

EVALUASI DESAIN SEKAT KANAL TIPE *DRAINPILE* DI SEI AHAS KALIMANTAN TENGAH

EVALUATION OF DESIGN CANAL BLOCKING DRAINPILE TYPE IN SEI AHAS CENTRAL KALIMANTAN

Arif Dhiaksa¹⁾ Wahyu Candraqarina¹⁾

¹⁾ Balai Penelitian dan Pengembangan Rawa, Pusat Litbang Sumber Daya Air
Jl. Gatot Subroto No 6, Banjarmasin, Indonesia
E-mail: arif.dhiaksa@yahoo.co.id

ABSTRAK

Drainpile adalah salah satu tipe sekat kanal yang terbuat dari konstruksi beton yang dikombinasi dengan pasangan batu. Drainpile memiliki desain sedemikian rupa sehingga memiliki kelebihan mampu membendung aliran dan meninggikan muka air sampai level yang dikehendaki namun masih bisa dilalui perahu untuk navigasi masyarakat. Saat ini telah dibangun 2 unit drainpile pada lokasi penelitian di Desa Sei Ahas Kalimantan Tengah yang dibangun pada tahun 2013 dan 2015. Penulisan makalah ini dimaksudkan untuk mengevaluasi desain drainpile apakah sudah berfungsi sesuai yang direncanakan dan mengkaji kekurangan-kekurangannya sehingga bisa disempurnakan agar diperoleh desain drainpile yang lebih baik. Metode yang digunakan dalam studi ini antara lain adalah penilaian kinerja dengan monitoring dinamika muka air di bagian hulu dan hilir drainpile, wawancara tatap muka dengan masyarakat, dan observasi kondisi drainpile di lapangan. Berdasarkan hasil studi, diperoleh informasi bahwa drainpile dapat berfungsi dengan baik untuk membendung aliran dan meninggikan muka air, namun pada sisi desain masih perlu dilakukan penyempurnaan antara lain penambahan reflektor cahaya pada tubuh bangunan, perbaikan pada desain sayap bangunan, dan perbaikan pada desain alur perahu.

Kata Kunci: *Desain, Drainpile, Sekat kanal, Sei Ahas, Gambut, Konservasi*

ABSTRACT

Drainpile is one type of canal blocking made of concrete construction combined with stone pairs. Drainpile has a design in such a way that has the advantage to stem the flow and elevate the water level to the desired level but still can be passed by boat for community navigation. Currently, two drainpile units have been constructed at the research site in Sei Ahas village, Central Kalimantan which was built in 2013 and 2015. The writing of this paper is intended to evaluate drainpile design whether it is functioning as planned and studying its deficiencies so that it can be improved in order to obtain drainpile design better. The methods used in this study include performance appraisal with watershed upstream monitoring and downstream drainpile, face-to-face interviews with the community, and observation of drainpile conditions in the field. Based on the results of the study, it is found that drainpile can function well to stem the flow and increase the water level, but on the design side still needs improvement, such as the addition of light reflector on the body of the building, the improvement on the design of the building wings, and improvements in the design of the boat flow.

Keywords: *Design, Drainpile, Canal blocking, Sei Ahas, Peat, Conservation*

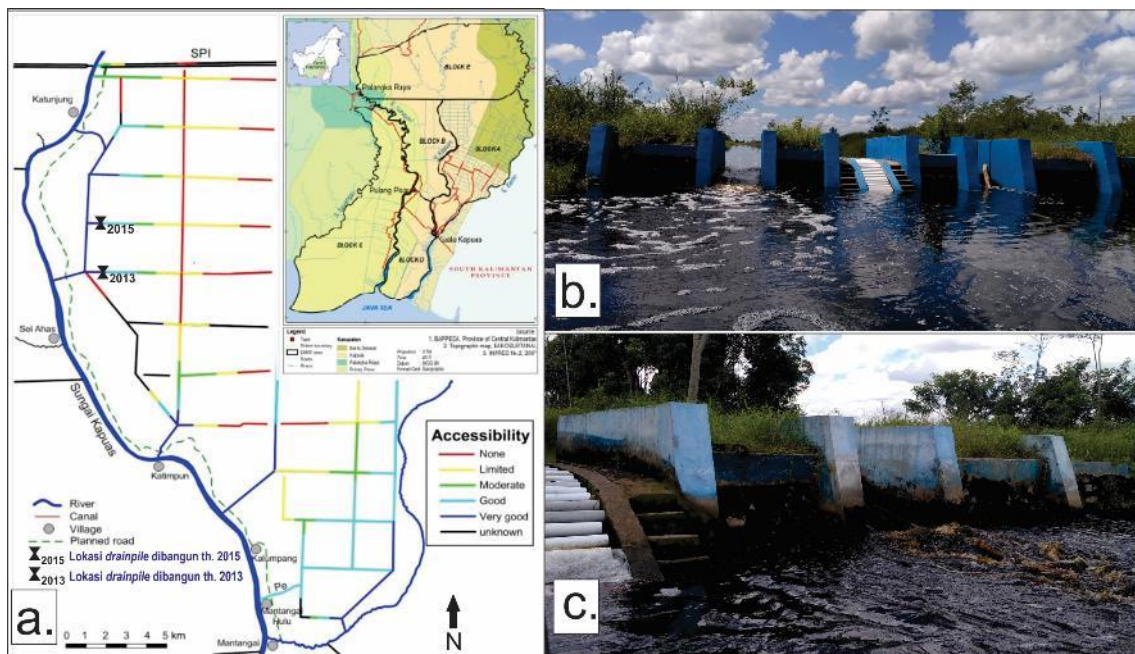
PENDAHULUAN

Pembukaan hutan yang tidak memperhatikan kelestarian dan kaidah lingkungan dan pembangunan saluran pengairan Proyek PLG mengakibatkan sekitar 400.000 hektar hutan tropika basah (*tropical rain forest*) menjadi lahan terbuka (QH, 2016). Saluran-saluran yang telah dibangun menyebabkan kandungan air yang semula tersimpan di areal lahan bergambut mengalir dengan cepat ke saluran kemudian menuju sungai sehingga terjadi kondisi “*over drain*” yang menyebabkan lahan gambut mudah terbakar.

Drainpile adalah salah satu jenis sekat kanal yang terbuat dari konstruksi beton yang dikombinasi dengan pasangan batu. *Drainpile* memiliki desain sedemikian rupa sehingga memiliki kelebihan mampu membendung aliran dan meninggikan muka air sampai level yang dikehendaki namun masih bisa dilalui perahu untuk navigasi masyarakat. Mercu alur perahu dibuat cukup tinggi, sama dengan mercu *drainpile* agar air tidak dapat lewat dan dilengkapi dengan rel sehingga perahu dapat ditarik dengan mudah dan ringan saat melewatinya (Balai Rawa, Puslitbang SDA, 2014). Sekat kanal yang dilengkapi dengan alur perahu merupakan pilihan yang paling sesuai dengan kondisi di Sei Ahas dimana

saluran/kanal masih dapat dipergunakan oleh penduduk setempat sebagai sarana transportasi (Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2017).

Desain dan konstruksi *drainpile* dibangun oleh Balai Wilayah Sungai (BWS) Kalimantan II, Banjarmasin dengan arahan dan supervisi dari Balai Penelitian dan Pengembangan Rawa, Puslitbang Sumber Daya Air. Saat ini telah dibangun 2 unit *drainpile* pada lokasi penelitian di Desa Sei Ahas Kalimantan Tengah yang dibangun pada tahun 2013 dan 2015 (Dhiaksa dan Gangga, 2016). Secara garis besar, desain *drainpile* yang dibangun tahun 2013 dan 2015 adalah serupa, namun pada desain *drainpile* yang dibangun tahun 2015 memiliki dimensi yang lebih besar menyesuaikan dengan lebar saluran dan pada pelimpasnya diberi pipa *rolling*, sehingga pelimpas juga dapat berfungsi sebagai alur perahu. Penelitian ini menggunakan *drainpile* tahun 2013 sebagai objek kajian dengan pertimbangan bahwa *drainpile* tahun 2013 lebih lama dibangun sehingga bisa lebih diketahui daya tahannya. Pada Gambar 1. di bawah ini disajikan dokumentasi *drainpile* yang dibangun pada tahun 2013 dan 2015 beserta lokasinya.



Sumber: a. Kalimantan Forests and Climate Partnership (KFCP), 2009, b dan c, dok. Balai Litbang Rawa 2017

Gambar 1 (a) Lokasi *drainpile* (b) *Drainpile* yang dibangun pada tahun 2015 (c) *Drainpile* yang dibangun pada tahun 2013

KAJIAN PUSTAKA

Kondisi hutan dan lahan gambut yang ada di Indonesia (terutama di Kalimantan dan Sumatera) terus menerus mengalami degradasi, terutama disebabkan oleh kegiatan-kegiatan pertanian beserta jaringan-jaringan salurannya (misalnya dalam ex-proyek lahan gambut/PLG sejuta hektar di Kalteng), perkebunan, penebangan liar/*illegal logging*, serta kebakaran hutan dan lahan. Apabila hal ini terus menerus terjadi maka dikhawatirkan hutan dan lahan gambut yang tersisa akan sangat sedikit dan bahkan mungkin akan habis. Padahal pembentukan lapisan gambut seperti yang saat ini terdapat di Indonesia membutuhkan waktu ribuan tahun. Terjadinya degradasi dan berkurangnya luasan hutan dan lahan gambut berarti secara otomatis menyebabkan berkurang atau hilangnya fungsi ekologis maupun sosial ekonomi lahan gambut itu sendiri (Suryadiputra dkk, 2005).

Salah satu aktivitas yang paling berpotensi meningkatkan laju degradasi dan berkurangnya luas hutan dan lahan gambut di Indonesia adalah berasal dari kegiatan pembuatan saluran/parit, baik yang dibangun secara legal maupun illegal di dalam maupun di sekitar hutan dan lahan gambut. Keberadaan saluran/parit di lahan gambut pada umumnya bermuara pada sebuah atau beberapa sungai. Hal ini dimaksudkan agar produk-produk hasil kegiatan dari dalam hutan/lahan selanjutnya dapat diangkut melalui sungai menuju desa-desa terdekat. Ketika saluran/parit-parit ini dibangun banyak materi galian parit (seperti lumpur tanah mineral, serasah tanaman yang masih segar, maupun gambut) yang secara disengaja maupun tidak disengaja masuk ke sungai. Kondisi demikian menyebabkan terjadinya perubahan terhadap morphology (misal kedalaman sungai) maupun kualitas air sungai yang bersangkutan (Suryadiputra dkk, 2005).

Gambut memiliki porositas yang tinggi sehingga mempunyai daya menyerap air yang sangat besar. Apabila jenuh, gambut saprik, hemik dan fibrik dapat menampung air berturut-turut sebesar 450%, 450 – 850%, dan lebih dari 850% dari bobot keringnya atau hingga 90% dari volumenya. Karena sifatnya itu, gambut memiliki kemampuan sebagai penambat (*reservoir*) air tawar yang cukup besar sehingga dapat menahan banjir saat musim hujan dan sebaliknya melepaskan air tersebut pada musim kemarau sehingga dapat mencegah intrusi air laut ke darat. Fungsi gambut sebagai pengatur hidrologi dapat terganggu apabila mengalami kondisi drainase yang berlebihan karena material ini memiliki sifat kering tak balik, porositas yang tinggi, dan daya hantar vertikal yang rendah. Gambut yang telah mengalami kekeringan sampai batas kering tak

balik, akan memiliki bobot isi yang sangat ringan sehingga mudah hanyut terbawa air hujan, strukturnya lepas-lepas seperti lembaran serasah, mudah terbakar, sulit menyerap air kembali, dan sulit ditanami kembali (Najiyati dkk, 2005).

Canal blocking atau sekat kanal adalah salah satu bangunan air yang diharapkan bisa menjaga permukaan air tanah pada lahan gambut untuk mencegah kebakaran hutan dan memperbaiki kualitas air (Gough dkk, 2016). Dengan melakukan penyekatan pada saluran, seperti Saluran Primer Induk, maka kemudian sekat tersebut dapat menahan laju pengurasan air dari hutan dan lahan gambut, mempertahankan daya tampung air di hutan gambut dan menaikkan tinggi muka air di hutan dan lahan gambut, sehingga lahan gambut di sekitarnya menjadi basah kembali dan dapat mencegah peristiwa kebakaran hutan dan lahan gambut. Lebih dari itu, kondisi lahan gambut basah yang menyerupai kondisi alaminya akan memudahkan kegiatan rehabilitasi lahan gambut dengan penanaman jenis-jenis yang telah teradaptasi pada ekosistem gambut yang unik (Noor dan J., 2007). Dengan mempertahankan ketinggian muka air tanah pada ketinggian tertentu potensi gambut kering dan terbakar akan dapat diminimalisir. Tujuan jangka panjang adalah lahan menjadi kembali subur dan hijau.

Pada dasarnya kanal sebaiknya dibendung secara permanen sehingga proses perbaikan rawa gambut akan cepat terjadi. Namun karena kanal-kanal sudah dimanfaatkan warga untuk jalur navigasi masyarakat, konsep sekat kanal permanen sangat tidak mungkin dilakukan saat ini (Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi dan Lingkungan, 2013).

METODOLOGI

Metodologi Evaluasi Desain Sekat Kanal Tipe *Drainpile* Di Sei Ahas Kalimantan Tengah ini dilaksanakan melalui tahapan penilaian kinerja, wawancara tatap muka dengan masyarakat, dan evaluasi desain yang mencakup langkah-langkah, sebagai berikut:

Penilaian Kinerja

Teknik yang dilakukan dalam penilaian kinerja *drainpile* adalah melalui monitoring dinamika muka air di hulu dan hilir *drainpile*. Kegiatan monitoring dinamika muka air dilakukan pada musim kemarau selama minimal 24 jam. Pelaksanaan monitoring pada musim kemarau dilakukan berdasarkan pertimbangan bahwa kinerja *drainpile* sebagai sekat kanal akan teruji pada saat musim kemarau dimana curah hujan sangat rendah, dan jangka waktu monitoring minimal 24 jam dilakukan untuk mengetahui pengaruh pasang surut air laut pada dinamika

muka air di saluran. Hasil yang diharapkan dari monitoring dinamika muka air ini adalah dengan adanya *drainpile* maka elevasi muka air pada bagian hulu *drainpile* dapat bertahan pada elevasi tertentu walaupun pada musim kemarau.

Wawancara Tatap Muka dengan Masyarakat;

Wawancara tatap muka dengan masyarakat dilakukan menggunakan pertanyaan terbuka untuk mendapatkan saran dan masukan dari masyarakat terkait dengan *drainpile* baik dari segi teknis maupun segi non teknis. Pertanyaan terbuka adalah pertanyaan yang memberi pilihan-pilihan respon terbuka kepada responden, sehingga memungkinkan 1 responden memberikan lebih dari 1 saran atau masukan kepada pewawancara, dan memungkinkan pula bagi responden untuk tidak memberikan jawaban. Tipe pertanyaan terbuka dipilih untuk mendapatkan masukan sebanyak-banyaknya dari masyarakat tanpa dibatasi oleh pilihan yang mengarah pada jawaban tertentu.

Responden wawancara adalah masyarakat di lokasi penelitian, terutama warga masyarakat yang sering melakukan aktivitas di sekitar lokasi *drainpile*. Besaran sampel atau jumlah responden ditentukan berdasarkan teknik *purposive sampling*. Populasi masyarakat yang sering melakukan aktivitas di sekitar lokasi *drainpile* tidak dapat ditentukan jumlahnya secara pasti. Oleh karena itu dalam penelitian ini juga menggunakan asumsi bahwa masyarakat Desa Sei Ahas yang mata pencahariannya dominan di sektor pertanian (Badan Pusat Statistik, 2015) dianggap layak menjadi responden/sampel. Selain itu, karena pertimbangan keterbatasan waktu dan akses yang kurang memadai, maka jumlah sampel telah ditentukan berjumlah 50 orang dengan teknik *accidental sampling*, yaitu mencakup siapa saja warga masyarakat yang ditemui selama berlangsungnya pelaksanaan survei dan dapat dianggap sebagai sampel sesuai dengan kriteria dan asumsi yang digunakan (Dhiaksa dan Ganggaya, 2016).

Dasar penentuan jumlah sampel sebanyak 50 responden juga didukung oleh teori dari Gay dan Diehl dalam Sukardi (2008) yang menyatakan bahwa untuk jenis penelitian korelasional ukuran sampel yang diterima adalah minimal 30 sampel. Sementara penelitian ini memiliki target mencapai 50 sampel, sehingga dapat dianggap layak. Selain itu juga sesuai dengan asumsi Gay dan Diehl lainnya yang menyatakan bahwa semakin banyak sampel yang diambil maka akan semakin representatif dan hasilnya dapat digeneralisir.

Evaluasi Desain *Drainpile*;

Bangunan sekat kanal tipe *drainpile* tersusun dari beberapa bagian utama, yaitu fondasi, tubuh, sayap, pelimpas, dan alur perahu. Evaluasi desain *drainpile* dilakukan untuk mengkaji apakah tiap-tiap bagian *drainpile* tersebut sudah berfungsi sebagai mana mestinya, dan kemudian memberikan usulan perbaikan atau penyempurnaan desain jika diperlukan. Teknik yang digunakan untuk melakukan evaluasi desain pada tiap-tiap bagian tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

1. Fondasi

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain fondasi *drainpile* adalah dengan mengukur penurunan dan deformasi dari *drainpile* menggunakan alat *waterpass* dan melakukan pengamatan visual terhadap kondisi *drainpile* di lapangan. Pengukuran penurunan struktur (*subsidence*) dilakukan dengan cara membandingkan elevasi struktur pada saat selesai dibangun dengan elevasi struktur saat ini. Deformasi struktur merupakan salah satu dampak dari penurunan struktur. Deformasi struktur adalah perubahan bentuk struktur yang terjadi akibat adanya gaya dari dalam maupun dari luar struktur. Terkait dengan penurunan struktur, deformasi dapat terjadi ketika struktur mengalami penurunan yang tidak seragam antara satu bagian dengan bagian yang lain.

2. Tubuh

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain tubuh *drainpile* adalah dengan melakukan pengamatan visual untuk mengetahui apakah ada kerusakan atau kebocoran.

3. Sayap

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain sayap *drainpile* adalah dengan melakukan pengamatan visual untuk mengetahui apakah ada kerusakan atau kebocoran.

4. Pelimpas

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain pelimpas adalah dengan melakukan pengamatan visual guna mengetahui apakah ada kerusakan dan apakah pelimpas dapat bekerja dengan baik.

5. Alur Perahu

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi desain alur perahu adalah dengan melakukan pengamatan visual untuk mengetahui apakah ada kerusakan dan apakah alur perahu dapat bekerja dengan baik.

PEMBAHASAN

Kinerja *Drainpile*

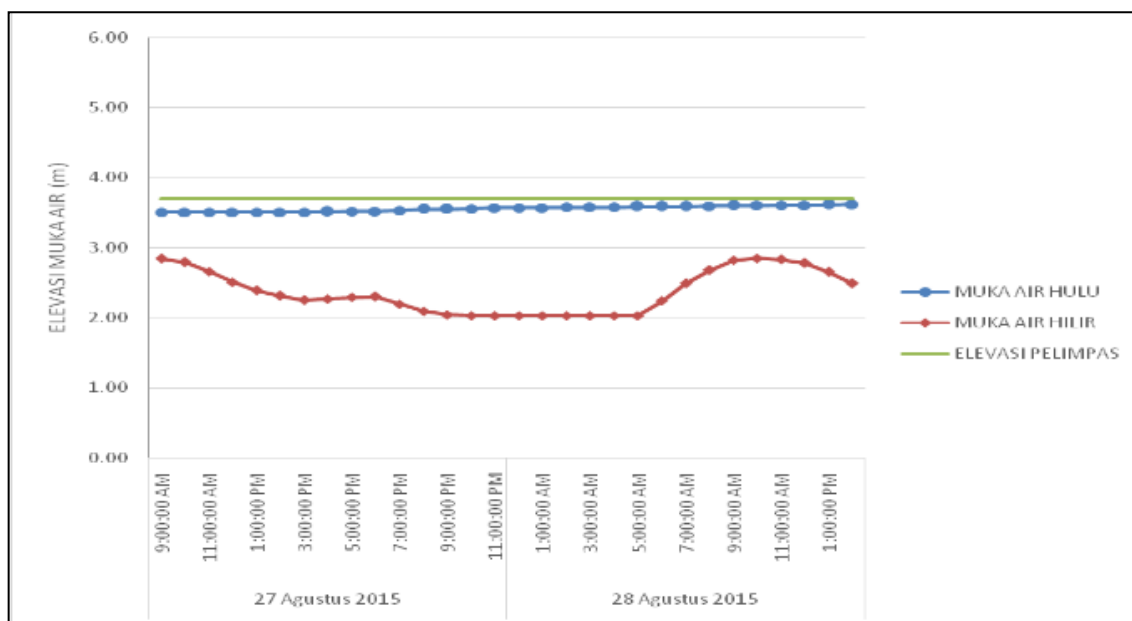
Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, kata “kinerja” memiliki pengertian yaitu: sesuatu yang dicapai; prestasi yang diperlihatkan; dan kemampuan kerja (tentang peralatan) (Kemdikbud, 2017). Penilaian kinerja *drainpile* perlu dilakukan untuk mengevaluasi apakah *drainpile* dapat berfungsi sebagaimana tujuan pembangunannya yaitu untuk membendung aliran dan meninggikan muka air sampai level yang direncanakan. Sesuai dengan tujuan tersebut, maka penilaian kinerja *drainpile* dilakukan melalui monitoring dinamika muka air untuk mengetahui apakah *drainpile* mampu membendung dan meninggikan muka air.

Kegiatan monitoring dinamika muka air pada penelitian ini dilakukan selama 29 jam pada musim kemarau, yaitu pada tanggal 27-28 Agustus 2015. Berdasarkan informasi dari BMKG yang dikutip oleh Republika (Lutfiati, 2015), pada tahun 2015 di Indonesia terjadi fenomena *El Nino*, yaitu gejala penyimpangan kondisi meningkatnya suhu permukaan laut yang signifikan di samudera Pasifik sekitar ekuator khususnya dibagian Tengah dan Timur dan berdampak pada pengurangan jumlah curah hujan yang signifikan di Indonesia. Akibat *El Nino* tersebut, musim kemarau berlangsung selama 6-7 bulan, dengan puncaknya diperkirakan pada bulan Agustus. Kegiatan monitoring dinamika muka air dilakukan minimal selama 24 jam untuk mengetahui dinamika muka air yang terjadi akibat adanya pasang surut air laut.

Pada Gambar 2. berikut ini disajikan grafik dinamika muka air pada bagian hulu dan hilir *drainpile*.

Bagian hulu *drainpile* adalah saluran air yang menuju lahan pertanian dan perkebunan masyarakat yang merupakan lahan gambut terdegradasi eks PLG. Grafik diatas menunjukkan bahwa *drainpile* mampu membendung aliran dan mempertahankan tinggi muka air pada saluran, sampai level yang dikehendaki, yaitu elevasi pelimpas. Hal ini dapat diketahui dari tren grafik elevasi muka air di bagian hulu yang secara konstan mengalami kenaikan (0,09m/hari). Kenaikan air sedikit demi sedikit ini kemungkinan berasal dari saluran lain yang saling terkoneksi pada lahan dan atau berasal dari drainase air tanah pada lahan.

Bagian hilir *drainpile* adalah saluran yang terhubung dengan sungai Kapuas yang masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut, ditandai dengan dinamika muka air berbentuk sinusoidal. Elevasi pasang tertinggi pada saat pengamatan adalah 2,85 meter dengan periode 26 jam. Pada grafik tersebut, selama 7 jam dari pukul 10:00pm tanggal 27 Agustus 2015 sampai dengan pukul 05:00am tanggal 28 Agustus 2015 elevasi menunjukkan 2,03 meter dikarenakan air surut hingga dasar saluran. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, pasang surut yang terjadi adalah tipe diurnal. Pasang surut tipe diurnal adalah fenomena pasang surut dengan ciri-ciri pasang dan surut terjadi masing-masing 1 kali dalam 24 jam.



Gambar 2 Grafik dinamika muka air pada bagian hulu dan hilir *drainpile*

Adanya *drainpile* menyebabkan terpisahnya kondisi hidraulik antara bagian hulu dan hilir bangunan *drainpile*. Air pada bagian hulu akan tertampung dan tidak dapat mengalir ke bagian hilir dengan bebas sampai batas elevasi pelimpas. Selain memiliki dampak positif tertampungnya air pada bagian hulu, hal ini juga menyebabkan dampak negatif yaitu saluran pada bagian hilir akan menjadi kering jika air sedang dalam masa surut. Pada monitoring ini saluran kering selama 7 jam dan segera terisi kembali, sehingga masih relatif aman terhadap potensi mengakibatkan lahan pada daerah hilir menjadi kering. Berdasarkan alasan ini, maka *drainpile* lebih cocok diterapkan pada saluran yang bagian hilirnya terhubung dengan sungai utama, dimana sungai utama tersebut masih terpengaruh oleh pasang surut air laut.

Wawancara Tatap Muka dengan Masyarakat

Wawancara tatap muka dengan masyarakat dilakukan menggunakan pertanyaan terbuka untuk mendapatkan saran dan masukan dari masyarakat terkait dengan *drainpile*, baik dari segi teknis maupun segi non teknis. Pertanyaan terbuka adalah pertanyaan yang memberi pilihan-pilihan respon terbuka kepada responden, sehingga memungkinkan 1 responden memberikan lebih dari 1 saran atau masukan kepada pewawancara, dan memungkinkan pula bagi responden untuk tidak memberikan jawaban. Dari 50 responden, 39 responden memberikan saran-saran perbaikan dan masukan yang dirangkum pada tabel 1.

Jawaban responden dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu saran/masukan yang bersifat teknis, dan saran/masukan yang bersifat non teknis. Sesuai dengan tema makalah ini, maka jenis saran/masukan yang dikaji lebih mendalam adalah jenis saran/masukan yang bersifat teknis. Namun

demikian, saran/masukan yang bersifat non teknis tetap ditampung sebagai pertimbangan dalam perencanaan pembangunan *drainpile* pada masa yang akan datang. 3 saran/masukan dengan peringkat terbanyak berturut-turut adalah perbaikan desain alur perahu, dibangun lagi *drainpile* pada lokasi lain, dan usulan perbaikan desain. Banyaknya usulan masyarakat yang menyebutkan bahwa perlu dibangun *drainpile* pada lokasi atau saluran-saluran lain mengindikasikan bahwa *drainpile* bermanfaat dan dibutuhkan oleh masyarakat. Idealnya penerapan sekat kanal dilakukan dengan sistem *cascade*, tiap perbedaan elevasi muka air 20 cm.

Evaluasi Desain Sekat Kanal Tipe *Drainpile*

Evaluasi desain *drainpile* dilakukan pada tiap bagian *drainpile* yang terdiri dari fondasi, tubuh, sayap, pelimpas, dan alur perahu sebagai berikut:

1. Desain Fondasi *Drainpile*

Fondasi adalah bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah, yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri (Heinz dalam HA, Abdul Haris, 2015). Untuk mendukung struktur tubuh *drainpile*, pada desain fondasi *drainpile* menggunakan cerucuk galam (*melaleuca leucadendron*) yang tersebar merata di bawah struktur tubuh dan sayap *drainpile*.

Pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung lempung lunak. Dari kenaikan daya dukung tersebut terlihat bahwa cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada lempung lunak (Suroso dkk, 2008). Gambar desain tampak depan *drainpile* yang menampilkan sebaran fondasi cerucuk yang menahan struktur *drainpile* disajikan pada Gambar 3.

Tabel 1 Rangkuman saran/masukan dari masyarakat Sei Ahas

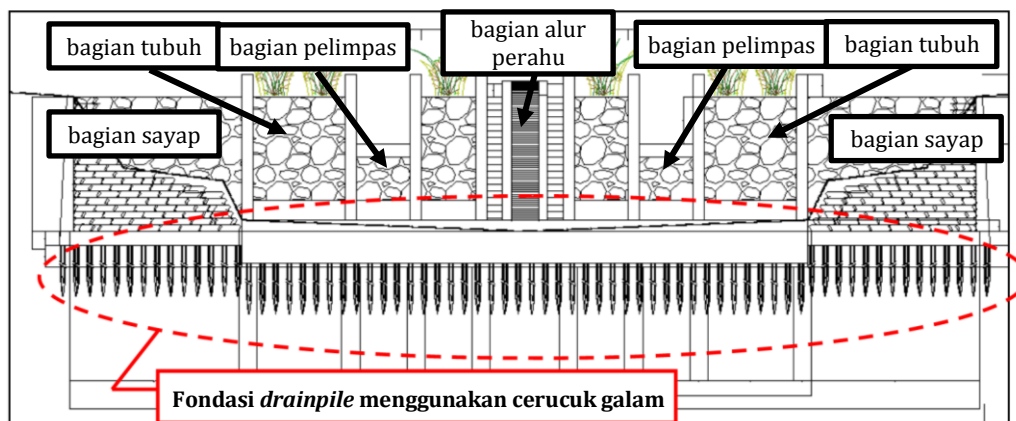
No.	Jenis Saran/Masukan	Saran/Masukan	Jumlah Pengusul (responden)
1	Teknis	Perbaikan desain alur perahu	18
		Ditambahkan lampu penerangan	2
		Ditambahkan pos pemantau kebakaran	1
		Dibangun lagi <i>drainpile</i> pada lokasi lain	8
		Perbaikan desain pintu air	2
		Perkuatan struktur bangunan	1
		Saran perbaikan tidak spesifik	7
2	Non Teknis	Partisipasi masyarakat dalam pembangunan, pemeliharaan, dan perbaikan	4
		Bantuan listrik untuk masyarakat	1

Salah satu metode untuk mengevaluasi desain suatu fondasi struktur adalah dengan cara mengukur penurunan dan deformasi dari struktur tersebut. Pengukuran penurunan struktur (*subsidence*) dapat dilakukan dengan cara membandingkan elevasi struktur pada saat selesai dibangun, dibandingkan dengan elevasi struktur saat ini. Deformasi struktur merupakan salah satu dampak dari penurunan struktur. Deformasi struktur adalah perubahan bentuk struktur yang terjadi akibat adanya gaya dari dalam maupun dari luar struktur. Terkait dengan penurunan struktur, deformasi dapat terjadi ketika struktur mengalami penurunan yang tidak seragam antara satu bagian dengan bagian yang lain. Deformasi yang terjadi biasanya berupa retak-retak pada bagian struktur yang lemah, misalnya pada bagian sambungan.

Pada makalah ini evaluasi desain fondasi dilakukan dengan cara mengukur elevasi beberapa titik dari tubuh *drainpile* menggunakan alat *waterpass* kemudian membandingkannya dengan desain perencanaan *drainpile*. Jika terdapat perbedaan elevasi dari yang semestinya, maka *drainpile* telah mengalami deformasi. Kajian deformasi juga diamati dengan pengecekan secara

langsung kondisi *drainpile* di lapangan. Pengukuran penurunan struktur tidak dapat dilakukan secara langsung karena penulis tidak memiliki data elevasi awal saat *drainpile* selesai dibangun. Pada Gambar 4. berikut disajikan elevasi beberapa titik pada tubuh *drainpile* hasil pengukuran menggunakan *waterpass* yang dilakukan pada bulan Agustus tahun 2015.

Pada makalah ini evaluasi desain fondasi dilakukan dengan cara mengukur elevasi beberapa titik dari tubuh *drainpile* menggunakan alat *waterpass* kemudian membandingkannya dengan desain perencanaan *drainpile*. Jika terdapat perbedaan elevasi dari yang semestinya, maka *drainpile* telah mengalami deformasi. Kajian deformasi juga diamati dengan pengecekan secara langsung kondisi *drainpile* di lapangan. Pengukuran penurunan struktur tidak dapat dilakukan secara langsung karena penulis tidak memiliki data elevasi awal saat *drainpile* selesai dibangun. Pada Gambar 4. berikut disajikan elevasi beberapa titik pada tubuh *drainpile* hasil pengukuran menggunakan *waterpass* yang dilakukan pada bulan Agustus tahun 2015.



Sumber: Balai Rawa, 2015

Gambar 3 Gambar Desain tampak depan *drainpile*



Sumber: Balai Rawa, 2015

Gambar 1 Elevasi beberapa titik pada tubuh *drainpile* hasil pengukuran menggunakan *waterpass* (satuan dalam meter)

Titik A, B, C, D, E, F, G, dan H pada Gambar di atas, berdasarkan Gambar desain seharusnya berada pada elevasi yang sama, namun demikian dari hasil pengukuran terdapat deviasi antara satu titik dengan titik yang lain. Pada tabel 2. berikut disajikan perhitungan deviasi elevasi beberapa titik pada tubuh *drainpile* tersebut.

Tabel 2 Perhitungan deviasi elevasi *drainpile*

Titik	Elevasi (m)	Deviasi (m)
A	5,26	0,014
B	5,25	0,026
C	5,27	0,0055(min)
D	5,26	0,017
E	5,28	0,0065
F	5,28	0,0065
G	5,29	0,017
H	5,31	0,0315(max)
Rata-rata	5,28	0,015

Sumber: Analisis dan perhitungan

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa rata-rata deviasi elevasi yang terjadi pada tubuh *drainpile* adalah 0,015m yang terjadi selama 2 tahun (*Drainpile* dibangun pada tahun 2013) atau sekitar 0,0077m/tahun. Deviasi terbesar terjadi pada titik H yaitu 0,032, dan deviasi terkecil terjadi pada titik C dengan nilai 0,0055. Karena kita tidak memiliki data elevasi awal, maka pendekatan elevasi acuan yang digunakan untuk menentukan deviasi elevasi yang merepresentasikan deformasi dan penurunan struktur adalah elevasi rata-rata. Pendekatan dilakukan dengan pertimbangan bahwa pada struktur di atas tanah lunak penurunan struktur dapat ditoleransi asal terjadi dalam batas tertentu dan serempak sehingga tidak menyebabkan deformasi pada struktur.

Berdasarkan analisis di atas dapat diketahui bahwa dengan menggunakan fondasi cerucuk galam memang terjadi deformasi struktur namun dengan nilai yang sangat kecil, hanya dalam kisaran rata-rata 1,52mm dalam 2 tahun dan tidak menutup kemungkinan pula deviasi elevasi beberapa titik pada tubuh *drainpile* tersebut memang sudah ada sejak selesai dibangun karena faktor kurang teliti dalam proses konstruksi.

Ditinjau dari sisi yang lain, dokumentasi pada Gambar 4. di atas diambil dari sisi sebelah hilir *drainpile* ketika muka air sedang surut. Tampak dari bagian air yang masih sedikit tergenang, tidak terlihat adanya arus air akibat kebocoran dari bawah struktur *drainpile*. Ini artinya dengan fondasi cerucuk, selain strukturnya stabil juga efektif untuk menahan aliran air dari bagian bawah struktur tubuh *drainpile*. Desain fondasi *drainpile*

menggunakan cerucuk galam sudah tepat dan tidak memerlukan perbaikan desain.

1 Desain Tubuh *Drainpile*

Tubuh *drainpile* merupakan bagian utama dari *drainpile* yang berfungsi untuk menahan tekanan air yang terjadi. Tubuh *drainpile* didesain menggunakan material beton yang dikombinasi dengan pasangan batu. Dari hasil pengamatan di lapangan, diketahui bahwa tubuh *drainpile* mampu menahan tekanan air dari hulu. Keandalan kinerja tubuh *drainpile* ini juga dibuktikan dengan rekaman monitoring dinamika muka air pada Gambar 2.

Berdasarkan wawancara dengan masyarakat, diperoleh informasi salah satunya adalah usulan untuk menambahkan lampu penerangan pada lokasi *drainpile*, karena masyarakat sering melintasi *drainpile* pada malam hari untuk keperluan memancing atau kembali ke desa setelah beraktifitas di lahan. Namun demikian, karena lokasi *drainpile* berada pada remote area yang belum dijangkau jaringan listrik dari PLN dan rawan terhadap vandalisme, pilihan untuk menyediakan lampu penerangan dengan tenaga listrik PLN atau tenaga surya tidak disarankan. Alternatif yang paling memungkinkan adalah membantu masyarakat melintas pada malam hari dengan memasang reflektor cahaya seperti yang sering dipasang pada marka jalan. Reflektor cahaya adalah sebuah alat berbentuk prisma yang berfungsi untuk memantulkan cahaya, yang bermanfaat untuk membantu penerangan pada malam hari. Kelebihan penggunaan reflektor cahaya adalah harganya yang relatif murah, awet, mudah diaplikasikan, tidak memerlukan listrik, dan relatif aman dari tindakan vandalisme.

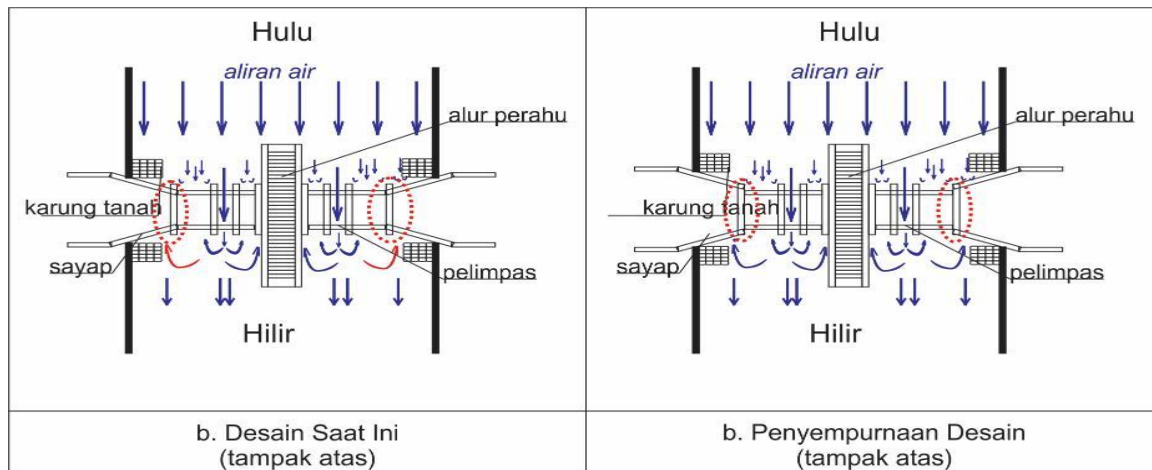
Dari evaluasi ini maka dapat disimpulkan bahwa pada sisi teknis, tidak diperlukan perbaikan desain tubuh *drainpile*. Penyempurnaan desain yang disarankan adalah pemasangan reflektor cahaya yang berfungsi membantu penerangan pada malam hari. Perhatian yang cermat perlu dilakukan dalam proses konstruksi untuk menjamin bahwa beton dan material yang digunakan sesuai dengan mutu desain yang disyaratkan. Pemeliharaan rutin perlu dilakukan untuk melindungi tubuh bendung dari vegetasi liar yang bisa menyebabkan pelapukan beton.

2 Desain Sayap *Drainpile*

Bagian Sayap *drainpile* berfungsi untuk meredam tekanan aliran air ke arah samping kanan dan kiri *drainpile*. Pada pengamatan lapangan yang dilakukan pada tahun 2017, ditemukan adanya kebocoran-kebocoran kecil pada bagian sayap *drainpile*. Dokumentasi kebocoran tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Lubang kebocoran pada bagian sayap *drainpile*



Gambar 2 Usulan penyempurnaan desain sayap *drainpile*

Lubang kebocoran yang terjadi memiliki diameter sekitar 5cm, namun belum dilakukan kajian mendalam terkait berapa debit kebocoran yang dilanjutkan dengan uji laboratorium untuk mengetahui secara pasti apakah ada material tubuh *drainpile* yang terbawa dalam air atau tidak. Lubang kebocoran yang terjadi tipikal antara sisi sebelah kiri dan sisi sebelah kanan pada bagian sambungan antara tubuh dan sayap *drainpile*, oleh karena itu perlu dilakukan penambalan kebocoran dan dilakukan perbaikan desain pada bagian sambungan tubuh dan sayap *drainpile*. Kebocoran di daerah sambungan antara sayap dan tubuh *drainpile* kemungkinan terjadi akibat tekanan air yang mengenai sambungan tersebut. Pada desain saat ini aliran air juga menyebabkan pusaran yang mengakibatkan gerusan pada daerah sayap *drainpile*. Ilustrasi konsep desain *drainpile* saat ini

dan perkiraan arah aliran serta usulan perbaikan desain disajikan pada Gambar 6.

Dari sketsa di atas dapat dilihat pada desain *drainpile* terdapat bagian-bagian yang menonjol (Gambar 4, titik A-H). Desain tersebut berfungsi untuk memecah dan mengarahkan tekanan air agar tidak berolak terlalu besar. Namun demikian ternyata jika muka air tinggi, setelah aliran air melewati pelimpas, olakan air yang terjadi pada bagian hilir cukup besar. Lokasi sambungan antara tubuh dan sayap *drainpile* yang menonjol malah menjadi titik lemah akibat tekanan air dari olakan yang cukup besar terpusat terus-menerus mengenai bagian tersebut. Untuk perbaikan dan penyempurnaan desain, disarankan agar tonjolan antara tubuh dan sayap *drainpile* dihilangkan dan dibuat desain menyatu tanpa tonjolan untuk mengurangi tekanan yang terjadi pada lekukan antara sayap dengan tubuh *drainpile* (Gambar 6b).

3 Desain Pelimpas

Bagian pelimpas berfungsi untuk mengalirkan air dari tubuh *drainpile* setelah air mencapai elevasi yang dikehendaki. *Drainpile* memiliki 2 buah pelimpas, yaitu pelimpas kanan dan pelimpas kiri dengan tipe kombinasi antara pelimpas tetap dengan skot balok. Pengaturan elevasi pelimpas bisa dilakukan menggunakan skot balok, namun tidak dapat lebih rendah dari elevasi pelimpas tetap. Pada Gambar 7 berikut disajikan foto dokumentasi pada tahun 2017 dimana air mengalir melewati tubuh *drainpile* melewati saluran pelimpas. Pelimpas pada dokumentasi tersebut dalam keadaan dipasang 2 buah papan skot balok. Dari pengamatan lapangan dapat diketahui bahwa desain pelimpas sudah baik, pelimpas berfungsi sesuai rencana, yaitu air melimpas melalui bagian mercu pelimpas setelah mencapai elevasi yang dikehendaki. Pelimpas dengan bahan beton kokoh dan mampu menahan tekanan air.



Gambar 7 Bagian pelimpas pada *drainpile*

Perbaikan yang diperlukan adalah terkait dengan kontrol kualitas dan tempat penyimpanan papan skot balok. Pada pengamatan di lapangan ditemukan bahwa papan skot balok yang tidak sedang digunakan dibiarkan tergeletak tanpa pengamanan. Sebaiknya skot balok dibuat secara pabrikan, kemudian diangkut ke lokasi dalam keadaan sudah jadi. Usahakan papan-papan skot balok yang tidak sedang digunakan disimpan dengan baik dan terlindungi dari panas dan hujan. Pada Gambar 8 berikut disajikan contoh temuan di lapangan berupa papan skot balok yang rusak akibat mutu beton dan penyimpanan yang kurang baik.

4 Desain Alur Perahu

Bagian alur perahu merupakan bagian dari *drainpile* yang berfungsi untuk memudahkan perahu masyarakat melintasi bangunan *drainpile*. Alur perahu sudah didesain sedemikian rupa sehingga lebarnya sesuai dengan perahu kecil yang

biasa digunakan masyarakat (perahu ces). Desain alur perahu dari awal pembangunan *drainpile* sudah mengalami 1 kali perubahan desain yang diikuti dengan perbaikannya.

Semula alur perahu didesain menggunakan bahan pipa *stainless steel*, namun hanya bertahan sekitar 1 tahun karena pipa-pipa *stainless steel* yang berfungsi untuk membantu mempermudah menarik perahu hilang akibat vandalisme. Alur perahu kemudian di desain ulang menggunakan bahan pipa paralon yang diisi semen dan menggunakan besi baja sebagai porosnya. Pada bangunan *drainpile* yang dibangun pada tahun 2015, saluran pelimpas juga diberi pipa *rolling*, sehingga pelimpas juga dapat berfungsi sebagai alur perahu. Pada Gambar 9 berikut disajikan dokumentasi kondisi *drainpile* dari tahun ke tahun.



Gambar 3 Papan skot balok yang rusak

Dokumentasi pertama dilakukan pada tanggal 18 Maret 2014. Bangunan *drainpile* berumur sekitar 1 tahun. Terlihat kondisi alur perahu masih bagus. Masyarakat menarik perahu ces melintasi *drainpile* dengan mudah. Dokumentasi kedua dilakukan pada tanggal 27 Agustus 2015. Terlihat alur perahu rusak dan tidak dapat digunakan. Masyarakat melintasi *drainpile* dengan cara mengangkat perahu melalui saluran pelimpas.

Dokumentasi ketiga dilakukan pada tanggal 19 Februari 2016. Alur perahu sudah diperbaiki oleh pihak BWS Kalimantan II, dan mengganti bahan alur perahu yang semula menggunakan bahan *stainless steel* menjadi menggunakan pipa *PVC* yang diisi dengan beton. Selain perbaikan alur perahu, perbaikan lain yang dilakukan adalah perbaikan-perbaikan kecil pada tubuh *drainpile* yang rusak minor dan pengecatan ulang. Dokumentasi keempat dilakukan pada tanggal 08 Juli 2017. Alur perahu yang telah diperbaiki pada tahun 2016 masih berfungsi. Cat *drainpile* sudah mulai pudar kembali. Pohon dan semak disekitar *drainpile* sudah tumbuh semakin banyak.



Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat, desain alur perahu merupakan bagian yang paling banyak mendapat masukan, yaitu sebanyak 18 dari 50 responden memberi masukan terkait dengan desain alur perahu. Masyarakat menilai desain alur perahu terlalu curam, sehingga ketika musim kemarau dan air surut, sulit untuk dilewati perahu. Masukan lain adalah terkait dengan tidak bekerja maksimalnya mekanisme pipa *rolling* pada alur perahu.

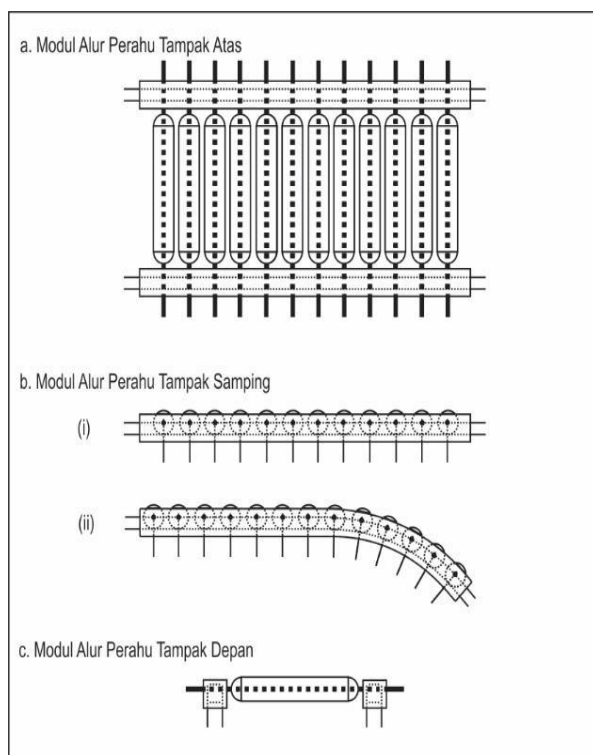
Berdasarkan pengamatan di lapangan terhadap kondisi alur perahu, diperlukan perbaikan desain dan metode konstruksi dikarenakan kondisi desain dan konstruksi saat ini memiliki beberapa kelemahan. Pada Gambar 12 di bawah ini disajikan kondisi alur perahu dan beberapa kelemahan yang perlu diperbaiki. Terkait dengan kemiringan alur perahu yang dianggap terlalu curam, memang disengaja didesain demikian agar alur perahu lebih sulit dilewati ketika musim kemarau. Hal ini dilakukan guna membatasi akses masyarakat ke lokasi lahan gambut pada musim kemarau yang bisa berpotensi menyebabkan kebakaran lahan. Pada Gambar 10a terlihat kondisi landasan alur perahu kurang beraturan, bahkan ada pipa *rolling* yang hilang. Pada Gambar 10b terlihat lebih detail kerusakan pada pipa *rolling*. Kerusakan terjadi akibat beton tidak terisi penuh dalam pipa dan akibat beban perahu. Pada Gambar 10c terdapat kesalahan konstruksi di lapangan, yaitu besi poros tidak berada di tengah pipa *rolling*. Hal ini menyebabkan perbedaan pusat massa sehingga pipa *rolling* susah untuk berputar. Pada Gambar 10d pipa *rolling* terlihat rapi. Poros tepat berada di tengah, namun

dengan desain seperti ini maka pada titik pertemuan antara pipa dengan beton samping rentan terhadap gesekan yang menghambat perputaran pipa. Ukuran poros yang menggunakan batang baja diameternya juga terlalu kecil (diameter 12mm), sehingga dimungkinkan akan melengkung jika menerima beban terlalu berat.



Gambar 10 Kondisi landasan alur perahu

Berdasarkan pengamatan di atas, maka desain dan metode konstruksi alur perahu perlu diperbaiki atau disempurnakan. Perbaikan yang diusulkan adalah landasan alur perahu dibuat menggunakan metode modular menggunakan beton pracetak sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 11 balok pracetak memiliki kelebihan dibandingkan dengan balok konvensional diantaranya pengendalian mutu, waktu pelaksanaan yang lebih singkat, biaya yang lebih ekonomis, dan pengaruh cuaca dapat diminimalkan (Sianturi, 2012).



Gambar 11 Konsep desain alur perahu menggunakan sistem modular

Dengan sistem modular ini, alur perahu dibuat di pabrik dalam 2 jenis modul, yaitu modul berbentuk lurus dan lengkung sesuai dengan geometri alur perahu yang berbentuk parabola. Penyempurnaan pada detail pipa *rolling* terdapat pada ujung-ujung pipa *rolling* yang semula berbentuk datar, menjadi berbentuk setengah bola. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi bidang gesek antara pipa *rolling* dengan rangka beton. Penyempurnaan selanjutnya adalah pada poros pipa *rolling*, yang semula hanya menggunakan besi baja dengan diameter 12mm, diusulkan diganti menjadi *stainless steel* dengan diameter 22mm. Pipa *Rolling* tetap menggunakan bahan pipa PVC dengan isian beton karena sudah terbukti kuat dan aman dari vandalisme. Dengan sistem pracetak, diharapkan kualitas beton isian terjaga dan mengisi pipa secara penuh tidak berongga kecuali pada bagian poros.

KESIMPULAN

Evaluasi desain *drainpile* dilakukan pada tiap bagian dari *drainpile* melalui observasi kondisi *drainpile* di lapangan dipadukan dengan analisis terhadap kinerja *drainpile* dan dengan mempertimbangkan saran/masukan dari masyarakat. Saran/masukan masyarakat paling banyak adalah terkait dengan perbaikan desain alur perahu. Berdasarkan hasil studi, diperoleh informasi bahwa *drainpile* dapat berfungsi dengan baik untuk membendung aliran dan meninggikan

muka air namun masih perlu dilakukan penyempurnaan desain.

Pada bagian fondasi, desain yang digunakan adalah fondasi cerucuk galam dan telah terbukti dapat berfungsi dengan baik sehingga tidak memerlukan perbaikan desain. Pada bagian tubuh *drainpile* penyempurnaan desain yang disarankan adalah pemasangan reflektor cahaya yang berfungsi untuk membantu penerangan pada malam hari. Pada bagian sayap, terdapat kebocoran pada sambungan dengan tubuh *drainpile* sehingga memerlukan perbaikan desain, yaitu diusulkan agar tonjolan antara tubuh dan sayap *drainpile* dihilangkan dan dibuat desain menyatu tanpa tonjolan. Pada bagian pelimpas, tidak perlu dilakukan perbaikan desain karena desain pelimpas kombinasi pelimpas tetap dan skot balok terbukti mampu menahan tekanan air sesuai rencana. Pada bagian alur perahu, desain dan metode konstruksi perlu diperbaiki atau disempurnakan. Perbaikan yang diusulkan adalah landasan alur perahu dibuat menggunakan metode modular menggunakan beton pracetak.

Beberapa hal yang menjadi rekomendasi adalah perbaikan desain *drainpile* sesuai dengan hasil kajian ini dan penerapan *drainpile* pada kanal-kanal lain agar menjadi suatu sistem tata air yang ideal. Dengan perbaikan desain diharapkan akan diperoleh sekat kanal tipe *drainpile* yang lebih baik sehingga lebih bermanfaat untuk masyarakat dan ekosistem gambut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Rawa, Pusat Litbang Sumber Daya Air, Badan litbang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat atas ijin penggunaan informasi, data serta bahan-bahan, Cahyo Rahmat Nugroho, Ir. L. Budi Triardi, Dipl HE dan kepada seluruh *Tim Kegiatan Pengendalian Drainase Gambut di Kawasan Penyangga Budidaya Terbatas dan Tim Kegiatan Penyusunan Pedoman Pengembangan Lahan Gambut untuk Pertanian di Indonesia yang Berkelanjutan* serta semua pihak yang telah mendukung sehingga makalah ini dapat tersusun.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kemdikbud, 2017. *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)*.<https://kbbi.web.id/kinerja> [diakses pada tanggal 14 September 2017].
- Badan Pusat Statistik, 2015. *Mantangai Dalam Angka 2015*. Kapuas: Badan Pusat Statistik Kabupaten Kapuas.

- Balai Rawa, Puslitbang SDA, 2014. *Laporan Akhir Penelitian Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Daerah Rawa*. Banjarmasin: Balai Rawa.
- Dhiaksa, Arif dan Gangga Sotyadarpita, 2016. Tingkat Kepuasan Masyarakat Terhadap Penerapan Teknologi *Drainpile* di Sei Ahas Kalimantan Tengah, *disajikan pada Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air 2016*, 17 September 2016, Cimahi.
- Gay, L. R., & Diehl, P. L dalam Sukardi, 2008. *Metodologi Penelitian Pendidikan, Kompetensi dan Praktiknya*. Jakarta:PT. Bumi Aksara.
- Gough, R., Holliman, P. J., Fenner, N., Peacock, Mike, Freeman, Christopher, 2016. Influence of WaterTable Depth on Pore Water Chemistry and Trihalomethane Formation Potential in Peatlands, *Water Environment Research*, Vol. 88 (2) : 107-117.
- HA, Abdul Haris, 2015. Studi perbandingan pondasi batu kali, pondasi *Strauss* dan pondasi plat setempat rumah tinggal 2 Lantai tipe 85/72 dilihat dari biaya, waktu, dan Metode pelaksanaan, disajikan pada *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 13 Oktober 2015, Surabaya.
- Kalimantan Forests and Climate Partnership (KFCP), 2009. *Strategic Peatland Rehabilitation Plan for Block A (North-West) in the Ex-Mega Rice Project Area, Project No: IFCI-C0011*, Central Kalimantan.
- Lutfiati, Evi, 2015. *BMKG: Puncak Kemarau Agustus*.<http://www.republika.co.id/berita/koran/halaman-1/15/07/08/nr5hsg-bmkg-puncak-kemarau-agustus> [diakses pada tanggal 14 September 2017].
- Najiyati, S., Agus Asmana, I Nyoman N. Suryadiputra. 2005. *Pemberdayaan Masyarakat di Lahan Gambut*. Proyek *Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Noor, Y.R. dan J. Heyde. 2007. *Pengelolaan Lahan Gambut Berbasis Masyarakat di Indonesia*. Proyek *Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi dan Lingkungan, 2013. *Pengembangan Potensi Rawa Berbasis Daya Dukung Masyarakat dan Lingkungan*, Laporan Akhir, 2434.001.001.007.E.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2017. *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air 2016*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.
- QH., Dian Verdiana, 2016. *Pengelolaan Terpadu Kawasan Eks Pengembangan Lahan Gambut 1 Juta Hektar di Kalimantan Tengah, Gema Wiralodra*, Vol. VI (8) ISSN: 1693-7945.
- Sianturi, Novdin M., 2012. Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak pada Pembangunan Gedung, *Jurnal Rancang Sipil*, Vol.1(1):10-20.
- Suroso, Harimurti dan Harsono, M., 2008. Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (*Soft Clay*), Menggunakan Cerucuk dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol.2(1): 47-61 ISSN 1978 – 5658.
- Suryadiputra, I N.N., Alue Dohong, Roh, S.B. Waspodo, Lili Muslihat, Irwansyah R. Lubis, Ferry Hasudungan, dan Iwan T.C. Wibisono. 2005. *Panduan Penyekatan Parit dan Saluran di Lahan Gambut Bersama Masyarakat*. Proyek *Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.