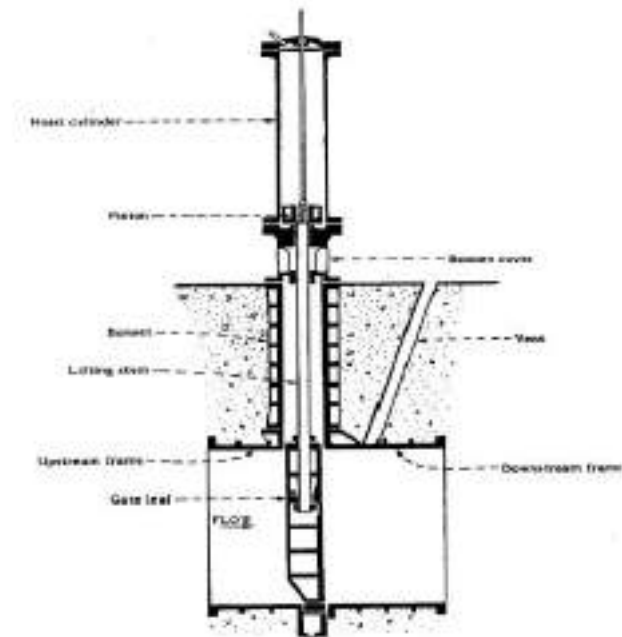


Sumber: Mali, M. U., Dian, N. K., & Ikrar, H., (2017)

Gambar 2.3 Pintu klep

3. Pintu Bonet (*Boneted gate*)

Pada dasarnya pintu bonet adalah pintu luncur yang terdiri dari daun pintu berbentuk segi empat atau kubus terbungkus dalam rumah dari pelat baja dengan konstruksi las. Bagian atas pintu dilengkapi tutup dimana di atas tutup diletakkan alat penggerak. Pintu bonet biasanya dipasang dalam terowongan, pipa pesat sebagai pintu darurat/perawatan (*emergency/maintenance gate*) dan juga bisa dipasang di ujung akhir pipa pesat sebagai pintu pengatur. Pemasangan jenis pintu ini dalam terowongan memerlukan ventilasi udara dekat di bagian hilir pintu. Permasalahan yang timbul sering terjadi kerusakan pada *tunnel* di hilir pintu karena terjadinya kavitasi (Anonim, 2017).



Sumber: Anonim (2017)

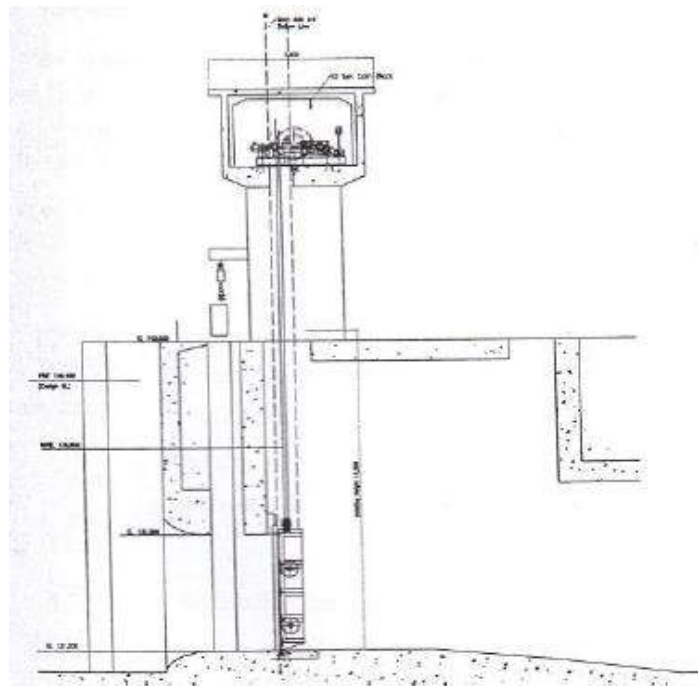
Gambar 2.4 Pintu bonet

4. Pintu Beroda Tetap (*Fixed wheel gate*)

Pintu beroda merupakan daun pintu datar konstruksi baja dengan dilengkapi roda sebagai pendukung gerakan menutup dan membuka. Berdasarkan konstruksi sistem roda pendukungnya maka pintu dapat dibedakan menjadi (Anonim, 2017) :

- a. Pintu Roda Tetap (*Fixed Wheel*), dimana as roda terikat tetap pada rangka daun pintu.
- b. Pintu *Stoney* (*Stoney Gate*), dimana roda terikat pada rangka sendiri terlepas dari daun pintu.
- c. *Caterpillar Gate* dimana rangka pengikat roda berupa rantai terlepas dari daun pintu.

Pintu beroda tetap ini umumnya digunakan untuk fungsi pengaturan keluaran air waduk (pintu *spillway*) dan pintu darurat (*head tinggi*) posisi di depan bendungan atau dalam *tunnel*.



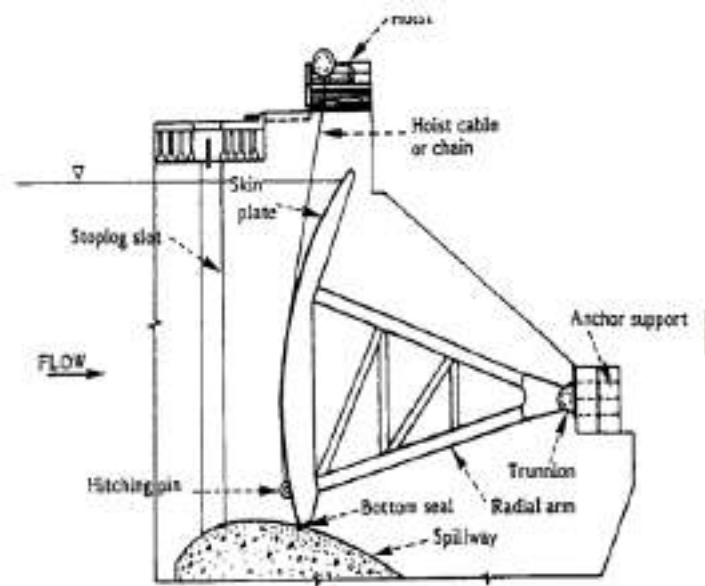
Sumber: Anonim (2017)

Gambar 2.5 Pintu beroda tetap

5. Pintu Radial Pelimpah (*Spillway radial gate*)

Pintu radial umumnya dipasang pada bangunan pelimpah sehingga disebut pintu radial pelimpah (*spillway*). Pintu radial pelimpah dikenal juga sebagai *tainter gate* yang terdiri dari daun pintu yang berbentuk lengkung dan lengan yang menumpu pada pilar atau daya dukung bentuk lainnya. Daun pintu duduk pada mercu pelimpah dan dapat berputar pada as yang di tumpu rangka disebut *trunnion*. Sistem *seal* berada pada tiga sisi yaitu dua di samping dan satu di dasar daun pintu. Pelepasan air lewat bawah daun pintu, dan alat angkat berada di atas deknya pilar.

Pintu radial pelimpah berfungsi sebagai menahan air dalam waduk, melepas air waduk saat banjir, dan mengatur keluaran air dalam operasi normal. Pada pintu jenis ini permasalahan desain yang sering terjadi adalah kecepatan sering lambat (saat turun), untuk ukuran besar kadang-kadang tidak dapat menutup dengan berat sendiri, dan jika air melimpah di atas pintu dapat (*overtopping*) dapat merusak rangka dan lengan pintu (Anonim, 2017).



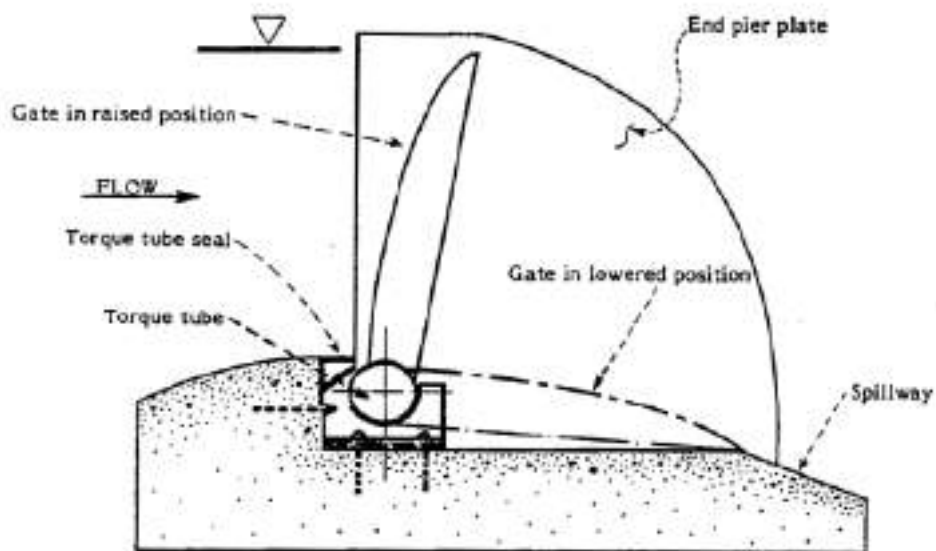
Sumber: Anonim (2017)

Gambar 2.6 Pintu radial pelimpah

6. Pintu Engsel Bawah (*Crest gate/Tilting gate*)

Pintu engsel bawah umumnya dipasang pada mercu pelimpah. Alat angkat untuk pintu jenis ini biasanya sistem hidrolis (*hydraulic piston*) ditempatkan di atas pilar atau pada mercu di hilir pintu. Pada posisi pintu tertutup, permukaan daun pintu mengikuti garis permukaan mercu pelimpah. Pintu engsel bawah berfungsi sebagai menahan air dalam waduk, melepas air waduk saat banjir, dan mengatur keluaran air dalam operasi normal. Pada pintu jenis ini permasalahan yang biasanya terjadi

adalah korosi terjadi pada pelat luar pada daerah batas permukaan air, ventilasi udara di hilir pintu kapasitasnya tidak cukup, bocor pada seal, dan getaran yang berlebih terjadi saat dioperasikan (Anonim, 2017).

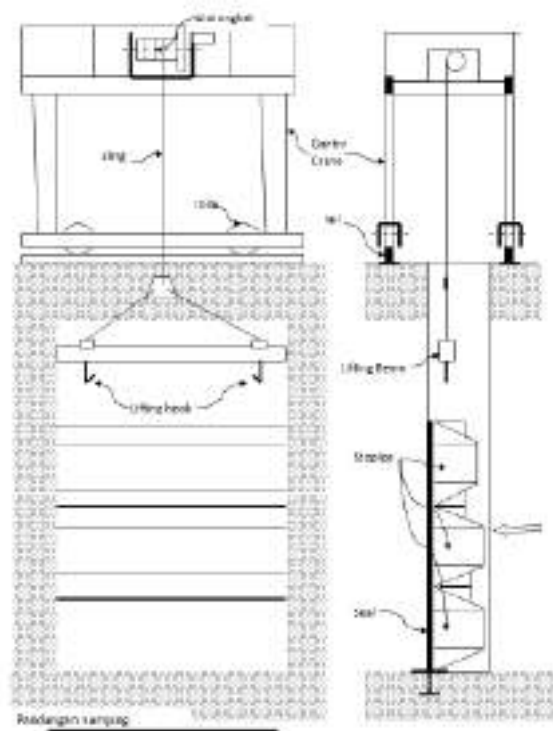


Sumber: Anonim (2017)

Gambar 2.7 Pintu engsel bawah

7. Balok Sekat (*Stoplog*)

Pintu *stoplog* terdiri dari papan kayu yang dapat disusun untuk menahan air pada ketinggian tertentu. Jumlah papan sangat menentukan jumlah air yang ditahan. Bila menginginkan air dibuang dari saluran atau petak, semua papan dibuka pada waktu air surut. Sebaliknya, bila menginginkan air pasang masuk semua papan dibuka. Untuk menahan air pada ketinggian tertentu, maka papan dipasang pada ketinggian yang diinginkan dan juga untuk menghindari air asin masuk pada waktu pasang, semua papan harus dipasang. Pintu *stoplog* biasanya dioperasikan bersamaan dengan pintu klep otomatis (Anonim, 2017).



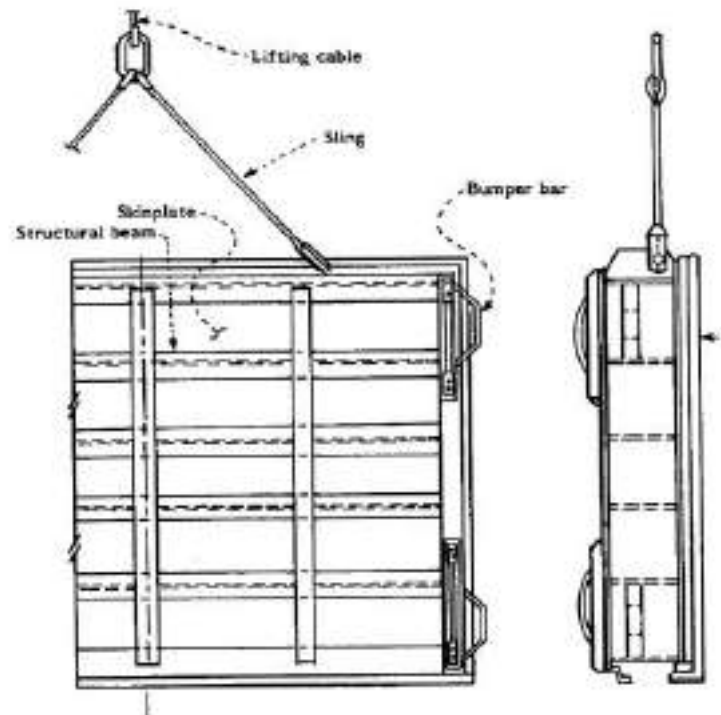
Sumber: Anonim (2017)

Gambar 2.8 Balok sekat

8. Pintu Sekat (*Bulkhead gate*)

Pintu sekat adalah satu unit pintu yang ditempatkan sementara waktu pada bangunan *intake* atau *outlet* dalam rangka menutup/menahan air di hulu sungai guna keperluan perawatan, perbaikan, pemeriksaan pintu, katup serta pipa. Pintu sekat umumnya berupa konstruksi baja, namun pada keadaan tertentu dapat berupa konstruksi beton tulang. Sistem *seal* terdapat pada keliling sisi (empat sisi) sehingga kerapatan bisa lebih baik. Pada pintu jenis ini permasalahan yang sering terjadi yaitu pada desain, dimana pintu sekat hanya dapat dipasang bilamana tidak ada aliran air. Disamping itu jika pabrikan atau produksi serta pemasangan *seal* tidak teliti dan tidak rata atau *flat* maka kemungkinan akan terjadi kebocoran. Pemilihan jenis pintu ini sangat tergantung dari penentuan alat angkatnya. Jika dengan hanya

satu pintu maka untuk mengangkatnya membutuhkan alat angkat kapasitas besar, sehingga menjadi tidak ekonomis (Anonim, 2017).



Sumber: Anonim (2017)

Gambar 2.9 Pintu sekat

Ada beberapa jenis pintu air berdasarkan cara pengoperasiannya (Sosrodarsono, 1994), yaitu :

1. Pintu air manual

Penggunaan pintu air secara manual sering kita jumpai pada pengaturan irigasi di persawahan dan aliran dengan tekanan kecil. Pintu air manual ini masih memerlukan tenaga manusia untuk mengatur aliran air dengan menutup dan membuka pintu air.

2. Pintu air semi otomatis

Penggunaan pintu air semi otomatis banyak digunakan pada bendungan yang

bertekanan tinggi.

3. Pintu air otomatis

Pintu air otomatis digunakan untuk pengendalian banjir pada bangunan pelimpah pada suatu bendungan bertekanan tinggi, yang bekerja apabila debit air melebihi batas tertentu akan membuka sendiri secara otomatis.

2.3 Pintu Air Otomatis Berdesain *Self Regulating* (SRT)

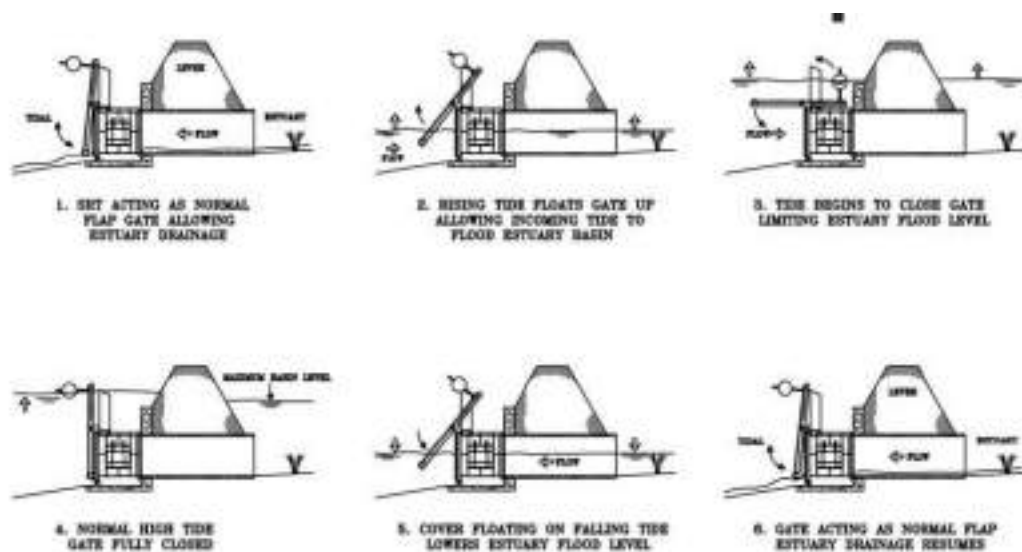
Pintu air otomatis desain *self regulating* (SRT) adalah sebuah variasi gerbang pasang berengsel tradisional. Fitur utama yang membedakan dengan pintu air lainnya adalah pemberat pada tutup atau pintu airnya sendiri dan lengan penyeimbang dengan bandul atau daya apung di atasnya. Untuk model pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) dapat dilihat pada Gambar 2.10 di bawah ini.



Sumber: Giannico, G. and J. A. Souder (2005)

Gambar 2.10 Pintu air otomatis berdesain *self regulating* (SRT)

Prinsip dari pintu air otomatis didasarkan pada banyaknya air yang dapat dikeluarkan dalam suatu periode tertentu. Batasannya adalah tinggi muka air di hulu dan hilir. Pada bagian hilir didasarkan pada genangan air tertinggi, sedangkan di bagian hulu disebabkan oleh fluktuasi pasang surut. Tinggi muka air yang diperbolehkan ada di dalam sistem tata saluran dengan yang ditentukan (Giannico, G. and J. A. Souder, 2005).



Sumber: Giannico, G. and J. A. Souder (2005)

Gambar 2.11 Siklus operasi pintu air *self regulating* (SRT)

Siklus operasi pada pintu air SRT berdasarkan Gambar 2.11 di atas adalah sebagai berikut (Giannico, G. and J. A. Souder, 2005) :

1. SRT bertindak sebagai gerbang penutup normal yang memungkinkan drainase muara.
2. Gerbang naik saat pasang mengapung ke atas memungkinkan pasang masuk ke banjir muara.
3. Pasang mulai menutup gerbang membatasi banjir muara.
4. Gerbang pasang surut normal sepenuhnya ditutup.

5. Penutup yang mengapung saat air pasang menurunkan/mengurangi tingkat banjir di muara.
6. Gerbang berlanjut bertindak sebagai penutup drainase muara.

2.4 Komponen-komponen Perhitungan pada Pintu Air

2.4.1 Gaya Tekanan pada Bidang Terendam

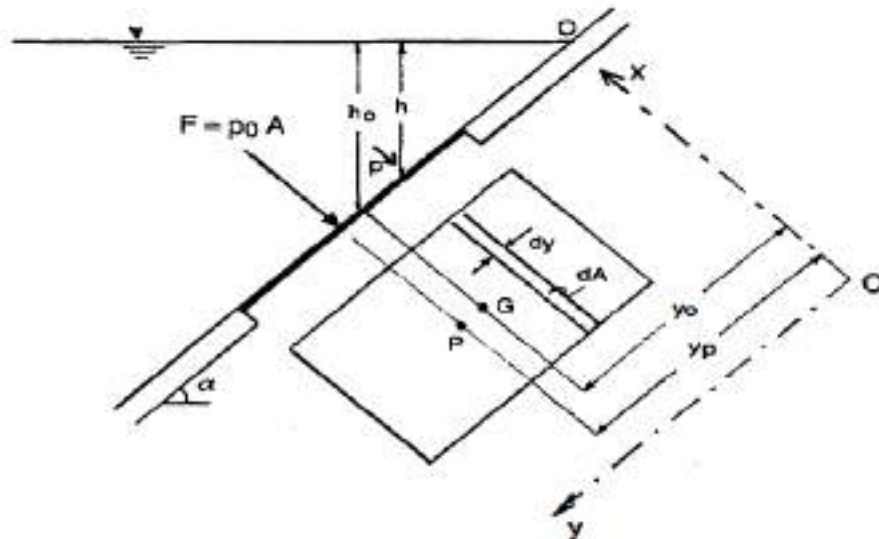
Menurut Bambang Triatmojo (2014) bidang datar dipandang suatu bidang datar berbentuk segi empat yang terletak miring pada sudut α terhadap bidang horisontal (permukaan zat cair). Bidang tersebut terendam dalam zat cair diam dengan berat jenis γ seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13. Dibuat bidang khayal yang merupakan perluasan bidang tersebut sehingga memotong permukaan zat cair pada titik O . Luas bidang adalah A dan pusat beratnya adalah G yang terletak pada h_0 di bawah permukaan zat cair. Akan dicari gaya hidrostatis pada bidang tersebut dan letak titik tangkap gaya tersebut pada bidang. Titik tangkap gaya tersebut terletak pada titik P yang dikenal dengan pusat tekanan. Jarak searah bidang miring terhadap permukaan (titik O) dinyatakan dalam y , sedang jarak vertikal terhadap permukaan zat cair adalah h . Karena pertambahan tekanan adalah linier terhadap kedalaman, maka pusat gaya tekanan F terletak di bawah pusat berat bidang G . Dipandang suatu pias horisontal yang sejajar terhadap permukaan zat cair dengan tebal dy dan berjarak vertikal h dari permukaan. Apabila luas pias adalah dA , maka besarnya gaya tekanan pada pias tersebut adalah :

$$dF = p dA \quad (2-1)$$

atau

$$dF = h \gamma dA \quad (2-2)$$

Adapun gaya tekanan pada bidang datar terendam dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut ini :



Sumber: Triatmodjo, B. (2014)

Gambar 2.12 Gaya tekanan pada bidang terendam

Karena $h = y \sin \alpha$, maka :

$$dF = y \sin \alpha \gamma dA$$

Gaya tekanan total adalah :

$$F = \int \gamma \sin \alpha y dA = \gamma \sin \alpha \int y dA \quad (2-3)$$

dengan $\int y dA$ adalah momen statis bidang A terhadap sumbu x yang besarnya sama

dengan $A y_0$, dimana y_0 adalah jarak pusat berat luasan (bidang) terhadap sumbu

x . Sehingga :

$$F = \gamma \sin \alpha A y_0$$

$$F = A \gamma h_0$$

atau

$$F = A p_0 \quad (2-4)$$

di mana :

F : Gaya tekanan hidrostatik (N)

A : Luas bidang tekanan (m^2)

P_0 : Tekanan hidrostatik pada pusat berat bidang (N/m^2)

h_0 : Jarak vertikal antara pusat berat benda dan permukaan zat cair (m)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa gaya hidrostatik adalah sama dengan perkalian antara luas bidang dan tekanan pada pusat benda yang bekerja tegak lurus pada bidang.

Gaya hidrostatik tersebut bekerja pada pusat tekanan P . Misalnya pusat tekanan terletak pada jarak y_P dari titik sumbu O . Momen gaya hidrostatik terhadap titik O adalah sama dengan jumlah momen gaya tekanan pada seluruh beban terhadap titik O , sehingga :

$$F y_P = \int_A p dA y = \int_A \gamma h dA y = \int_A \gamma y \sin \alpha dA y$$

$$F y_P = \gamma \sin \alpha \int_A y dA y = \gamma \sin \alpha \int_A y^2 dA$$

$$\gamma \sin \alpha A y_0 y_P = \gamma \sin \alpha \int_A y^2 dA$$

$$y_P = \frac{\gamma \sin \alpha \int_A y^2 dA}{\gamma \sin \alpha A y_0}$$

atau

$$y_P = \frac{\int_A y^2 dA}{A y_0}$$

dengan :

$\int_A y^2 dA$: Momen inersia bidang A terhadap sumbu x yang diberi notasi I .

Ay_0 : Momen statis bidang A terhadap sumbu x yang diberi notasi S .

Dengan demikian bentuk di atas dapat ditulis menjadi :

$$y_P = \frac{I}{S} \quad (2-5)$$

Selain itu mengingat bahwa :

$$I = I_0 + A y_0^2$$

maka :

$$y_P = \frac{I_0 + A y_0^2}{A y_0} \quad (2-6)$$

atau

$$y_P = y_0 + \frac{I_0}{A y_0} \quad (2-7)$$

di mana :

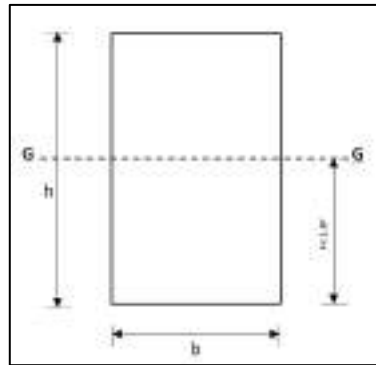
y_P : Jarak searah bidang antara pusat tekanan dan permukaan zat cair (m)

y_0 : Jarak searah bidang antara pusat berat bidang dan permukaan zat cair (m)

I_0 : Momen inersia bidang A terhadap sumbu yang melalui pusat berat bidang tersebut (m)

2.4.2 Gaya-gaya yang Bekerja pada Pintu Air Otomatis

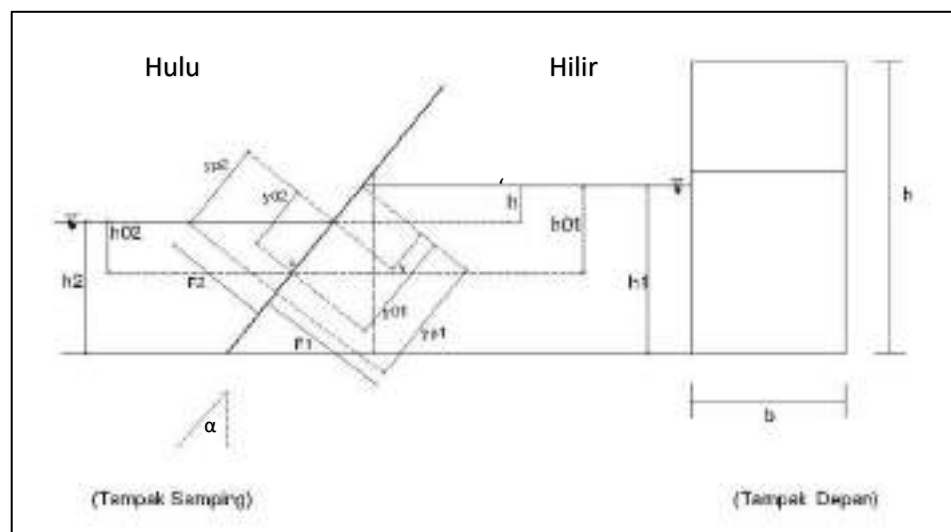
Bila sebuah permukaan bidang tenggelam dalam fluida (in-kompresibel), maka gaya-gaya akan bekerja pada permukaan karena fluida tersebut. Adapun pintu air berbentuk segiempat dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut ini.



Sumber: Triatmodjo, B. (2014)

Gambar 2.13 Pintu air tipe segiempat

Untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada pintu air otomatis dan memudahkan penyelesaian dalam perhitungan ini maka digunakan gambar 2.14 sebagai berikut:



Gambar 2.14 Gaya-gaya yang bekerja pada pintu air otomatis

di mana:

- h_1 : Tinggi muka air di hilir (m)
- h_2 : Tinggi muka air di hulu (m)
- h_{01} : Kedalaman air di hilir (m)
- h_{02} : Kedalaman air di hulu (m)
- h' : Beda tinggi muka air (m)
- y_{01} : Letak tekanan air di hilir (m)

- y_{02} : Letak tekanan air di hulu (m)
 y : Selisih letak tekanan air di hilir dan di hulu (m)
 yp_1 : Letak pusat tekanan di hilir (m)
 yp_2 : Letak pusat tekanan di hulu (m)
 F_1 : Gaya tekanan hidrostatik di hilir (N)
 F_2 : Gaya tekanan hidrostatik di hulu (N)
 α : Sudut kemiringan ($^{\circ}$)

Gaya-gaya yang bekerja pada pintu air otomatis antara lain (Triatmodjo, 2014):

a. Luas pintu

$$A = b \cdot h \quad (2-8)$$

di mana :

A : Luas pintu air (m^2)

b : Lebar pintu air (m)

h : Tinggi pintu air (m)

b. Tinggi muka air di hulu dan hilir

h_1 = Tinggi muka air di hilir (m)

h_2 = Tinggi muka air di hulu (m)

c. Kedalaman air di hulu dan hilir

$$h_{01} = \left(h' + \frac{1}{2} h_2 \right) \quad (2-9)$$

$$h_{02} = \frac{1}{2} h_2 \quad (2-10)$$

di mana :

h' : Beda tinggi muka air (m)

h_{01} : Kedalaman air di hilir (m)

h_{02} : Kedalaman air di hulu (m)

d. Gaya tekanan hidrostatik di hilir

$$F_1 = A \cdot \rho \cdot g \cdot h_{01} \quad (2-11)$$

di mana:

F_1 : Gaya tekanan hidrostatik di hilir

A : Luas pintu air (m^2)

ρ : Rapat massa (1000 kg/m^3)

g : Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

e. Momen inersia

$$I_0 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad (2-12)$$

f. Gaya tekanan hidrostatik di hulu

$$F_2 = A \cdot \rho \cdot g \cdot h_{02} \quad (2-13)$$

di mana:

F_2 : Gaya tekanan hidrostatik di hulu

A : Luas pintu air (m^2)

ρ : Rapat massa (1000 kg/m^3)

g : Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

g. Pusat berat (y_0)

$$y = \frac{h'}{\cos \alpha} \quad (2-14)$$

$$y_{01} = \left(y + \frac{1}{2} h_2 \right) \quad (2-15)$$

$$y_{02} = \frac{1}{2} h_2 \quad (2-16)$$

di mana :

h' : Beda tinggi muka air (m)

y_{01} : Letak tekanan air di hilir (m)

y_{02} : Letak tekanan air di hulu (m)

h. Letak pusat tekanan dari muka air hilir

$$y_{P1} = y_{01} + \frac{I_0}{A y_{01}} \quad (2-17)$$

di mana :

y_{P1} : Letak pusat tekanan hilir (m)

I_0 : Momen inersia (m⁴)

i. Letak pusat tekanan dari muka air hulu

$$y_{P2} = y_{02} + \frac{I_0}{Ay_{02}} \quad (2-18)$$

di mana :

y_{P2} : Letak pusat tekanan hulu (m)

I_0 : Momen inersia (m⁴)

2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu tentang pintu air otomatis

No.	Judul Penelitian	Lokasi	Metode	Parameter Uji	Hasil Penelitian
1.	<p>“Model Pintu Air Otomatis <i>Counter Weight</i> di Areal Persawahan Pasang Surut Untuk Mengatasi Tanaman Padi Tenggelam Pada Saat Air Pasang”</p> <p>Sumber : Bahri, Z. dan Erliza Y. 2016. <i>Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Palembang</i> ISSN : 2460 – 8416</p>	Palembang	Eksperimen laboratoris	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekanan hidrostatik 2. Gaya yang bekerja pada pintu 	<p>Hasil uji laboratorium dan perhitungan analitis menunjukkan bahwa tinggi bukaan pintu air pada saat pasang dan surut dapat ditentukan berdasarkan sudut kemiringan awal dan berat pintu terhadap engsel serta berat bandul (<i>counter weight</i>), sehingga tinggi bukaan pintu yang diinginkan agar tanaman tidak tenggelam, yaitu 1,25 m dapat dilakukan.</p>
2.	<p>“Analisa Hidrolika Perencanaan Pintu Klep Otomatis <i>Fiber Resin</i> Pada <i>Collector Drain</i> Lereng Dengan Model Simulasi Hec-Ras”</p> <p>Sumber : Prabawati, A., 2016. <i>Jurnal Ilmiah Universitas Brawijaya, Malang</i>,</p>	Malang	Eksperimen laboratoris	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekanan hidrostatik 2. Gaya yang bekerja pada pintu 	<p>Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan perbedaan antara tanpa pintu dan dengan adanya pintu klep otomatis. Untuk tanpa pintu tinggi muka air sebesar 2,46 m yang artinya adanya penambahan tanggul kiri rerata setinggi 0,46 m dan jika ada pintu klep otomatis</p>

Lanjutan Tabel 2.1

No.	Judul Penelitian	Lokasi	Metode	Parameter Uji	Hasil Penelitian
	<i>Jawa Timur.</i>				tinggi muka air menjadi 2,39 m yang artinya penambahan tanggul kiri rerata setinggi 0,28 m pada <i>collector drain</i> .
3.	<p>“Perencanaan Pintu Otomatis Saluran Tersier Rawa Pasang Surut Terantang Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan”</p> <p>Sumber : Setiyo, 2017. Jurnal Poros Teknik Bangunan Rawa Politeknik Negeri Banjarmasin ISSN 2442-7764 Vol.9-1.</p>	Banjarmasin	Kualitatif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Curah hujan minimum 2. Tinggi air pasang surut 3. Desain pintu air otomatis 4. Tekanan hidrostatis 	<p>Sistem tata air yang ada pada daerah irigasi unit Terantang sesuai pengamatan lapangan adalah tipe garpu dengan kolam pasang. Desain pintu air otomatis ini adalah berbentuk bujur sangkar dengan kemiringan 10°, ukuran tinggi dan lebar 0,76 m, tinggi engsel pintu sama dengan tinggi tabat atau sama dengan tinggi untuk mempertahankan kebutuhan air di sawah 10 cm yaitu sebesar 1,25 m. Adapun nilai h didapat 0,73 m, ketinggian ambang pintu 0,5 m, tinggi lubang saluran pemberi dan keluar</p>

Lanjutan Tabel 2.1

No.	Judul Penelitian	Lokasi	Metode	Parameter Uji	Hasil Penelitian
					<p>adalah 0,75 m. Pintu air otomatis berdasarkan hasil perhitungan dalam studi ini dapat menjamin pola aliran satu arah dengan beda tinggi (Δh) 0,01 m antara muka air di hilir dan di hulu pintu sudah terbuka dan pada Δh sebesar 0,00 m maka pintu akan tertutup.</p>
4.	<p>“Kinerja Modifikasi Pintu Klep PA-FG1” Sumber : Afrianur. 2020. <i>Tugas Akhir Universitas Palangka Raya.</i></p>	Palangka Raya	Eksperimen laboratis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tekanan hidrostatis 2. Gaya-gaya yang bekerja 	<p>Pada saat kondisi pasang, beda tinggi muka air berpengaruh terhadap bukaan pintu, semakin besar beda tinggi m.a maka tinggi bukaan pintu klep akan semakin tinggi dan sebaliknya. Selisih gaya hidrostatis yang bekerja pada pintu berpengaruh terhadap sudut bukaan pintu.</p>

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

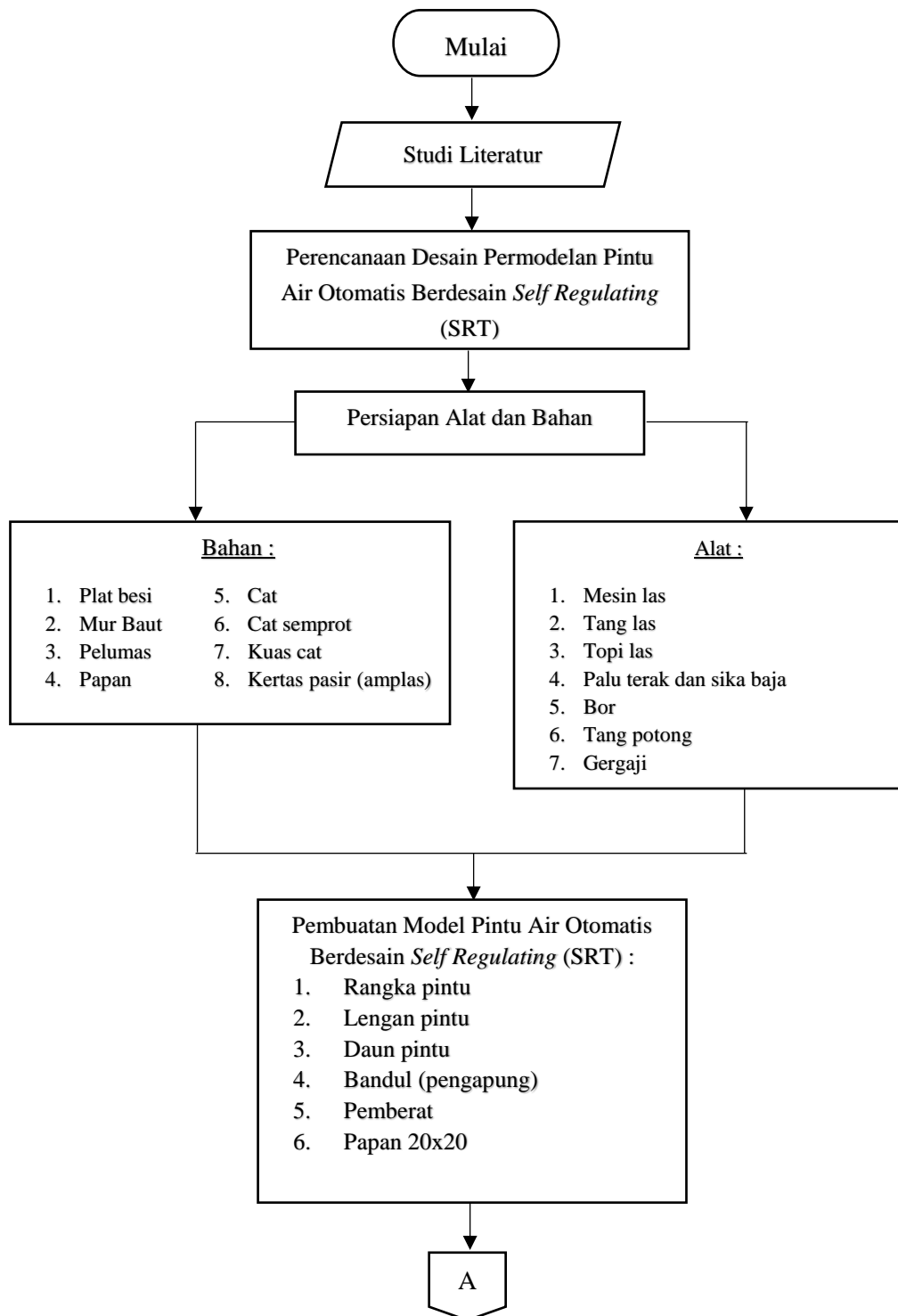
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja pintu air otomatis berdasarkan pengaruh variasi posisi pemberat terhadap bandul (pengapung). Untuk mendapatkan hasil yang baik dari penelitian ini maka diperlukan uji perbandingan hasil variasi yang dilakukan, yaitu analisis yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu dengan yang lain dan membandingkan hasilnya sehingga menjadikan sebuah inovasi. Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini adalah pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) yang akan diuji coba pada saluran prisma dalam skala kecil.

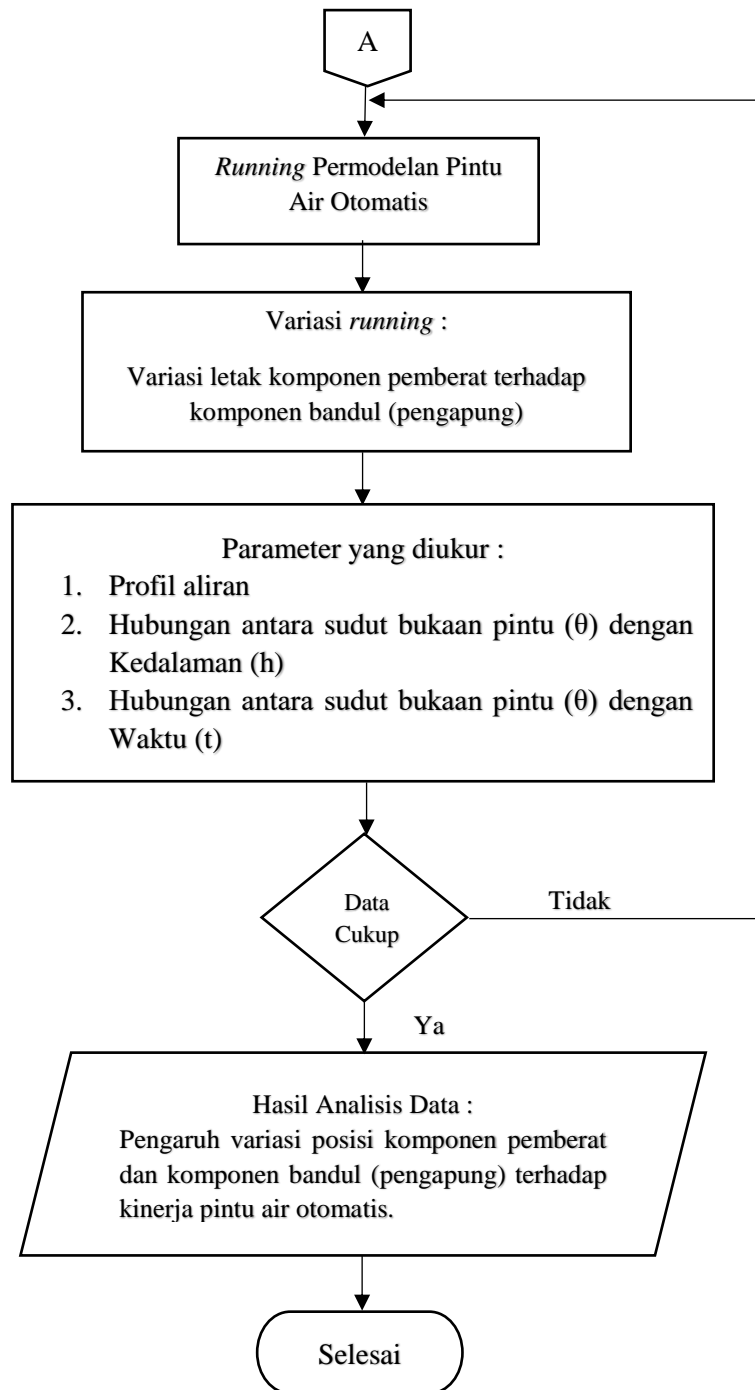
3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrologi dan Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

3.3 Tahapan Penelitian

Secara sistematis langkah-langkah atau tahapan dalam penelitian dijadikan dalam bentuk bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.





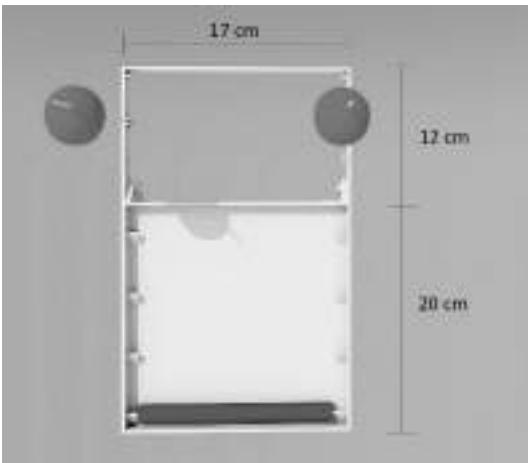
Gambar 3.1 Bagan alir tahapan penelitian

3.4 Model Pintu Air Otomatis Berdesain *Self Regulating* (SRT)


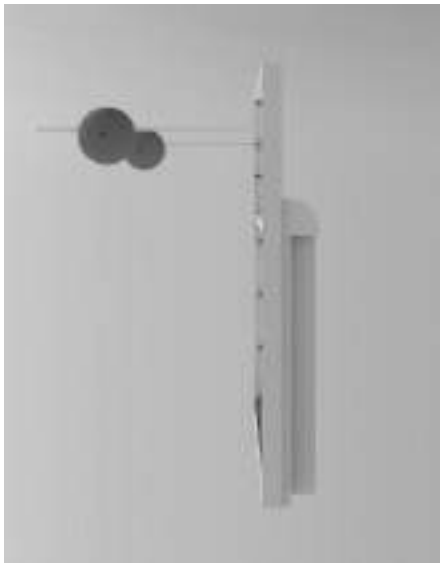
Pintu air harus didesain sesuai dengan kondisi berikut, yaitu aman menahan beban yang telah diperhitungkan, kerapatan/kedap air yang cukup, mudah dan andal dalam operasinya, mempunyai ketahanan yang tinggi, tidak terjadi getaran atau sentakan saat dioperasikan, dan mudah perawatannya.

Dalam perencanaan ini, pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) akan dibuat menyesuaikan ukuran saluran prismatic yang telah ada di laboratorium. Pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) dibuat dengan material dari plat besi sebagai model utama saat digunakan di laboratorium. Pada perencanaan atau penelitian ini hanya dibuat model fisik yang nantinya akan memberikan gambaran yang tidak jauh berbeda dengan prinsip kerja aslinya dan model fisik yang dibuat.

Tabel 3.1 Gambar tampak permodelan pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT)

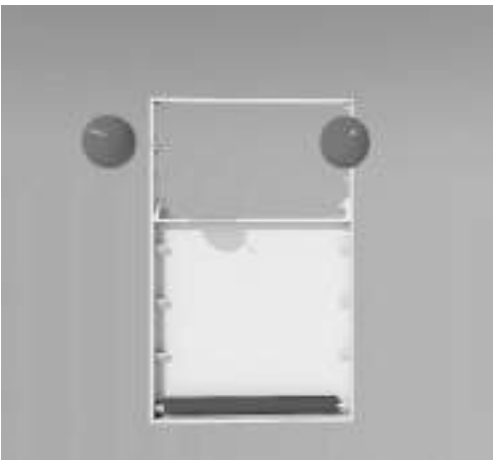

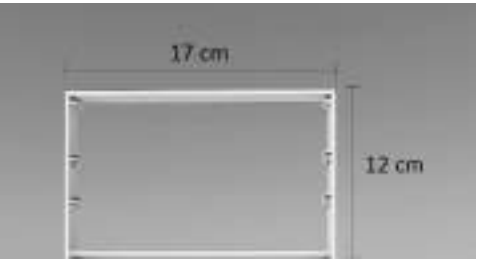
No.	Gambar	Keterangan
1.		Tampak Depan

Lanjutan Tabel 3.1

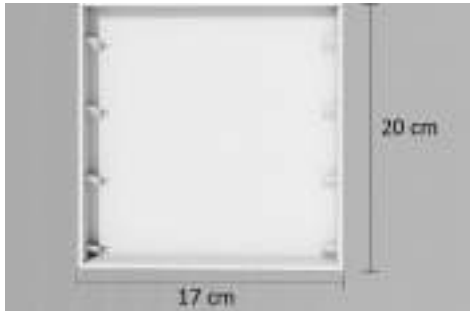
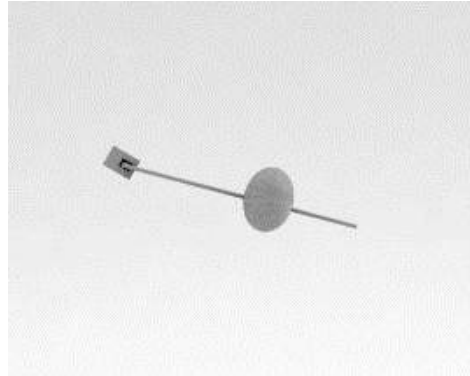


No.	Gambar	Keterangan
2.		Tampak Belakang
3.		Tampak Samping

Berikut ini akan dijelaskan lebih rinci pada Tabel 3.2 untuk detail atau komponen-komponen pada permodelan pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT), yaitu :

Tabel 3.2 Komponen model pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT)

No.	Nama Komponen	Gambar Komponen	Keterangan
1.	Bangunan utama pintu		Bagian keseluruhan dari pintu pembentuk rangka pintu air
2.	Rangka pendukung pintu		Alur yang digunakan untuk menjaga agar gerakan dari daun pintu sesuai dengan yang direncanakan.
3.	Lengan pintu		Penyeimbang untuk bangunan pintu.

Lanjutan Tabel 3.2

No.	Nama Komponen	Gambar Komponen	Keterangan
4.	Daun pintu		Bagian dari pintu air yang menahan tekanan air dan dapat digerakkan untuk membuka, mengatur dan menutup aliran air.
5.	Bandul (pengapung)		Penyeimbang bangunan pintu dan sebagai daya apung untuk membantu pintu tetap stabil pada saat pintu membuka.
6.	Pemberat		Pemberat yang berfungsi untuk membantu menahan tekanan air terhadap daun pintu dan sebagai pembantu untuk menutup pintu saat ketinggian air mulai turun.
7.	Mur Baut		Digunakan sebagai penggabung dari beberapa komponen sehingga tergabung menjadi satu bagian yang memiliki sifat tidak permanen.

Lanjutan Tabel 3.2

No.	Nama Komponen	Gambar Komponen	Keterangan
8.	Papan		Digunakan sebagai alat bantu penahan pintu air.

3.5 Persiapan Alat dan Bahan

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan permodelan pintu air otomatis antara lain sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan yaitu :

- a. Plat besi
- b. Mur Baut
- c. Pelumas
- d. Papan
- e. Cat
- f. Cat semprot
- g. Kuas cat
- h. Kertas pasir (amplas)

2. Alat yang digunakan yaitu :

- a. Mesin las
- b. Topi las (*head shield*)
- c. Tang las (penjepit las)

- d. Palu terak
- e. Bor
- f. Tang Potong
- g. Gergaji

3.6 Pembuatan Model Pintu Air Otomatis

Tahap pekerjaan pembuatan model pintu air otomatis adalah menggunakan bahan material dari plat besi. Langkah-langkah pembuatan permodelan pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) sebagai berikut :

1. Pertama dilakukan pengukuran pada plat besi sesuai dengan yang telah direncanakan.
2. Setelah pengukuran pada plat besi selesai dilakukan kemudian dilakukan pemotongan plat besi sesuai dengan ukuran yang di rencanakan.
3. Tahap pembuatan masing-masing komponen yang akan dibentuk antara lain sebagai berikut :
 - a. Kerangka pintu air
 - b. Lengan pintu

Pada pekerjaan pembuatan lengan pintu dibuat beberapa lubang di bagian kedua sisi lengan pintu tempat pemasangan bandul atau pengapung yang bisa dilepas pasang yang digunakan untuk variasi *running*.

- c. Daun pintu

Pada pekerjaan pembuatan daun pintu dibuat bingkai pada bagian sisi kiri dan sisi kanan daun pintu tempat pemasangan pemberat pintu yang bisa dilepas pasang yang digunakan untuk variasi *running*.

d. Pemberat pintu air

Pemberat pintu air dibuat secara khusus agar bisa dilepas pasang pada daun pintu air yang berguna pada saat variasi *running* dilakukan.

e. Bandul (pengapung)

Bandul (pengapung) dibuat secara khusus agar bisa dilepas pasang pada lengan pintu air yang berguna pada saat variasi *running* dilakukan.

f. Papan

Papan merupakan salah satu komponen yang digunakan sebagai penahan pintu air dengan dimensi panjang = 20 cm dan lebar = 20 cm.

4. Setelah semua komponen selesai dibuat selanjutnya dilakukan pekerjaan penggabungan semua komponen sampai terbentuknya permodelan pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT).
5. Permodelan pintu air dilakukan pengecatan supaya tidak terjadinya korosi pada model pintu air.
6. Setelah semua proses pembuatan telah selesai dilakukan, maka permodelan pintu air akan dilakukan *running* atau uji coba pada saluran prismatic (*flume*).

3.7 *Running* atau Pengujian Model Pintu Air Otomatis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui prinsip kerja pintu air pada saat membuka dan menutup serta untuk mengetahui kinerja dari permodelan pintu air otomatis saat dilakukan uji coba dengan cara hidraulik. Adapun urutan pelaksanaan uji coba permodelan pintu air otomatis antara lain sebagai berikut :

1. Persiapan pengujian

- a. Memeriksa saluran prismatic sebagai media uji coba alat yang ada di laboratorium,
- b. Membersihkan saluran prismatic dan memeriksa peralatan pendukung berupa pompa air sebagai alat bantu mengalirkan air ke dalam saluran prismatic apakah masih berfungsi atau tidak,
- c. Memperbaiki dan mengganti bak penampung air dan beberapa kebocoran yang ada.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.2 Memperbaiki dan mengganti bak penampung

- d. Membuat saluran pembuangan air dari pipa paralon ukuran 3/4" sebagai media untuk merekayasa keadaan surut,



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.3 Saluran pembuangan air

- e. Membuat pembendung dari bahan akrilik dan papan kayu sebagai pembantu meninggikan elevasi air pada saluran prismaatik,
 - f. Memasang atau menempel mistar ukur dan busur derajat sebagai alat bantu ukur,
 - g. Mengatur posisi *point gauge* sebagai alat bantu ukur,
 - h. Pemasangan pintu air pada saluran prismaatik
 - i. Mengatur posisi tripod dan kamera untuk video dokumentasi analisa data uji coba.
2. Pelaksanaan pengujian
- a. Memulai perekaman video dokumentasi,
 - b. Menyalakan pompa air,
 - c. Menunggu sampai air mencapai ketinggian maksimal dan keadaan stabil untuk dilakukan pengukuran kedalaman air pada titik-titik pengukuran sebagai data profil aliran kondisi pasang,
 - d. Selanjutnya dilakukan pengukuran debit air dengan menggunakan bak ukur penampungan untuk mendapatkan nilai debit,
 - e. Kemudian secara perlahan mematikan pompa air dan membuka aliran pada pipa saluran pembuangan air untuk menciptakan keadaan surut,
 - f. Kemudian kembali memeriksa keadaan pintu air sampai pintu air dalam kondisi tertutup,
 - g. Setelah pintu air tertutup, kemudian dilakukan pengukuran kedalaman air pada titik-titik pengukuran sebagai data profil aliran kondisi surut,
 - h. Menghentikan perekaman video dokumentasi.

3. Saluran prismaatik dan titik pengukuran





Pada saat pengujian permodelan pintu air otomatis berdesain *Self Regulating* (SRT) digunakan saluran prismaatik (*flume*) sebagai media tempat uji coba. Saluran prismaatik (*flume*) berfungsi sebagai saluran tempat mengalirnya air pada saat pengujian dilaksanakan, saluran prismaatik yang digunakan yaitu saluran prismaatik yang ada di Laboratorium Hidrologi dan Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Dengan dimensi saluran prismaatik : panjang = 8 m; lebar = 20 cm; dan tinggi = 38 cm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran I, Lampiran II, Lampiran III, dan Lampiran IV.

4. Variasi *running* permodelan pintu air otomatis

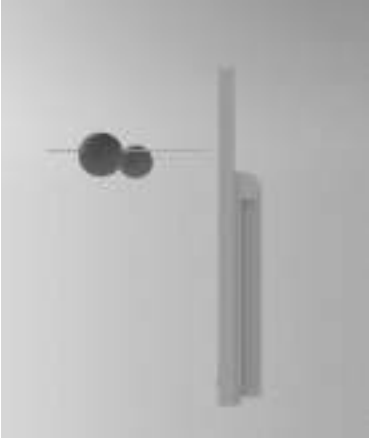
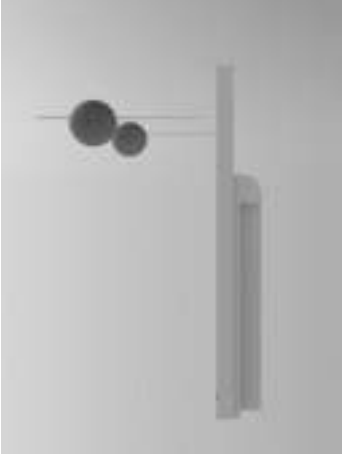

Variasi *running* dalam penelitian ini yaitu menggunakan komponen pemberat (P) dan komponen bandul atau pengapung (B) dari pintu air otomatis. Variasi yang akan dilakukan yaitu variasi letak komponen pemberat (P) terhadap komponen bandul (B), dimana P₁ adalah komponen pemberat yang diletakkan atau dipasang pada posisi 1/4 daun pintu air, P₂ adalah komponen pemberat yang diletakkan atau dipasang pada posisi 2/4 daun pintu air, P₃ adalah komponen pemberat yang diletakkan atau dipasang pada posisi 3/4 daun pintu air, P₄ adalah komponen pemberat yang diletakkan atau dipasang pada posisi 4/4 daun pintu air, B₁ adalah komponen bandul (pengapung) yang diletakkan atau dipasang pada posisi 1/3 lengan pintu air, B₂ adalah komponen bandul (pengapung) yang diletakkan atau dipasang pada posisi 2/3 lengan pintu air, B₃ adalah komponen bandul (pengapung) yang diletakkan atau dipasang pada posisi 3/3 lengan pintu air. Untuk lebih jelas

dimana letak atau posisi dari masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Posisi komponen variasi *running*

No.	Gambar	Komponen	Posisi
1.		P ₁	Pemberat dari 1/4 daun pintu air
2.		P ₂	Pemberat dari 2/4 daun pintu air
3.		P ₃	Pemberat dari 3/4 daun pintu air
4.		P ₄	Pemberat dari 4/4 daun pintu air

Lanjutan Tabel 3.3

No.	Gambar	Komponen	Posisi
5.		B ₁	Bandul (pengapung) dari 1/3 lengan pintu
6.		B ₂	Bandul (pengapung) dari 2/3 lengan pintu
7.		B ₃	Bandul (pengapung) dari 3/3 lengan pintu

Kode *running* adalah simbol dari variasi yang akan digunakan pada pengujian pintu air. Adapun variasi yang dilakukan pada pengujian berjumlah 12 (dua belas) buah variasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.4. di bawah ini.

Tabel 3.4 Variasi atau kode *running* yang dilakukan pada saat pengujian

No.	Kode <i>Running</i>	Keterangan
1.	P1B1	Posisi pemberat 1/4 dan bandul (pengapung) 1/3
2.	P2B1	Posisi pemberat 2/4 dan bandul (pengapung) 1/3
3.	P3B1	Posisi pemberat 3/4 dan bandul (pengapung) 1/3
4.	P4B1	Posisi pemberat 4/4 dan bandul (pengapung) 1/3
5.	P1B2	Posisi pemberat 1/4 dan bandul (pengapung) 2/3
6.	P2B2	Posisi pemberat 2/4 dan bandul (pengapung) 2/3
7.	P3B2	Posisi pemberat 3/4 dan bandul (pengapung) 2/3
8.	P4B2	Posisi pemberat 4/4 dan bandul (pengapung) 2/3
9.	P1B3	Posisi pemberat 1/4 dan bandul (pengapung) 3/3
10.	P2B3	Posisi pemberat 2/4 dan bandul (pengapung) 3/3
11.	P3B3	Posisi pemberat 3/4 dan bandul (pengapung) 3/3
12.	P4B3	Posisi pemberat 4/4 dan bandul (pengapung) 3/3

3.8 Instrumen Pengukuran

Pada saat pelaksanaan pengujian alat diperlukan beberapa peralatan untuk mendukung pelaksanaan pengujian dari parameter yang akan diukur, yaitu :

1. *Stopwatch*

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur waktu pada saat pengambilan data ketika pengujian sedang dilakukan.

2. Busur derajat

Digunakan untuk mengukur besar sudut kemiringan bukaan pintu air pada *flume* pengujian.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.4 Busur derajat

3. *Point gauge*

Point gauge berfungsi untuk mengukur kedalaman aliran saat kondisi aliran sudah stabil, data yang didapatkan akan dimasukkan ke dalam *form* pengambilan data *running*.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.5 *Point gauge*

4. Mistar ukur

Mistar ukur berfungsi untuk mengukur kedalaman aliran di beberapa bagian titik pengukuran yang tidak bisa diukur dengan *point gauge* saat kondisi aliran sudah stabil.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.6 Mistar ukur

5. Pembendung

Pembendung berfungsi untuk meninggikan elevasi kedalaman air.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.7 Pembendung

6. Bak ukur

Bak ukur digunakan untuk mendapatkan nilai volume pada saat pengujian perhitungan debit yang diperoleh dengan cara membagikan volume bak ukur dengan waktu saat bak ukur terisi penuh.

7. Perekat

Perekat berbahan *silicon* digunakan untuk melekatkan papan ke bagian kaca saluran prismatic.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.8 Perekat *silicon*

8. Kamera

Kamera digunakan untuk mendokumentasikan pelaksanaan pengujian.



Sumber: Dokumentasi lapangan (2020)

Gambar 3.9 Kamera

3.9 Parameter Pengukuran

Parameter pengukuran yang akan dilakukan untuk mengetahui kinerja dari pintu air berdasarkan pengaruh variasi yang akan di ukur yaitu sebagai berikut :

1. Profil Aliran
2. Hubungan antara Sudut Bukaannya (θ) dengan Kedalaman (h)
3. Hubungan antara Sudut Bukaannya (θ) dengan Waktu (t)

Untuk memudahkan pengumpulan data pengukuran pada saat *running* dilakukan, dibuatlah *form* pengukuran saat *running* yang ditunjukkan pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.5 Form pengambilan data *running* model pintu air

No	Kode <i>Running</i>	Parameter Pengukuran			Debit (cm ³ /s)
		θ	h	t	
		(°)	(cm)	(s)	

Keterangan :

θ = Sudut bukaan pintu (°)

h = Kedalaman (cm)

t = Waktu (s)

Tabel 3.6 Form pengambilan data profil aliran

No	Kode <i>Running</i>	Kedalaman (cm)											Beda Tinggi M.a
		Hilir					Pintu	Hulu					
		H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	P1B1												
2.	P2B1												
3.	P3B1												
4.	P4B1												
5.	P1B2												
6.	P2B2												
7.	P3B2												
8.	P4B2												
9.	P1B3												
10.	P2B3												
11.	P3B3												
12.	P4B3												

Keterangan :

Beda tinggi = Kolom 10 – Kolom 8 = H7 – H5

M.a = Muka air

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya pengaruh variasi posisi pemberat dan bandul (pengapung) terhadap kinerja pintu air otomatis berdesain *self* regulating (SRT) dilihat dari dua kondisi, yaitu kondisi pasang dan kondisi surut. Dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada saat kondisi pasang ditunjukkan kinerja paling baik yaitu semakin banyak air yang masuk, pintu dapat membuka selebar-lebarnya. Ditunjukkan pada penelitian dan pembahasan bahwa jika posisi pemberat semakin mendekati titik poros, akan semakin mudah pintu membuka secara maksimal. Keadaan pintu dapat membuka paling maksimal ditunjukkan pada posisi variasi pemberat 4/4 dan bandul (pengapung) 2/3 (P4B2) dengan sudut bukaan pintu sebesar 48° dan kedalaman 14 cm. Maka dari itu, kinerja pintu dengan variasi P4B2 dapat digunakan secara maksimal atau efektif dari variasi lainnya.
2. Pada saat kondisi surut, kedalaman air yang dicapai pada bagian hulu pintu harus paling tinggi dari bagian hilir sehingga pintu dapat tertutup dan atau dengan waktu tercepat pintu tertutup. Berdasarkan kedalaman air, yang menunjukkan keadaan pintu dapat tertutup di kedalaman tertinggi yaitu pada posisi variasi pemberat 2/4 dan bandul (pengapung) 2/3 (P2B2) dengan kedalaman 20,6 cm dan sudut 0°. Sedangkan berdasarkan waktu tercepat pintu dapat tertutup yaitu pada posisi variasi pemberat 3/4 dan bandul (pengapung)

1/3 (P3B1) dengan waktu 168 detik.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat dikembangkan kembali dengan menggunakan modifikasi pemberat dan bandul (pengapung) yang dapat bergerak secara otomatis mengikuti posisi atau keadaan air pasang dan air surut.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan juga berdasarkan parameter pengukuran yang berbeda dan dapat dikembangkan menjadi skala lapangan sebagai pembanding skala laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. *Modul Desain Peralatan Hidromekanik Pelatihan Perencanaan Bendungan Tingkat Dasar*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
- Bahri, Z. dan Erliza Y. 2016. “Model Pintu Air Otomatis Counter Weight Di Areal Persawahan Pasang Surut Untuk Mengatasi Tanaman Padi Tenggelam Pada Saat Air Pasang”. *Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Palembang* ISSN: 2460 – 8416.
- Giannico, G. dan J.A. Souder. 2005. *Tide gates in the Pacific Northwest: Operation, types, and environmental effects*. Oregon: Oregon State University.
- Mali, M. U., Dian, N. K., dan Ikrar, H., 2017. “Konstruksi Pintu Klep Ringan Tahan Korosi Sebagai Pintu Pengatur Irigasi Tambak Pasang Surut”. *Jurnal Ilmiah Department Of Civil Engineering Faculty Of The University Of Tribhuwana Tungadewi Techniques Malang*.
- Prabawati, A. 2016. “Analisa Hidrolika Perencanaan Pintu Klep Otomatis *Fiber Resin* Pada *Collector Drain* Lereng Dengan Model Simulasi Hec-Ras”. *Jurnal Ilmiah Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur*.
- Setiyo, 2017. “Perencanaan Pintu Otomatis Saluran Tersier Rawa Pasang Surut Terantang Kabupaten Barito Kuala Provinsi Kalimantan Selatan”. *Jurnal Poros Teknik Bangunan Rawa Politeknik Negeri Banjarmasin* ISSN: 2442-7764 Vol.9-1.
- Soedibyo. 2003. *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S., Tominaga, M. and Gayo, M.Y., 1994. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. PT. Pradnya Paramita.
- Triatmodjo, B. 1993. *Hidrolika I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. 2014. *Hidrolika I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.