

**REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA**

**SERTIFIKAT PATEN**

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan Paten kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten : UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG (UNNES)  
Gedung G Lt. 1 Kampus Sekaran Gunungpati,  
Semarang 50229  
INDONESIA

Untuk Invensi dengan Judul : SALURAN LUNCUR PELIMPAH BENDUNGAN YANG  
DILENGKAPI DENGAN DEFLEKTOR DAN VENTILATOR

Inventor : Yeri Sutopo

Tanggal Penerimaan : 27 November 2015

Nomor Paten : IDP000048413

Tanggal Pemberian : 02 November 2017

Perlindungan Paten untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 20 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 22 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

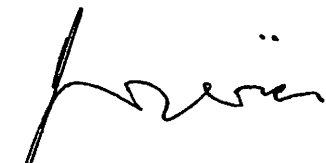
Sertifikat Paten ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



00-2017-315623

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL  
u.b.

Direktur Paten, Desain Tata Letak  
Sirkuit Terpadu dan Rahasia Dagang,

  
Dra. Dede Mia Yusanti, MLS.  
NIP. 196407051992032001

**KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA RI**  
**DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL**  
**DIREKTORAT PATEN**

Jln. H.R. Rasuna Said, Kav. 8-9 Kuningan Jakarta Selatan 12940  
 Phone/Facs. (6221) 57905611; Website: www.dgip.go.id

**INFORMASI BIAYA TAHUNAN**

Nomor Paten : IDP000048413 Tanggal diberi : 02/11/2017 Jumlah Klaim : 8  
 Nomor Permohonan : P00201507816 IPAS Filing Date : 27/11/2015  
 Entitlement Date : 27/11/2015

Berdasarkan Undang-undang No. 13 Tahun 2016 tentang Paten, dan Peraturan Pemerintah Nomor 45 tahun 2014 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan negara Bukan Pajak Yang Berlaku Pada Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, biaya tahunan yang harus dibayarkan adalah sebagaimana dalam tabel di bawah.

Biaya Tahunan Ke-	Periode Perlindungan	Batas Akhir Pembayaran	Biaya Dasar	Jml Klaim	Biaya Klaim	Total	Terlambat (Bulan)	Total Denda	Jumlah Pembayaran
1	27/11/2015-26/11/2016	01/05/2018	0	8	0	0	0	0	0
2	27/11/2016-26/11/2017	01/05/2018	0	8	0	0	0	0	0
3	27/11/2017-26/11/2018	01/05/2018	0	8	0	0	0	0	0
4	27/11/2018-26/11/2019	28/10/2018	0	8	0	0	0	0	0
5	27/11/2019-26/11/2020	28/10/2019	0	8	0	0	0	0	0
6	27/11/2020-26/11/2021	28/10/2020	150.000	8	120.000	270.000	0	0	270.000
7	27/11/2021-26/11/2022	28/10/2021	200.000	8	160.000	360.000	0	0	360.000
8	27/11/2022-26/11/2023	28/10/2022	200.000	8	160.000	360.000	0	0	360.000
9	27/11/2023-26/11/2024	28/10/2023	250.000	8	200.000	450.000	0	0	450.000
10	27/11/2024-26/11/2025	28/10/2024	350.000	8	200.000	550.000	0	0	550.000
11	27/11/2025-26/11/2026	28/10/2025	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
12	27/11/2026-26/11/2027	28/10/2026	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
13	27/11/2027-26/11/2028	28/10/2027	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
14	27/11/2028-26/11/2029	28/10/2028	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
15	27/11/2029-26/11/2030	28/10/2029	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
16	27/11/2030-26/11/2031	28/10/2030	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
17	27/11/2031-26/11/2032	28/10/2031	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
18	27/11/2032-26/11/2033	28/10/2032	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
19	27/11/2033-26/11/2034	28/10/2033	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000
20	27/11/2034-26/11/2035	28/10/2034	500.000	8	200.000	700.000	0	0	700.000

Biaya yang harus dibayarkan untuk pertama kali hingga tanggal 28/12/2017 (tahun ke-1 s.d 4) adalah sebesar 0

- Pembayaran biaya tahunan untuk pertama kali wajib dilakukan paling lambat 6 (enam) bulan terhitung sejak tanggal diberi paten
- Pembayaran biaya tahunan untuk pertama kali meliputi biaya tahunan untuk tahun pertama sejak tanggal penerimaan sampai dengan tahun diberi Paten ditambah biaya tahunan satu tahun berikutnya.
- Pembayaran biaya tahunan selanjutnya dilakukan paling lambat 1 (satu) bulan sebelum tanggal yang sama dengan Tanggal Penerimaan pada periode perlindungan tahun berikutnya.
- Penundaan pembayaran biaya tahunan dapat dilakukan dengan mengajukan surat permohonan untuk menggunakan mekanisme masa tenggang, diajukan paling lama 7 hari kerja sebelum tanggal jatuh tempo pembayaran biaya tahunan
- Dalam hal biaya tahunan belum dibayarkan sampai dengan jangka waktu yang ditentukan, Paten dinyatakan dihapus

(12) PATEN INDONESIA

(11) IDP0000484:3 3

(19) DIREKTORAT JENDERAL  
KEKAYAAN INTELEKTUAL

(45) 02 November 2017

(51) Klasifikasi IPC<sup>8</sup> : E 02B 8/06

(21) No. Permohonan Paten : P00201507816

(22) Tanggal Penerimaan: 27 November 2015

(30) Data Prioritas :

(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara

Tanggal Pengumuman: 21 Oktober 2016

Dokumen Perbandingan:

CN-Y 2 915 940

N-A 101177937

N-A 1760453

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG (UNNES)  
Gedung G Lt. 1 Kampus Sekaran Gunungpati,  
Semarang 50229  
INDONESIA

(72) Nama Inventor :  
Yeri Sutopo, ID

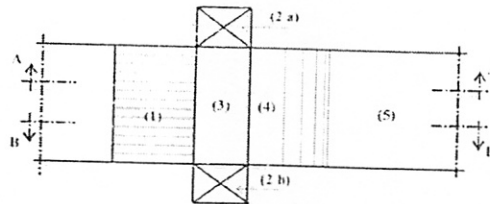
(74) Nama dan Alamat Konsultan Paten :

Pemeriksa Paten : Ir. Irawan

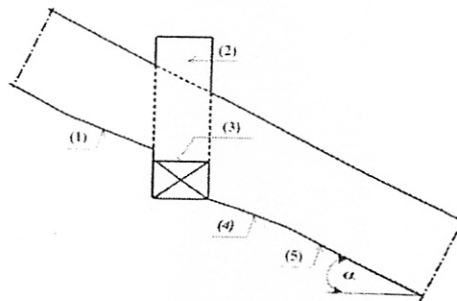
Jumlah Klaim : 8

Jenis : SALURAN LUNCUR PELIMPAH BENDUNGAN YANG DILENGKAPI DENGAN DEFLEKTOR DAN VENTILATOR

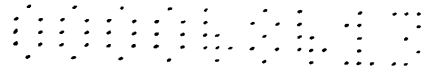
Upaya untuk mengatasi tekanan negatif di saluran luncur pelimpah bendungan adalah memasang deflektor, ventilator, alur pengendali aliran balik. Empat kombinasi di atas dapat membentuk ruang tekanan yang lebih besar jika dibandingkan dengan memasang deflektor saja. Pada saat volume udara di dalam alur aerasi habis, maka kondisi ini menjadi sangat berbahaya, sebab tekanan negatif. Tekanan ini sangat berbahaya bagi struktur bawah saluran luncur bangunan pelimpah. Oleh karena perlu deflektor, ventilator, alur aerasi dan pengendali aliran balik. Pemasangan pengendali aliran balik berfungsi untuk membuang air mengalir dan tidak kembali ke arah hulu. Dimensi deflektor adalah panjang 2,5 m sedangkan tinggi 0,25 m (berbentuk segitiga). Alur aerasi adalah empat persegi panjang, yang memiliki panjang seukuran lebar saluran luncur yaitu 20 m, 25 m, 30 m, 35 m, lebar 1,5 m dan tinggi adalah 1,0 m. Dimensi ventilator adalah tinggi 4,5 m, serta ukuran lubang adalah 1,0 m kali 1,5 m. Pengendali aliran balik yang arahnya sejajar dengan dasar dan dinding saluran luncur adalah 3 m.



Gambar 1



Gambar 2



### Deskripsi

## **SALURAN LUNCUR PELIMPAH BENDUNGAN YANG DILENGKAPI DENGAN DEFLEKTOR DAN VENTILATOR**

### **5 Bidang Teknik Invensi**

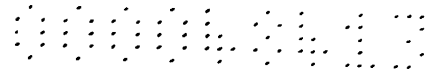
Invensi ini berhubungan dengan suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator yang dipasang menyatu dengan dasar dan dindingnya. Konstruksi aerator dan ventilator ini terdiri dari kombinasi antara deflektor, ventilator, alur aerasi, dan *offsets* (pengendali aliran balik). Bentuk alur aerasi berupa alur atau takikan empat persegi panjang.

### **Latar belakang Invensi**

Aliran superkritik mengakibatkan dampak buruk pada struktur hidraulik. Dampak yang sering diakibatkan oleh aliran ini adalah kikisan pada tebing sungai atau pipa, gerusan pada dasar sungai, gerusan pada dinding samping saluran luncur bangunan pelimpah. Kikisan dan gerusan yang diakibatkan oleh aliran superkritik di saluran luncur bangunan pelimpah bendungan serta di saluran curam lainnya sering disebut sebagai erosi.

Kecepatan aliran yang tinggi menyebabkan terjadinya tekanan rendah atau negatif dalam aliran, terutama di dasar saluran atau sungai. Gaya yang disebabkan oleh tekanan negatif akan menarik unsur-unsur pada struktur bangunan hidraulik yang selanjutnya akan mengakibatkan pengelupasan pada permukaan dasar bangunan. Lama kelamaan pengelupasan dasar bangunan hidraulik akan membentuk lubang kecil yang selanjutnya menjadi lubang besar yang membahayakan struktur hidraulik.

Pada saat kecepatan aliran meningkat (makin jauh dari *crest* pelimpah), maka tekanan akan berkurang. Penurunan tekanan ini dapat saja cukup besar, sehingga tekanan aliran tersebut turun mencapai tekanan uapnya (Hager: 2006).



Dalam situasi demikian pendidihan terjadi, gelembung uap terbentuk dan kemudian pecah pada saat aliran bergerak ke daerah tekanan yang lebih tinggi (kecepatan aliran lebih rendah). Pada saat gelembung uap tersebut pecah di dekat suatu batas fisik tertentu, misalnya dasar atau dinding samping *chute*, maka dalam  
5 kurun waktu tertentu dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan di daerah kavitasi (Munson, Young, dan Okhiisi: 2003). Aliran superkritik yang terjadi di dasar dan dinding samping *chute* mengakibatkan tekanan yang rendah. kombinasi antara kedua gejala tersebut dapat menyebabkan kavitasi serta berbahaya bagi kestabilan bendungan. Kerusakan akibat kavitasi seperti terjadi di Bendungan  
10 Karun di Iran pada tahun 1977, serta di Bendungan Glen Canyon di Colorado pada tahun 1983 (Yazdi, Manizani dan Mastorakis; 2008).

Kavitasi dan erosi di saluran luncur dapat dikurangi atau dihilangkan dengan cara (1) meningkatkan tinggi tekanan; (2) meningkatkan kehalusan dasar dan dinding saluran luncur; (3) memasang *slot aeration*; dan (4) memasang  
15 *aerator* (Chanson, 1993). Upaya berupa meningkatkan kehalusan dasar dan dinding saluran dengan cara menggunakan material tertentu merupakan langkah yang mahal. Chanson (1993) menyarankan agar erosi kavitasi dikurangi atau dihilangkan dengan cara memasang *slot aeration* atau *aerator*. Prinsip pemasangan *slot aeration* atau *aerator* adalah memasukkan udara hingga ke dasar  
20 saluran curam, sehingga tekanan di dasar saluran dapat ditingkatkan.

Beberapa eksperimen pada model bangunan pelimpah yang terbuat dari beton menunjukkan bahwa konsentrasi udara sebesar 1% sampai dengan 2% dapat mengurangi erosi karena kavitasi, sedangkan pada konsentrasi udara antara 5% sampai dengan 7% erosi dapat dihentikan sama sekali. Pemasukan udara dari  
25 atmosfer ke dalam tubuh aliran sehingga mencapai dasar aliran >7% dapat mencegah dasar bangunan pelimpah dari kejadian kavitasi. Pada saat konsentrasi udara di dasar aliran secara alimiah tidak dapat mencapai besaran 7%, maka dapat disediakan melalui pemasukan udara buatan dengan cara memasang *aerator* di dasar atau di dinding bangunan pelimpah.



Berdasarkan penelusuran yang dilakukan melalui <http://www.google.com/patent/> diketahui bahwa aerator telah terdapat pada paten No. CN100347378C, yang mana dalam paten tersebut diuraikan mengenai saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan aerator yang terdapat di dinding. Aerator menempel di dinding saluran luncur pelimpah bendungan. Wujud aerator itu adalah kombinasi antara *air duct* dan *ramp*. Bentuk *air duct* adalah cerobong empat persegi panjang.

Berdasarkan penelusuran yang dilakukan melalui <http://www.google.com/patent/> diketahui bahwa aerator telah terdapat pada paten No. CN2915940Y, yang mana dalam paten tersebut diuraikan mengenai saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan aerator berupa *ramp* yang menempel pada dinding saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan *air duct* atau ventilator dengan lubang tidak bulat serta tidak empat persegi panjang.

Berdasarkan penelusuran yang dilakukan melalui <http://www.google.com/patent/> diketahui bahwa aerator telah terdapat pada paten No. CN101177937A, yang mana dalam paten tersebut diuraikan mengenai saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan aerator. Wujud aerator itu adalah *ramp* yang berbentuk kurvatur.

Invensi yang diusulkan adalah aerator kombinasi antara *ramp*, *air duct* atau ventilator dan *groove*, yang berfungsi untuk meningkatkan jumlah udara di bagian dalam *groove* sehingga jumlah gelembung udara di dalam aliran menjadi sangat besar. Jumlah gelembung udara yang sangat besar ini mengurangi bahkan mencegah terjadinya kavitasi.

### **Ringkasan Invensi**

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah untuk mencegah kerusakan karena kavitasi yang sering terjadi di dasar saluran luncur pelimpah bendungan, yang dilakukan dengan cara memasang *slot* pemasukan udara. Alat ini dirancang secara khusus agar udara masuk di sepanjang lapisan batas. Metode ini telah dilakukan untuk mencegah kerusakan karena kavitasi pada berbagai aliran



berkecepatan tinggi termasuk pada bangunan pelimpah. Uji terhadap alat aerasi menunjukkan bahwa di lapisan batas, alat ini berpengaruh terhadap peningkatan tekanan. Berdasarkan simulasi ditunjukkan bahwa alat aerasi mampu meningkatkan tekanan rata-rata sampai dengan 50% di atas kondisi sebelum alat ini terpasang. Geometri dan lokasi peletakan alur aerasi sampai sekarang terus dipelajari, sebab belum ada rekomendasi yang telah disetujui oleh ahli hidraulik.

Pada bangunan pelimpah dengan tinggi tekanan yang besar, kavitasi dapat terjadi pada dasar dan dinding samping. Kavitasi yang ditandai oleh aliran superkritik serta tekanan rendah dapat menyebabkan kerusakan struktur pelimpah. Upaya untuk mencegah kavitasi pada permukaan bangunan pelimpah yaitu dengan cara mengontrol berbagai ketidakteraturan (*irregularitas*) permukaan aliran atau dengan menggunakan bahan-bahan yang resisten terhadap erosi. Salah satu instrumen yang lazim digunakan adalah deflektor dan ventilator.

Kavitasi dan erosi pada dasarnya merupakan fungsi dari kekuatan kecepatan aliran (*flow velocity*). Bidang pada bangunan pelimpah sangat sensitif terhadap aliran superkritik yang diwujudkan oleh tekanan. Peluang terjadinya erosi karena kecepatan aliran melampaui 40 m/s pada bangunan pelimpah adalah sangat besar, hal ini terjadi pada beberapa proyek energi-hidro, seperti misalnya Proyek Goupitan di Cina.

Tipe aerator adalah deflektor atau *ramp*, *grooves* atau alur aerasi, dan pengendali aliran balik serta kombinasi diantara ketiganya (Falvey, 1990). Konstruksi alur aerasi sering digabungkan dengan ventilator, agar suplai udara ke dasar aliran dapat terpenuhi. Tujuan pemasangan deflektor adalah untuk mengangkat aliran dari lapisan batas sehingga udara dapat masuk ke dalam bawah atau tubuh aliran. Cara ini menyebabkan udara masuk ke dalam tubuh aliran tanpa membutuhkan bantuan mekanik seperti pompa. Dengan demikian masuknya udara ke dalam tubuh aliran tanpa membutuhkan energi. Alur aerasi digunakan untuk mendistribusikan udara di sepanjang lebar aerator. Pengendali aliran balik



digunakan pada struktur hidraulik yang memiliki kemiringan landai yang gunanya untuk mencegah berbaliknya aliran ke arah hulu.

Kombinasi deflektor dan alur aerasi dapat membentuk ruang tekanan lebih besar di balik lerengannya, dibandingkan pada deflektor biasa tanpa alur aerasi.

5 Hal ini dimungkinkan karena kombinasi lereng dan alur mampu meningkatkan besarnya udara yang masuk. Udara masuk melalui alur aerasi. Di samping alur aerasi, pada suatu saat udara didalamnya habis, oleh karena itu harus disediakan udara lain yaitu melalui ventilator. Ventilator ini manfaatnya adalah sebagai penyalur udara dari atmosfer ke dalam alur aerasi.

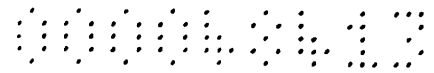
10 Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang terdiri dari deflektor (1); dua ventilator di sebelah kiri dan kanan terhadap arah aliran [kiri (2a) dan kanan (2 b)]; alur aerasi untuk distribusi udara (3); pengendali aliran balik (4); dasar alur aerasi miring ke arah kanan terhadap saluran luncur (2 b) di mana kemiringannya 2/200 atau 2%; (5) mempunyai kemiringan ke arah hilir aliran yang memiliki  
15 rentang (15 sampai dengan 45 derajat) terhadap bidang horisontal.

Penempatan deflektor adalah di lantai dasar saluran luncur pelimpah bendungan. Posisi deflektor terhadap ventilator yaitu (i) sejajar, (ii) berada di hulu atau di sebelah atas (*upstream*) ventilator, (iii) diapit oleh dua ventilator yaitu di sebelah kiri (2 a) dan kanannya (2 b). Posisi deflektor dan ventilator berada di  
20 hilir atau bawah (*downstream*) saluran luncur pelimpah bendungan. Jarak posisi deflektor dan ventilator adalah 50 m dari awal saluran luncur pelimpah bendungan.

Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator, sesuai dengan aspek pertama invensi di mana bentuk  
25 alur aerasi berupa alur atau takikan yang memiliki bidang empat persegi panjang.

Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator, sesuai dengan aspek pertama invensi di mana alur aerasi memiliki kemiringan 2/100 ke arah kanan dinding saluran luncur pelimpah bendungan (sebelah kanan dan kiri adalah relatif terhadap arah aliran) atau tegak





lurus arah aliran air. Dimensi *alur aerasi* adalah panjang sama dengan ukuran lebar saluran luncur; lebar dasar alur aerasi sama dengan 1,5 m dan tinggi adalah 1,0 m.

5 Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator. sesuai dengan aspek pertama invensi di mana bentuk ventilator adalah cerobong empat persegi panjang yang jumlahnya 2 unit yang terletak di kanan dan kiri saluran luncur pelimpah bendungan. Dimensi cerobong ventilator adalah tinggi 4.5 m; serta luas lubang adalah 1.0 m x 1.5 m.

10 Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator. sesuai dengan aspek pertama invensi di mana bentuk pengendali aliran balik adalah miring ke arah hilirnya. Panjang bidang yang dimiringkan ke arah hilir yang diukur dari ujung hilir alur aerasi serta sejajar dengan dasar dan dinding saluran luncur pelimpah bendungan adalah 3 m.

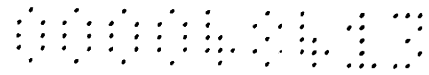
15 Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator. sesuai dengan aspek pertama invensi diinstalasi atau dipasang pada jarak 50 m di hilir atau di bawah (*downstream*) awal saluran luncur pelimpah bendungan. Pada saluran luncur yang memiliki panjang 100 m maka deflektor dan ventilator di pasang dengan jarak 50 m di hilir awal saluran luncur; pada saluran luncur panjang 150 m maka deflektor dan ventilator dipasang dengan  
20 jarak 50 m di hilir awal saluran luncur.

### **Uraian Singkat Gambar**

Pemahaman mengenai inti invensi ini selanjutnya diuraikan perwujudannya dalam bentuk gambar-gambar seperti tersaji dalam lampiran.

25 Gambar 1, adalah tampak atas atau denah dari saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator hasil invensi ini.

Gambar 2, adalah potongan A-A dari tampak atas atau denah dari saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator hasil invensi ini (Potongan A-A dari Gambar 1).



Gambar 3. adalah potongan B-B dari tampak atas atau denah dari saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator hasil invensi ini (Potongan B-B dari Gambar 1).

### Uraian Lengkap Invensi

- 5           Kavitasi di saluran luncur dapat dikurangi atau dihilangkan dengan cara (a) meningkatkan tinggi tekanan; (b) meningkatkan kehalusan dasar dan dinding saluran luncur; (c) memasang *slot aeration*; dan (d) memasang *aerator* (Chanson, 1993). Upaya berupa meningkatkan kehalusan dasar dan dinding saluran dengan cara menggunakan material tertentu merupakan langkah yang mahal. Chanson
- 10           (1993) menyarankan agar erosi kavitasi dikurangi atau dihilangkan dengan cara memasang *slot aeration* atau *aerator*.

Menurut Kramer (2004) bahwa pemasangan aerator yang baru setelah aerator pertama dipasang, jika konsentrasi gelembung udara  $C$  (%) di dasar aerator di *down stream flow region* minimal adalah 10%. Selaras dengan pendapat

15           Kramer, Falvey (1990) mengatakan bahwa jika konsentrasi udara di dasar saluran luncur lebih besar dari 0.10 atau 10%, maka aerator yang lain tidak diperlukan. Dengan demikian, pada kemiringan dasar saluran curam  $\alpha=25^\circ$ , serta  $Q=20,9$  l/s, setelah aerator yang pertama tidak diperlukan aerator baru. Menurut Chanson

20           (1992) bahwa pada kemiringan dasar flume  $\geq 20^\circ$ , nilai konsentrasi gelembung udara rerata lazimnya sudah mencapai 30%, serta konsentrasi gelembung udara didekat dasar aliran sudah lebih dari 8%, maka permukaan dasar dan sisi samping aliran sudah terproteksi dari kerusakan karena kavitasi. pada kemiringan dasar saluran curam  $\alpha=25^\circ$ , serta  $Q=9,4$  l/s,  $Q=11,5$  l/s dan  $Q=20,9$  l/s, di titik 7,2 m dari *inlet flume* pada kondisi pemasukan udara buatan (*artificial air entrainment*)

25           di wilayah *down stream flow region* setelah aerator yang pertama terpasang tidak diperlukan aerator baru. Di samping itu, pemasangan aerator di lokasi 7,2 m di hilir *inlet flume* bermanfaat mencegah terjadinya kavitasi, karena konsentrasi gelembung udara di dasar aliran mencapai besaran 33,1% sampai dengan 59,4 % di mana besaran itu telah lebih besar dibanding 7% (Yeri Sutopo, 2014)

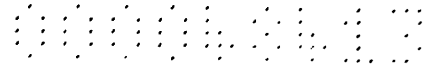


Merujuk pada Gambar 1 yang memperlihatkan tentang tampak atas dari saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator yang mampu memproduksi gelembung udara yang sangat besar di dalam aliran. Gelembung udara yang sangat besar di dalam aliran akan mampu mencegah terjadinya kavitasi. Gelembung udara diibaratkan sebagai bantalan atas efek dari kavitasi yang pada umumnya berupa gelombang pukulan yang sangat besar. Bantalan ini yang akan meredam gelombang pukulan ini sehingga pengaruhnya dapat dikurangi.

Berdasarkan Gambar 1, nampak bahwa saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator hasil invensi ini merupakan kombinasi dari deflektor, alur aerasi, ventilator dan pengendali aliran balik. Kombinasi deflektor, alur aerasi dan pengendali aliran balik dapat membentuk ruang tekanan lebih besar dibandingkan pada deflektor biasa tanpa alur aerasi, ventilator dan pengendali aliran balik. Pada saat volume udara di dalam alur aerasi habis, maka kondisi ini berbahaya, sebab di dalamnya akan terjadi tekanan negatif. Tekanan ini akan sangat berbahaya bagi struktur bawah saluran luncur pelimpah bendungan yang lama kelamaan dapat meruntuhkannya sehingga berbahaya secara keseluruhan bagi bendungan.

Berdasarkan Gambar 2 nampak (1) adalah deflektor yang berfungsi untuk mengangkat aliran dari lapisan batas sehingga udara dapat masuk ke dalam tubuh aliran baik melalui bagian atas lompatan ataupun bawah lompatan. Bagian atas lompatan berhubungan dengan atmosfer yang merupakan pemasok gelembung udara ke dalam aliran. Bagian bawah lompatan juga merupakan atmosfer yang berfungsi untuk memasok gelembung udara ke dalam tubuh aliran juga. Cara ini menyebabkan udara masuk ke dalam tubuh aliran tanpa membutuhkan bantuan mekanik seperti pompa. Dengan demikian masuknya udara ke dalam tubuh aliran tanpa membutuhkan energi.

Berdasarkan Gambar 2 nampak (2) adalah ventilator, yang berfungsi untuk memasok udara ke dalam alur aerasi. Udara diambil dari atmosfer melalui prinsip



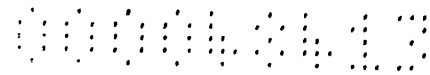
perbedaan tekanan antara alur aerasi dengan tekanan atmosfer, sehingga secara fisika udara dari atmosfer terisap ke dalam alur aerasi. Dengan demikian ventilator selalu membutuhkan alur aerasi sebagai sarana pemasok udara.

5 Berdasarkan Gambar 2 nampak (3) adalah alur aerasi. Bentuk konstruksi alur aerasi pada invensi ini adalah empat persegi panjang. alur aerasi memiliki fungsi sebagai tangki penyimpanan udara yang nantinya dibutuhkan oleh aliran melalui proses pengisapan. Fenomena pengisapan ini terjadi karena prinsip perbedaan kecepatan aliran antara aliran air yang sangat tinggi dan aliran udara di dalam alur aerasi yang relatif berkecepatan sangat rendah. Udara yang ada di  
10 dalam alur aerasi akan terisap ke dalam aliran air yang selanjutnya didistribusikan ke dalamnya secara merata.

Berdasarkan Gambar 1 dan 2 nampak pengendali aliran balik (4). Bentuk konstruksi pengendali aliran balik (4) ini adalah bidang miring yang diawali dari hilir alur aerasi ke arah dasar saluran luncur pelimpah bendungan. Kemiringan  
15 pengendali aliran balik harus lebih curam dibanding dengan horisontal bumi. dengan argumentasi bahwa air secara gravitasi selalu mengarah ke hilir saluran luncur pelimpah bendungan. Pengendali aliran balik ini berfungsi agar air tidak kembali mengalir ke arah hulu dan masuk ke dalam alur aerasi.

Berdasarkan Gambar 1 dan 2 nampak (5) adalah *slope* atau kemiringan dasar saluran luncur pelimpah bendungan ( $\alpha$ ), dalam invensi ini kemiringan yang lazim memiliki rentang antara  $15^\circ$  sampai dengan  $45^\circ$ . Dasar saluran luncur pada invensi ini memiliki kemiringan menerus yang tidak terputus kecuali di lokasi pemasangan deflektor dan ventilator. Konstruksi seperti ini tidak menyebabkan selisih tinggi antara hulu dan hilir pelimpah bendungan menjadi sangat besar.  
25 Selisih tinggi yang sangat besar ini berkaitan dengan tuntutan konstruksi serta pertimbangan kekuatan dan aspek kemahalan bendungan.

Merujuk pada Gambar 3 nampak (2 b) adalah alur aerasi yang memiliki kemiringan ke arah lebar saluran luncur pelimpah bendungan, yang besarnya adalah 2/100 atau 2%. Kemiringan hanya ke arah satu sisi yaitu kanan, hal ini



dimaksudkan untuk mengumpulkan air yang dimungkinkan jatuh ke dalam alur aerasi. Air yang terakumulasi dikumpulkan di satu sisi alur aerasi saja agar dapat dibuang secara mudah.

5 Invensi ini mempunyai perbedaan yang sangat menyolok dengan invensi saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator lainnya di seluruh dunia, yaitu pada (a) bentuk alur aerasi miring ke samping ke arah dinding sebelah kanan saja; dan (c) alur aerasi dirancang untuk tidak kemasukan air dari arah hilir ke dalamnya, sebab kemiringan pengendali aliran balik lebih curam jika dibanding dengan horisontal bumi.

10 a. Deflektor

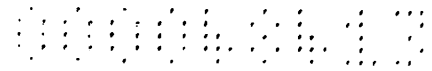
Dimensi deflektor adalah panjang 2.0 m sedangkan tinggi adalah 0.25 m. Deflektor terbuat dari beton bertulang mutu K 300. Permukaan deflektor dibuat sangat halus menggunakan lapisan dari *fiberglass*.

b. Alur aerasi

15 Dimensi alur aerasi adalah empat persegi panjang yang dimensinya sama dengan lebar saluran luncur; sedangkan lebar 1,5 m dan tinggi adalah 1,0 m. Alur aerasi dibuat dari beton bertulang mutu K 300.

c. Ventilator

20 Jumlah ventilator adalah 2 unit diibaratkan sebagai telinga saluran luncur pelimpah bendungan, yaitu di sisi kanan dan kirinya. Dimensi cerobong ventilator adalah tinggi 4,5 m, ukuran lubang adalah 1.0 m x 1.5 m. Ventilator dibuat dari beton bertulang mutu K 300.

**Klaim**

1. Suatu saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator, yang terdiri dari:

5           suatu deflektor (1) di lantai dasar saluran luncur pelimpah bendungan (5);  
dua ventilator di sebelah kiri (2a) dan di sebelah kanan (2b) dari saluran  
luncur pelimpah bendungan (5) terhadap arah aliran;

suatu alur aerasi untuk distribusi udara (3);

suatu pengendali aliran balik (4);

10           dicirikan bahwa dasar dari alur aerasi (3) tersebut miring ke arah kanan  
(2b) di mana kemiringannya adalah 2/200 dan di mana saluran luncur (5)  
mempunyai kemiringan ke arah hilir aliran yang memiliki rentang (15° sampai  
dengan 45°) terhadap bidang horisontal.

15           2. Saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan  
ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana deflektor (1) posisinya terhadap  
ventilator (2a, 2b), yaitu (i) sejajar ventilator, (ii) berada di hulu atau di sebelah  
atas (*upstream*) ventilator, (iii) diapit oleh dua ventilator di sebelah kiri dan  
sebelah kanan (2a dan 2b).

20           3. Saluran luncur pelimpah bendungan luncur pelimpah bendungan yang  
dilengkapi dengan deflektor dan ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana  
posisi deflektor (1) dan ventilator (2a, 2b) tersebut berada di hilir atau bawah  
(*downstream*) saluran luncur pelimpah bendungan; jarak posisi deflektor dan  
ventilator adalah 50 m dari awal saluran luncur pelimpah bendungan (5).

25           4. Saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan  
ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana bentuk alur aerasi (3) berupa alur  
atau takikan tersebut yang memiliki penampang empat persegi panjang.

5. Saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan  
ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana alur aerasi (3) tersebut memiliki



kemiringan 2/100 ke arah kanan dinding saluran luncur pelimpah bendungan (5) (sebelah kanan dan kiri adalah relatif terhadap arah aliran) atau tegak lurus arah aliran air; dimensi alur aerasi (3) adalah panjangnya sama dengan ukuran lebar saluran luncur (5); lebar dasar alur aerasi (3) adalah sama dengan 1,5 m dan tinggi dasar alur aerasi (3) adalah sama dengan 1,0 m.

5  
6. Saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana bentuk ventilator (2a, 2b) tersebut adalah cerobong empat persegi panjang yang jumlahnya 2 unit yang terletak di kanan dan kiri saluran luncur pelimpah bendungan (5); dimensi cerobong ventilator tersebut adalah tinggi 4,5 m; serta luas lubangnya adalah 1,0 m x 1,5 m.

10  
7. Saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana bentuk pengendali aliran balik (4) tersebut adalah miring ke arah hilirnya; panjang pengendali aliran balik (4) tersebut yang diukur dari ujung hilir alur aerasi (3) serta sejajar dengan dasar dan dinding saluran luncur pelimpah bendungan (5) adalah 3 m sampai dengan 5 m.

15  
8. Saluran luncur pelimpah bendungan yang dilengkapi dengan deflektor dan ventilator sesuai dengan klaim 1, di mana deflektor (1) dan ventilator (2a, 2b) tersebut diinstalasi atau dipasang pada jarak 50 m di hilir atau di bawah (*downstream*) awal saluran luncur pelimpah bendungan dan pada saluran luncur (5) yang memiliki panjang 100 m maka deflektor dan ventilator di pasang dengan jarak 50 m di hilir awal saluran luncur (5), dan pada saluran luncur (5) dengan panjang 150 m maka deflektor dan ventilator dipasang dengan jarak 50 m di hilir awal saluran luncur.

25

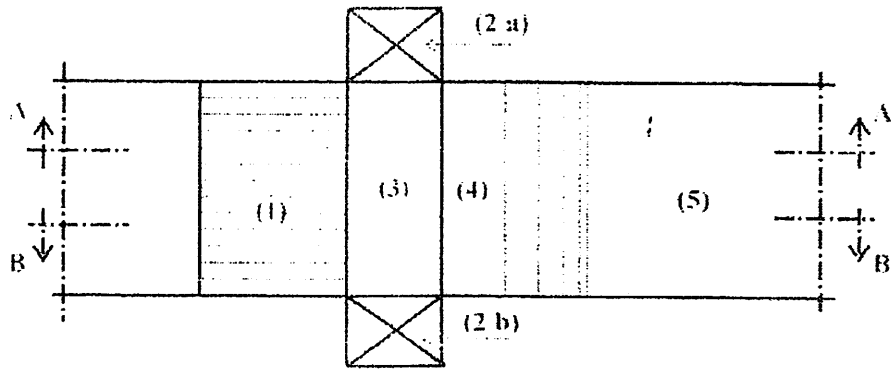
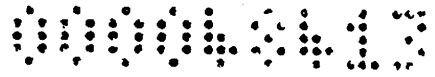


Abstrak

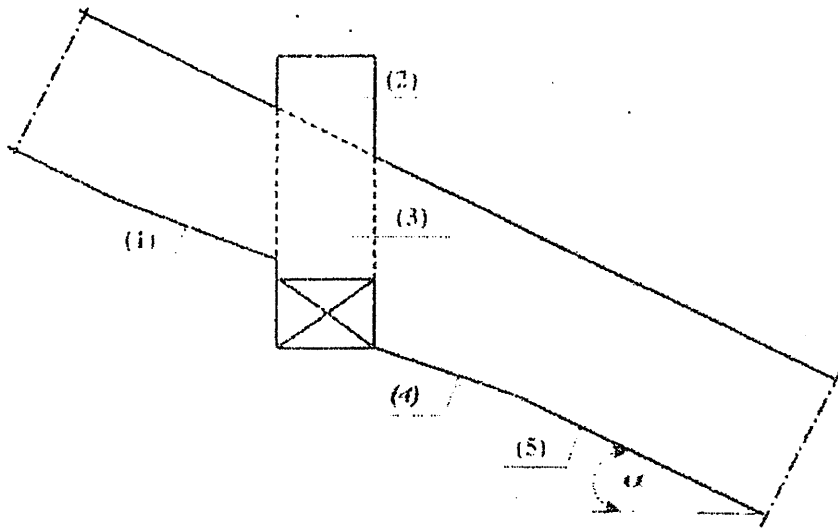
SALURAN LUNCUR PELIMPAH BENDUNGAN YANG DILENGKAPI  
DENGAN DEFLEKTOR DAN VENTILATOR

5 Salah satu upaya untuk mengatasi tekanan negatif di saluran luncur  
pelimpah bendungan adalah memasang deflektor, ventilator, alur aerasi dan  
pengendali aliran balik. Empat kombinasi di atas dapat membentuk ruang tekanan  
yang lebih besar jika dibandingkan dengan hanya memasang deflektor saja. Pada  
saat volume udara di dalam alur aerasi habis, maka kondisi ini menjadi sangat  
10 berbahaya, sebab akan terjadi tekanan negatif. Tekanan ini sangat berbahaya bagi  
struktur bawah saluran luncur bangunan pelimpah. Oleh karena perlu dipasang  
deflektor, ventilator, alur aerasi dan pengendali aliran balik. Pemasangan  
pengendali aliran balik berfungsi untuk membuang air ke arah hilir dan tidak  
kembali ke arah hulu. Dimensi deflektor adalah panjang 2.5 m sedangkan tinggi  
15 0.25 m (berbentuk segitiga). Dimensi alur aerasi adalah empat persegi panjang,  
yang memiliki panjang seukuran lebar saluran luncur yaitu 20 m, 25 m, 30 m, 35  
m, dan 40 m; lebar 1.5 m dan tinggi adalah 1.0 m. Dimensi ventilator adalah  
tinggi 4.5 m, serta ukuran lubang adalah 1,0 m kali 1.5 m. Dimensi pengendali  
aliran balik yang arahnya sejajar dengan dasar dan dinding saluran luncur adalah  
20 3 m.

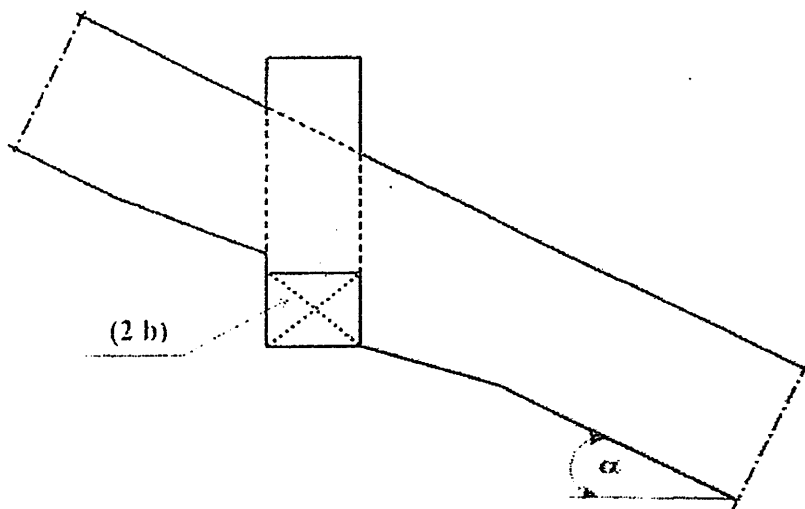




Gambar 1



Gambar 2



Gambar 3