

KLANTE BETON, BANGUNAN PENGENDALI PENYEBARAN ECENG GONDOK DI RAWA PENING YANG BERFUNGSI SEBAGAI JEMBATAN PENGHUBUNG ANTAR KECAMATAN

Widayat Amariansah *)

ABSTRAK

Waduk **Rawapening** seluas 2770 ha yang terletak di Kabupaten Semarang, merupakan sumberdaya alam yang dimanfaatkan potensinya untuk irigasi, PLTA Jelok-Timo, air baku, perikanan, pariwisata, produksi humus, kerajinan tangan dan pengendalian banjir. Keberadaan Rawa Pening juga menunjang pengembangan segitiga emas Joglosemar, yang selaras dengan penetapan Rawa Pening sebagai obyek wisata nasional sesuai Kesepakatan Bali tentang Pengelolaan Danau Berkelanjutan pada 13 Agustus 2009 yang ditandatangani 9 kementerian. Saat ini Rawapening mengalami problem serius tentang pertumbuhan **eceng gondok** yang tak terkendali sehingga luas permukaan air menyusut hingga 30%. Kondisi ini tidak hanya mengurangi suplai debit irigasi, PLTA dan air baku tapi juga menimbulkan banjir rutin di bagian hulu Rawapening dan kematian ratusan ton ikan keramba apung setiap tahun karena terjadi pendangkalan rawa akibat pembusukan eceng gondok yang kekurangan O₂ dan sinar matahari. Jika kondisi ini dibiarkan, PSPK UKSW (2010) memprediksikan sebagian besar Rawapening akan menjadi daratan tahun 2020. Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah untuk mengatasinya adalah membuat **klante** beton untuk menyaring dan mengendalikan pertumbuhan eceng gondok sehingga gulma tersebut tidak mengalir ke Sungai Tuntang. Eceng gondok yang tertahan di klante akan dibersihkan secara mekanis dengan *amphibious cutter tractor* untuk kemudian dimanfaatkan limbahnya oleh penduduk sebagai bahan baku kompos, kerajinan tangan, biogas dan sebagainya.

Kata kunci : Rawapening, eceng gondok, klante

PENDAHULUAN

Waduk Rawapening secara administrasi pemerintahan terletak di Kecamatan Bawen, Tuntang, Banyubiru dan Ambarawa, Kabupaten Semarang pada koordinat 110° 24' - 110° 26' BT dan 7°15' - 7° 18' LS serta berada pada ketinggian + 450,00 s/d + 470,00 meter di atas permukaan laut, dengan kemiringan

*) Jurusan Teknik Sipil Fak Teknik Universitas Pandanaran

lahan 0-65%. Menurut geologist *J. Van Bemellen*, Rawapening merupakan cekungan danau *tektonik* yang terjadi dari peristiwa tektonik gravitasi yaitu pergeseran akibat gaya berat yang mengakibatkan Gunung Telomoyo Purba yang dikenal sebagai Gunung Soropati sobek dan menghasilkan sesar Klegung yang sekarang sudah tidak aktif lagi. Pada masa pra sejarah, sisi timur Gunung Soropati bergeser ke arah timur laut sehingga daerah antara Gunung Telomoyo dan Pegunungan Payungrong mengalami *depresi* dan bagian kaki dasarnya patah dan terlipat, membentuk cekungan yang terisi air hujan dan menghasilkan banyak mata air dari patahan *aquifer*. Cekungan inilah yang dikenal sebagai **Rawapening** dan menjadi sumber air utama **Sungai Tuntang** yang bermuara ke Laut Jawa. Pada tahun 1921-1923, Pemerintah Hindia Belanda membendung aliran air yang keluar dari Rawapening dengan membangun Bendung Gerak Jelok (lebar 43,25 m dengan 6 pintu radial) pada bagian hulu Sungai Tuntang untuk dialirkan ke turbin PLTA Jelok dan Timo yang berkapasitas 25 MW (Damar Kumala, 2010).

Secara geologi regional, Sub DAS Rawapening tersusun dari batuan sedimen dan vulkanik yang tersusun dari aluvial, breksi dan endesit. Di area ini tidak banyak ditemukan struktur geologi yang tegas maupun yang diperkirakan, baik yang berbentuk lipatan, sesar dan kekar. Sebagian besar struktur lipatan mempunyai arah utara-selatan dan sisanya berarah barat daya-timur laut. Letak sumbu *antiklin* dan *sinklin* hampir sejajar dan terpotong oleh beberapa sesar kecil. Sesar yang dijumpai umumnya sesar naik, sesar geser jurus dan sesar turun. Sedangkan struktur kekar yang dijumpai di beberapa tempat saling memotong tegak lurus, sebagian menunjukkan rekahan terbuka dan sebagian lainnya tertutup.

Secara geohidrologi, Sub DAS Rawapening terdiri atas 2 kelompok akuifer. Kelompok pertama yaitu akuifer batuan gunung api yang mempunyai sistem aliran melalui rongga antar butir dan rekahan yang dijumpai di G.Merbabu dan G.Telomoyo dengan *stratigrafi* yang tersusun dari lava *andesit*, *basalt*, *tuff* dan *breksi*. Kelulusan akuifer ini tergolong rendah sampai sedang dan dijumpai pada kedalaman 25-100 m di bawah muka tanah. Sebaran kelompok ini pada daerah hulu Rawapening dengan kualitas air yang bersih, jernih dan kadar kesadahan rendah, mempunyai tingkat keterusan 4,20-35,60 m²/hari, kelulusan 5,20-388,80

m/hari dan debit jenis 0,80-6,90 liter/detik/m. Kelompok ke dua adalah akuifer endapan aluvial yang mempunyai sistem aliran melalui rongga antar butir kerakal, kerikil, pasir dan lanau. Sebaran kelompok ini pada daerah dataran di sekitar Rawapening dengan tingkat keterusan 1,30-22,60 m²/hari, kelulusan 1,50-16,70 m/hari dan debit jenis 0,70-4,80 liter/detik/m (Geomas Matra Perdana, 2004).

Secara geoteknik, jenis tanah di bagian tengah Rawapening yang menjadi alur pelayaran perahu didominasi lempung organik hitam lunak-sangat lunak pada kedalaman 0-10 m, dengan nilai konus 0-3 kg/cm², total friction 0-270 kg/cm dan nilai SPT 1-50. Lapisan pasir kerakalan diselingi pasir coklat kehitaman padat ditemukan pada kedalaman 10-20 m, dengan nilai konus 3-250 kg/cm², total friction 270-382 kg/cm dan nilai SPT >50. Sedangkan jenis tanah di bagian tepi/bantaran Rawapening didominasi lempung dan pasir kelempungan lunak-padat dari kedalaman 0-10 m, dengan nilai konus 0-9 kg/cm², total friction 0-410 kg/cm dan nilai SPT 1-24. Setelah itu ditemukan lapisan pasir kerakalan diselingi lensa batulempung dan breksi pada kedalaman 10-30 m, dengan nilai konus 9-250 kg/cm², total friction 410-1212 kg/cm dan nilai SPT 24-50 (Sigma Tiga, 2010).

Secara klimatologi, Sub DAS Rawapening sepanjang tahun 1999-2009 mempunyai suhu udara 22-33°C, kelembaban 68-87%, tekanan udara 1,0076-1,0101 bar/bulan, lama penyinaran matahari 108-261 jam/bulan (36-93% per bulan), kecepatan angin (3-30 knot), arah angin 180-320° U, penguapan 128-176 mm/bulan, curah hujan 0-474 mm/bulan, jumlah hari hujan 0-22 hari/bulan (BMKG Semarang, 2010). Dari aspek hidrologi dapat diketahui bahwa berdasarkan analisis hujan pada 4 stasiun yang berpengaruh yaitu Rawapening, Bawen, Ambarawa dan Candi Dukuh, diperoleh debit banjir rencana $Q_2 = 132$ m³/det, $Q_5 = 181$ m³/det, $Q_{10} = 215$ m³/det, $Q_{25} = 262$ m³/det, $Q_{50} = 278$ m³/det dan $Q_{100} = 296$ m³/det (Damar Kumala, 2010). Debit banjir ini berasal dari 9 anak sungai perenial dominan yang ada di Sub DAS Rawapening yang bersifat radial sentripetal artinya arah aliran menuju satu outlet yaitu Rawapening. Ke sembilan anak sungai tersebut adalah yaitu Sungai Ngreco, Panjang, Torong, Galeh, Legi, Parat, Sraten,

Muncul dan Tapen. Sejumlah mata air terdapat di dasar Rawapening dan bagian hulunya sebagaimana tabel berikut (Dinas PSDA Provinsi Jawa Tengah, 2008 dan PDAM Kabupaten Semarang, 2006).

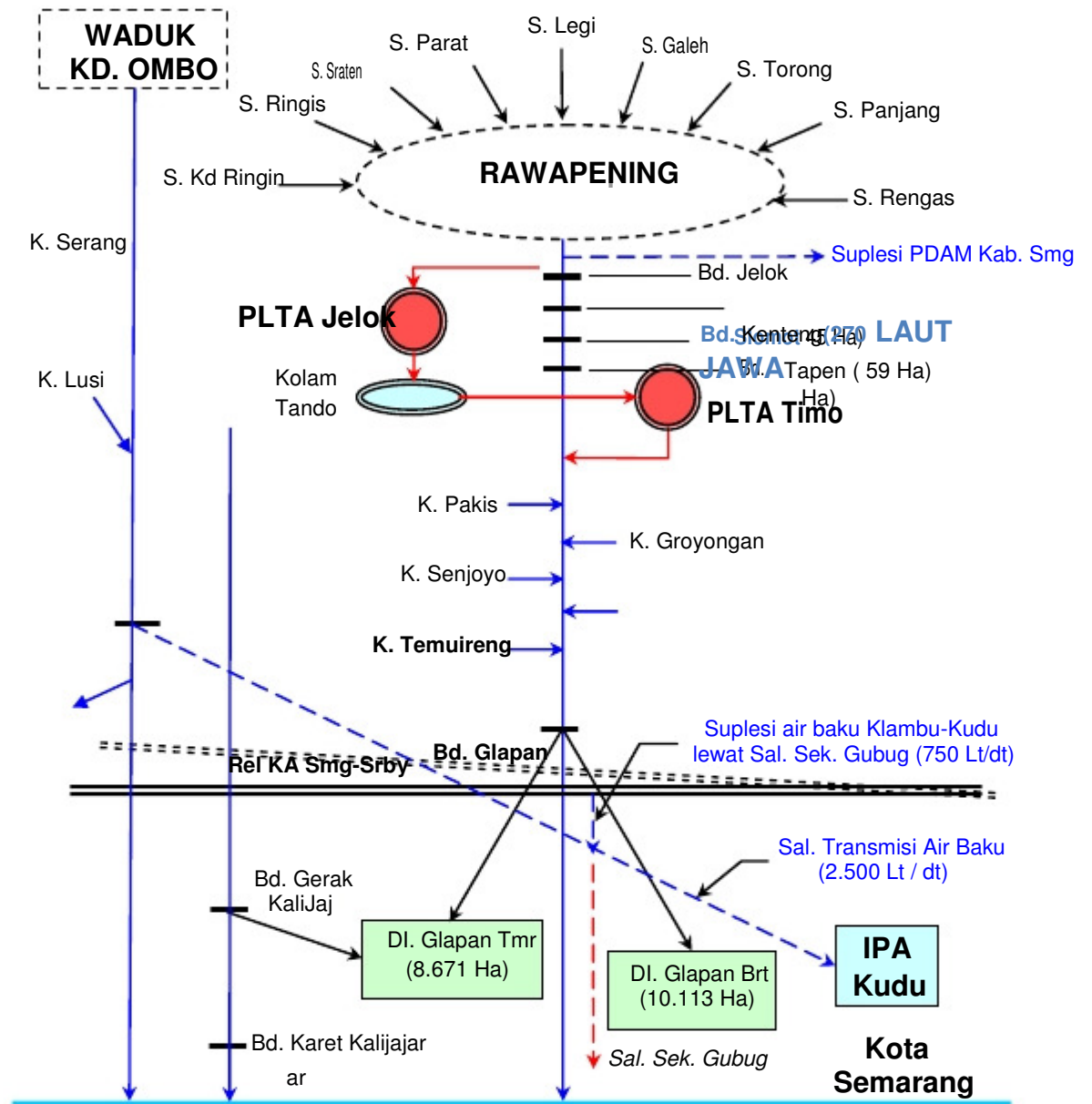
Tabel 1. Mata Air di Sub DAS Rawapening

No.	Nama		Lokasi		Debit Air (Lt/dt)	Pemanfaatan
	Mata Air	Desa	Kecamatan	Kabupaten		
1	Jeporo	Kemambang	Banyubiru	Semarang	3.00	PDAM
2	Grenjengan	Kemambang	Banyubiru	Semarang	3.00	PDAM
3	Rekesan	Duren	Ambarawa	Semarang	3.00	PDAM
4	Legowo	Duren	Ambarawa	Semarang	2.00	PDAM
5	Kawalan	Sumowono	Sumowono	Semarang	1.00	PDAM
6	Kalibening	Kebondalem	Jambu	Semarang	4.00	PDAM
7	Kalidoh	Lodoyong	Ambarawa	Semarang	2.00	PDAM
8	Tuk Dandang	Kopeng	Getasan	Semarang	7.00	PDAM
9	Tuk Songo	Kopeng	Getasan	Semarang	8.00	PDAM
10	Kalitaman	Kauman	Sidorejo	Salatiga	10.00	PDAM
11	Kali Trowong	Delik	Tuntang	Semarang	6.60	PDAM
12	Pening	Kebondowo	Banyubiru	Semarang	7,500.00	Rawapening
13	Muncul	Rowoboni	Banyubiru	Semarang	3,000.00	Irigasi, Wisata
14	Ngreco	Kesongo	Tuntang	Semarang	250.00	Irigasi, PDAM
Jumlah					10,799.60	

PEMBAHASAN

Waduk Rawapening selama ini dimanfaatkan potensinya secara multi guna untuk irigasi (19.158 ha); PLTA Jelok-Timo (25 MW); air baku rumah tangga, perkotaan dan industri (250 l/det), perikanan, pariwisata, produksi humus, kerajinan tangan dan pengendalian banjir. Akibat pemanfaatan oleh multi user tersebut, maka tanpa disadari dan tidak disengaja terjadi konflik kepentingan antara satu sektor dengan lainnya yang menyebabkan penurunan daya dukung waduk sebagai penyangga kehidupan masyarakat. Pembukaan lahan hutan/perkebunan pada daerah tangkapan air untuk memenuhi kebutuhan hidup penduduk dan kegiatan komersial, menimbulkan erosi percik, peningkatan aliran permukaan dan penumpukan sedimen di Rawapening. Pendangkalan ini menjadi problem yang serius karena menimbulkan dampak ikutan yang besar antara lain :

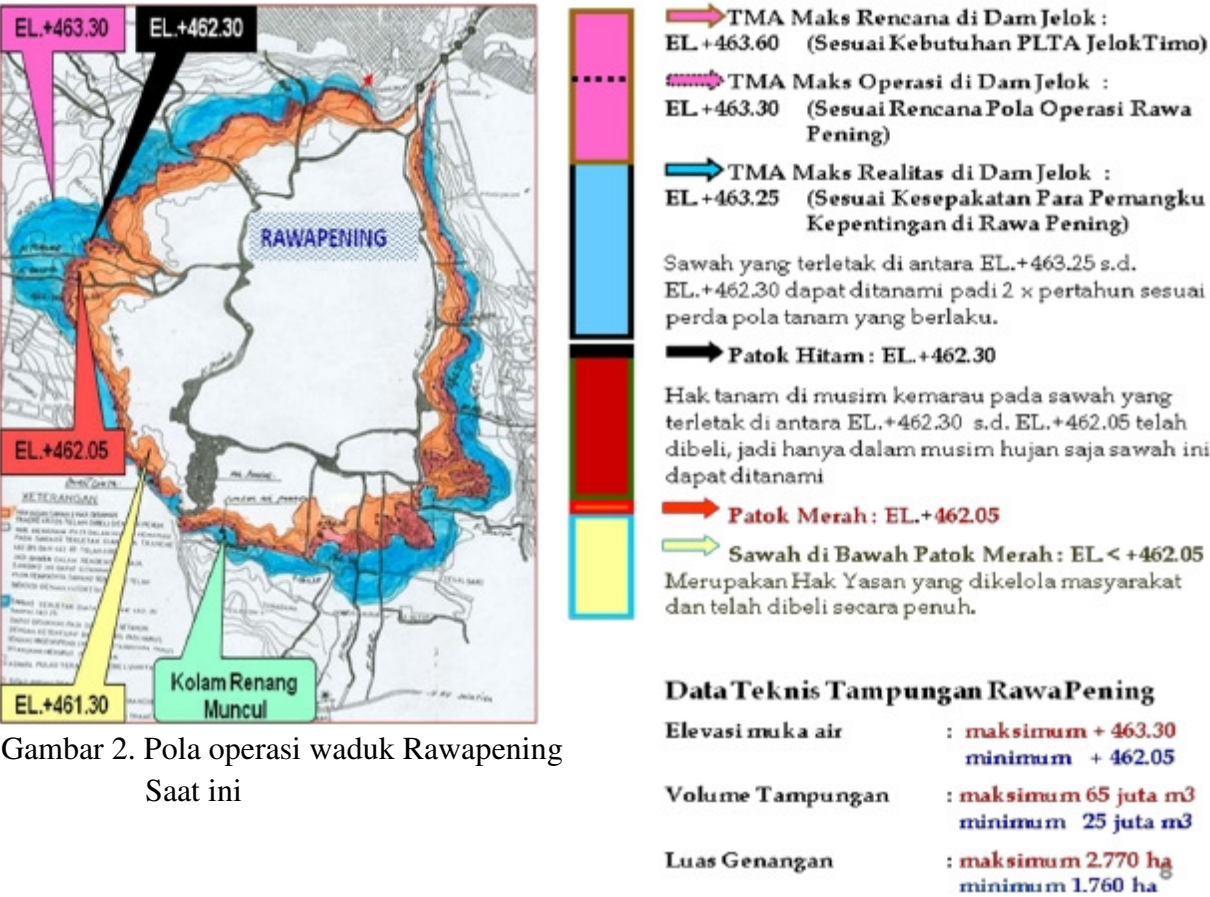
- 1). Penurunan kapasitas waduk sehingga mengganggu suplai untuk air irigasi, air baku RKI, PLTA.
- 2). Percepatan pendangkalan waduk yang menyebabkan penurunan produktivitas ikan air tawar secara signifikan.
- 3). Peningkatan potensi banjir di wilayah sekeliling waduk jika pintu Bendung Jelok sering ditutup untuk mencegah banjir kiriman ke hilir S. Tuntang. Demikian pula sebaliknya jika pintu Bendung Jelok sering dibuka untuk mengalirkan kelebihan air waduk yang melebihi daya tampungnya, maka daerah hilir S. Tuntang akan mendapat banjir kiriman.
- 4). Pertumbuhan eceng gondok sebagai gulma air yang tak terkendali mengancam perubahan ekosistem Rawapening dan mempercepat laju pendangkalan waduk akibat pembusukan eceng gondok yang kekurangan O₂ dan sinar matahari. Selain itu eceng gondok ini juga akan menyumbat Kanal Tuntang di bagian outlet Rawapening sehingga mengganggu suplai air irigasi, PLTA Jelok Timo dan IPA Sarana Tirta Ungaran.



Gambar 1. Skema Pemanfaatan Air Rawapening

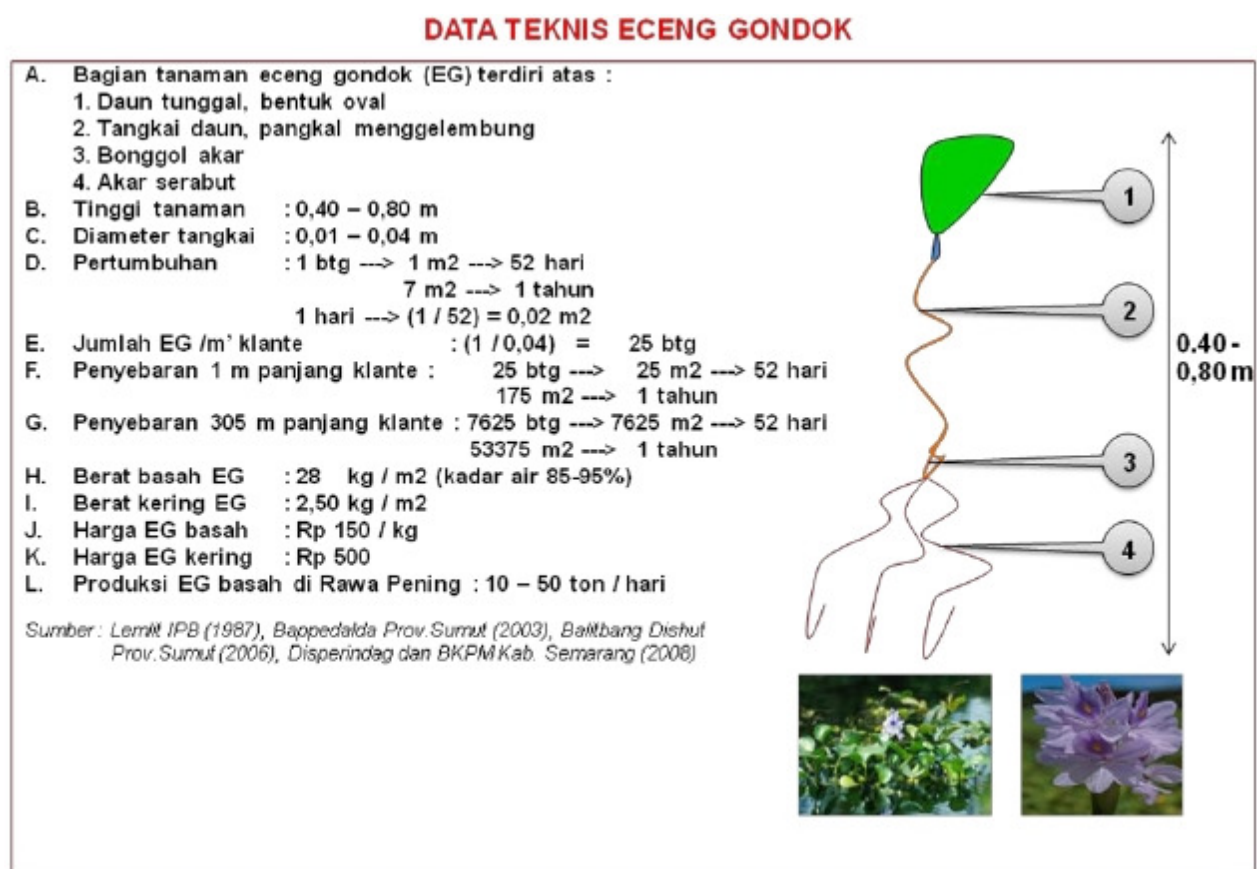
Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa **masalah pokok di Rawapening dan bagian outletnya adalah pertumbuhan eceng gondok (*eichhornia crassipes*) sebagai gulma air yang tak terkendali**. Menurut penelitian Lemlit IPB (1987), Bappedalda Provinsi Sumut (2003) dan Balitbang Dishut Provinsi Sumut (2006); 1 batang eceng gondok dalam waktu 52 hari dapat menghasilkan tanaman baru seluas 1 m² (*Majalah Ruang edisi Juni 2006*). Berdasarkan pengamatan citra foto udara Google pada Juni 2007, pertumbuhan

eceng gondok menyebabkan luas permukaan air Rawapening yang seluas 2770 ha menyusut hingga 30%. Jika kondisi ini dibiarkan dan ditambah potensi sedimentasi dari luruhan material sub DAS Rawa Pening di daerah hulu sebesar 778 ton/tahun, maka PSPK UKSW (2010) memprediksikan sebagian besar Rawa Pening akan menjadi daratan tahun 2020. Berbagai upaya telah dilakukan pemerintah dan masyarakat antara lain dengan membuat *klante* bambu non permanen setiap tahun yang menelan biaya minimal Rp 50 juta, namun tidak bertahan lama sehingga eceng gondok selalu memenuhi Kanal Tuntang (*blocking*) dan menghambat aliran air. Akibatnya terjadi pengempangan dan banjir rutin tahunan ke daerah hulu di kecamatan Tuntang, Banyubiru dan Ambarawa. Apalagi pola pengoperasian muka air waduk Rawapening sudah dibatasi oleh adanya kesepakatan bersama dengan penduduk setempat yang didukung [Perda Provinsi Jawa Tengah no.11/2004](#) tentang garis sempadan dan pengaturan bangunan yang menghadap ke perairan Rawapening serta Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan Rawapening (RTBL), 2007.



Gambar 2. Pola operasi waduk Rawapening Saat ini

Eceng gondok masuk ke Indonesia dari Brazil sekitar tahun 1894 untuk menghias Kebon Raya Bogor (*Majalah Ruang edisi Juni 2006*). Eceng gondok tumbuh di kolam, tanah basah, rawa, aliran air yang lambat, tempat penampungan air dan sungai. Tumbuhan ini dapat mentolerir perubahan yang ekstrim dari ketinggian air, laju air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur dan racun dalam air. Kecepatan pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh air yang mengandung nutrisi tinggi seperti **nitrogen**, **fosfat** dan **potasium** (FAO,2002). Kenaikan kandungan garam secara alami di musim kemarau dapat menghambat pertumbuhan eceng gondok, sebagai penyeimbang pertumbuhan eceng gondok di musim hujan.



Gambar 3. Data teknis eceng gondok

Akibat negatif yang ditimbulkan keberadaan eceng gondok antara lain :

- Meningkatkan evapotranspirasi (penguapan dan hilangnya air melalui daun tanaman), karena daunnya yang lebar dan pertumbuhannya yang cepat.
- Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan turunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO: Dissolved Oxygens).
- Eceng gondok yang sudah mati akan turun ke dasar perairan sehingga mempercepat terjadinya proses pendangkalan.
- Mengganggu lalu lintas air.
- Meningkatkan habitat vektor penyakit pada manusia.
- Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

Meskipun menimbulkan dampak negatif, eceng gondok juga berdampak positif terhadap masyarakat sekitarnya karena seluruh bagian tubuhnya dapat dimanfaatkan untuk menambah penghasilan penduduk dan mengoptimalkan biaya O dan P waduk. Beberapa manfaat positif eceng gondok adalah sebagai bahan baku kerajinan tangan, kompos/humus, pupuk organik, kertas seni dan biogas.

Beberapa tindakan pengendalian pertumbuhan eceng gondok yang pernah dilakukan antara lain:

- Menggunakan herbisida
- Mengangkat eceng gondok tersebut secara langsung dari lingkungan perairan
- Menggunakan hewan sebagai pemakan eceng gondok antara lain ikan grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) atau ikan koan yang memakan akar eceng gondok seperti yang pernah dilakukan di Danau Kerinci.
- Memanfaatkan eceng gondok sebagai bahan pembuatan kertas, kompos, biogas, perabotan rumah tangga, kerajinan tangan, media pertumbuhan bagi jamur merang, campuran pakan ternak, bahan penyerap/membersihkan olutan logam berat (besi, seng, tembaga, air raksa) dan residu pestisida (Otto Soemarwoto, dkk, 1980; Widyanto, dkk, 1987).

Dari sejumlah cara di atas, sampai sekarang belum ditemukan metoda yang betul-betul cocok untuk mengendalikan pertumbuhan gulma yang tidak terkontrol tersebut.

Untuk memecahkan masalah tersebut, Dinas PSDA Provinsi Jawa Tengah akan menerapkan *sistem pengendalian penyebaran dan pertumbuhan eceng gondok* yang bertujuan :

- a. Menahan laju aliran eceng gondok yang dapat menyumbat Kanal Tuntang.
- b. Menciptakan lingkungan yang bersih, rapi, tertib dan nyaman di outlet Rawa Pening sehingga layak dijadikan obyek wisata nasional.
- c. Menjaga kesinambungan dan kebersihan suplai air untuk irigasi, PLTA Jelok Timo, air baku dan perikanan tanpa mengganggu pelaku aktifitas transportasi air, petani humus dan kerajinan tangan serta tidak mengakibatkan banjir di hulu akibat *blocking* eceng gondok.
- d. Menciptakan peluang kerja lebih banyak dan meningkatkan PADS pemerintah.

Sistem pengendalian penyebaran eceng gondok dilakukan dengan membuat bangunan permanen penahan laju eceng gondok di bagian outlet Rawapening agar gulma air ini tidak mengalir dan memenuhi Kanal Tuntang namun juga tidak menimbulkan penyumbatan aliran air atau *blocking* yang dapat menyebabkan genangan air balik ke arah hulu Rawapening. Bangunan ini oleh penduduk setempat disebut *klante* yang berarti pagar sesuai fungsinya untuk menahan dan memisahkan eceng gondok dari permukaan air yang bersih.

Sistem pengendalian pertumbuhan eceng gondok dilakukan secara mekanis dengan metoda jemput bola artinya koloni eceng gondok aktif dibersihkan tidak hanya yang tertahan di klante tapi juga sampai ke bagian hulu perairan Rawapening tanpa menunggu koloni tersebut mengalir sampai klante. Pola operasinya menggunakan alat pemanen eceng gondok amfibi (amphibious cutter tractor/ACT) yang akan mengambil eceng gondok di rawa kemudian dimasukkan ke tongkang bermotor dan diangkut ke dermaga eceng gondok/TPS yang sudah disediakan.

Pembongkaran eceng gondok dari tongkang ke TPS dan pemuatannya dari TPS ke truk dilakukan oleh mobile crane/loader yang sudah disiapkan di dermaga eceng gondok. Alat pemanen eceng gondok amfibi ini mempunyai alat penggerak berupa rantai baja sehingga dapat berjalan di air, lumpur dan tanah serta dapat diangkut ke tempat lain (mobile). Alat ini akan memotong dan memeras eceng gondok dengan dilengkapi *conveyor belt* untuk mengangkut potongan eceng gondok ke tongkang bermotor yang berada di belakangnya. Kecepatan amfibi ini sekitar 50 m/menit atau 3 km/jam dengan produksi pembersihan eceng gondok dalam kondisi normal adalah 36000 m²/hari (0,45 ha/jam) atau maksimum 48000 m²/hari (0,6 ha/jam). Tongkang bermotor yang berkapasitas 8 ton berfungsi mengangkut eceng gondok yang sudah dimasukkan dalam kantong berjaring polyester dari ACT ke dermaga eceng gondok/TPS. Mobile crane/loader akan disiapkan di dermaga eceng gondok untuk mengambil eceng gondok yang diangkut tongkang bermotor ke TPS dan memuat eceng gondok dari TPS ke truk untuk kemudian diangkut ke TPA. Alat ini menggunakan kait/hook untuk mengangkat kantong polyester yang berisi eceng gondok basah ke TPS dan dapat diganti bucket untuk memuat humus dari TPS ke truk.

Bangunan klante permanen terbuat dari konstruksi portal beton setinggi 3,80 m dari dasar rawa yang dibangun menyeberangi Rawa Pening sepanjang 330 m. Struktur portal ini terdiri atas plat lantai, balok ring, kolom, sloof dan tiang pancang persegi. Bagian atas portal berupa plat beton setebal 12 cm, dibuat selebar 2 m sehingga mirip konstruksi jembatan yang dapat dilalui pejalan kaki dan kendaraan roda 2 bertonase maksimum 1 ton secara leluasa. Di bagian tengah klante ada 2 jembatan pelengkung dari baja komposit selebar 25 m untuk lalu lintas perahu humus dan wisata air. Untuk fasilitas penerangannya, dipasang steel pole lampu mercury 100 W setiap jarak 50 m, sedangkan di antara 2 steel pole dipasang lampu hias antik dari logam 2@10 W untuk memberi kesan artistik. Pemasangan lampu ini dimaksudkan sebagai rambu navigasi untuk menghindari tumbukan perahu dengan klante pada saat perairan Rawapening diselimuti kabut. Bangunan klante ini akan menghubungkan dusun Sumurup, desa Asinan, kecamatan Bawen di sisi barat laut dengan dusun Cikal, desa Tuntang, kecamatan Tuntang di sisi tenggara. Untuk menuju lokasi klante dibuat jalan masuk berkonstruksi lapen

makadam selebar 4 m sejauh 125 m dari jalan lingkar Tuntang-Ambarawa yang sudah ada.

Bangunan klante berfungsi sebagai *screen/filter/saringan* yang mampu menahan laju gulma tapi bersifat lolos air. Klante tidak didesain untuk menahan aliran debris lumpur yang bercampur bebatuan (banjir bandang) karena bukan bangunan pengendali sedimen yang tahan benturan massa dinamis dalam jumlah besar. Oleh sebab itu klante hanya cocok dibangun di perairan yang tenang atau berkecepatan aliran lambat $< 1 \text{ m/det}$ (Suyono dkk, 1985) seperti danau, rawa, waduk atau embung. Tata letak klante mengikuti arah angin dominan yaitu dari timur/tenggara ke barat/barat laut dan menyesuaikan kecepatan angin terbesar yaitu dari timur ke barat. Posisi klante permanen ini menyesuaikan arah klante bambu yang sudah ada karena berdasarkan pengalaman masyarakat setempat sudah dianggap efektif menahan laju eceng gondok ke Kanal Tuntang. Tampak atas klante adalah lurus dari arah barat laut (dusun Sumurup) ke tenggara (dusun Cikal), namun tidak segaris dengan maksud agar eceng gondok sesedikit mungkin yang lolos ke Kanal Tuntang tapi tidak menyebabkan *blocking* maupun mengganggu transportasi air.

Rancangan tata letak dan dimensi klante adalah sebagai berikut :

- a. Panjang klante : - Bagian ***kiri*** di sisi dusun Sumurup (barat laut) = 110 m ...(a)
- Lobang bukaan sisi kiri (utama) :
- Menyerong ke hulu/longitudinal = 15 m...(b)
 - Menyerong ke samping/lateral = 5m
- Bagian ***tengah*** = 150 m...(c)
- Lobang bukaan sisi kanan (alternatif) :
- Menyerong ke hulu/longitudinal = 10 m...(d)
 - Menyerong ke samping/lateral = 5m
- Bagian ***kanan*** di sisi dusun Cikal (tenggara) = 45 m...(e) +
- Total panjang klante (a + b + c + d + e) = 330 m

- b. Lebar puncak klante : 2m
- c. Tinggi klante : 3.80 m (dari dasar rawa)
- d. Elevasi dasar rawa : + 460.70 (pada alur utama perahu)
- e. Elevasi puncak klante : + 464.50
- f. Jarak antara tiang klante : 5 m (arah lateral) dan 2 m (arah longitudinal)
- g. Kedalaman tiang pancang : bervariasi 10-16 m
- h. Lobang bukaan antar klante dihubungkan dengan jembatan komposit bergelagar baja IWF.

Klante portal beton merupakan struktur kaku yang terdiri atas sejumlah titik simpul yang dihubungkan satu titik dengan lainnya melalui balok ring dan sloof ke arah melintang dan memanjang. Portal ini tersusun dari 3 tingkat pada El. +464.10, +462.50 dan +461.70, kemudian dihubungkan ke bawah melalui tiang pancang beton sampai menembus tanah keras. Perhitungan kestabilannya disimulasi pada bentang terpendek yang searah aliran sungai dengan mempertimbangkan kondisi normal, banjir dan gempa. Koefisien gempa menggunakan data dari Peta Zonasi Gempa Indonesia Kementerian PU edisi Juli 2010 untuk percepatan puncak di batuan dasar Sb dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%) yaitu untuk wilayah Kabupaten Semarang sebesar 0,25 kali g. Adapun gaya horizontal akibat benturan benda hanyutan menggunakan referensi Peraturan Pembebanan Jembatan Jalan Raya dan SNI Krib Tiang Pancang Beton. Sedangkan dimensi dan beban impak perahu menggunakan standar Kementerian Perhubungan dan Kelautan Perikanan. Perencanaan struktur diupayakan memenuhi 4 kriteria :

- a. Efisien dalam biaya
- b. Efektif dalam berat struktur
- c. Optimal dalam waktu dan metoda pelaksanaan
- d. Efisien dalam pengoperasian dan pemeliharaan bangunan.

Hal ini perlu diperhatikan agar memperoleh desain bangunan yang efektif dan dapat dipertanggungjawabkan dari segi *'BMW' (Biaya, Mutu dan Waktu)*.

Adapun kombinasi pembebanan yang bekerja pada struktur klante terdiri dari :

Comb 1 : Pembebanan Tetap :

$$1,2 \text{ DL} + 1,4 \text{ LL} + 1 \text{ HP} + 1 \text{ MP} + 1 \text{ WWF} + 1 \text{ BI} + 1 \text{ WL}$$

Comb 2 : Pembebanan Sementara :

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1 \text{ HP} + 1 \text{ MP} + 1 \text{ WWF} + 1 \text{ BI} + 1 \text{ WL} + 1 \text{ Q}_x + 0,3 \text{ Q}_y$$

Comb 3 : Pembebanan Sementara :

$$1,2 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1 \text{ HP} + 1 \text{ MP} + 1 \text{ WWF} + 1 \text{ BI} + 1 \text{ WL} + 0,3 \text{ Q}_x + 1 \text{ Q}_y$$

Comb 4 : Perhitungan Pondasi :

$$1 \text{ DL} + 1 \text{ LL} + 1 \text{ HP} + 1 \text{ MP} + 1 \text{ WWF} + 1 \text{ BI} + 1 \text{ WL}$$

Berdasarkan analisis struktur dengan SAP 2000, diperoleh diagram M, D, N, T, S untuk menghitung dimensi dan tulangan :

- a. Plat lantai : - Tebal = 0,12 m
 - Tulangan pokok = Ø 10 – 150 (rangkap atas dan bawah)
- b. Balok ring : - Dimensi = 25 x 25 cm²
 - Tulangan pokok = 6 Ø 19
 - Sengkang = Ø 10 – 100
- c. Balok halang: - Dimensi = 25 x 25 cm²
 - Tulangan pokok = 6 Ø 19
 - Sengkang = Ø 10 – 100
- d. Sloof : - Dimensi = 25 x 25 cm²
 - Tulangan pokok = 6 Ø 19
 - Sengkang = Ø 10 – 100
- e. Kolom : - Dimensi = 30 x 30 cm²
 - Tulangan pokok = 12 Ø 16
 - Sengkang = Ø 10 – 150

Dari analisis struktur atas pada kombinasi pembebanan paling kritis yaitu *COMB.4*, *node reaction 26, 311, 322, 410, perpendicular, normal condition* diperoleh besarnya beban yang bekerja pada pondasi sebesar :

Compression (F_{z+}) = 14,44 ton

Lateral (F_x) = 1,10 ton

Tangensial (F_y) = 1,20 ton

Uplift (F_{z-}) = 3,70 ton

M_x = 2,23 tonm

M_y = 0,39 tonm

Dalam perhitungan kestabilan tiang pancang, F_{z+} (compression force) masih ditambah beban tanah urugan platform tiang pancang dan gaya geser negatif.

Adapun hasil analisis tiang pancang sebagai berikut :

- a. Daya dukung tiang tunggal (P) = 52,49 ton (perhitungan sondir)
- b. Efisiensi kelompok tiang (E) = 1,00 (tiang tunggal)
- c. Kuat dukung bahan tiang $K>225$ = 168,08 ton
- d. P aktual termasuk negatif friction = 42,04 ton (kond. normal) < P ---> ok
- e. P aktual termasuk negatif friction = 41,01 ton (kond. gempa) < P ---> ok
- f. FS uplift = 3,05 > 2,00 ---> ok
- g. Defleksi puncak tiang δ = 0,87 cm < δ ijin = 1,91 cm ---> ok
- h. Momen lentur di puncak tiang = 1,63 tm < M_c = 2,67 tm ---> ok
- i. Penurunan segera = 0,30 cm
- j. Penurunan konsolidasi = 1,11 cm
- k. Penurunan total = 1,41 cm (dalam estimasi waktu 50 tahun)

1. FS keruntuhan blok tiang = $2,14 > 1,50$ ---> ok

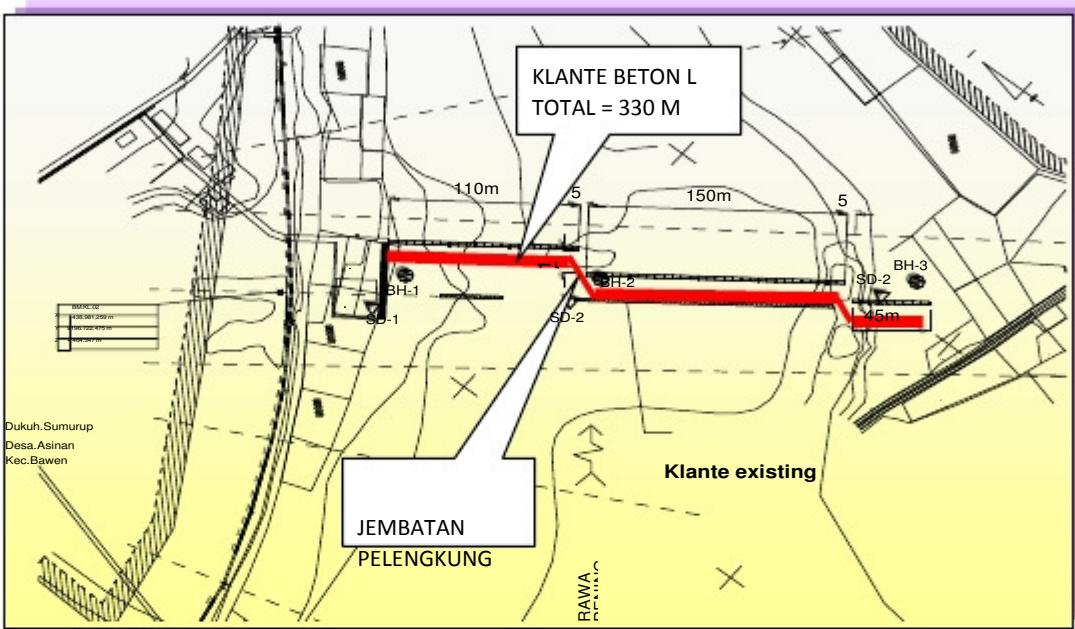
Deskripsi struktur bawah adalah sebagai berikut :

- T. Pancang: - Dimensi = $30 \times 30 \text{ cm}^2$
- Tulangan pokok = PC strand 6 $\varnothing > 12 \text{ mm}$
 - Sengkang = spiral wire $\varnothing > 6 \text{ mm}$
 - Panjang
 - = klante kiri : 10 m dari dasar rawa
 - klante tengah-kiri : 13 m dari dasar rawa
 - klante tengah-kanan : 15 m dari dasar rawa
 - klante kanan : 16 m dari dasar rawa
 - Spasi lateral = 5,00 m
 - Spasi longitudinal = 2,00 m
 - Penyambungan dengan kolom dilakukan pada ketinggian 1 m di atas dasar rawa

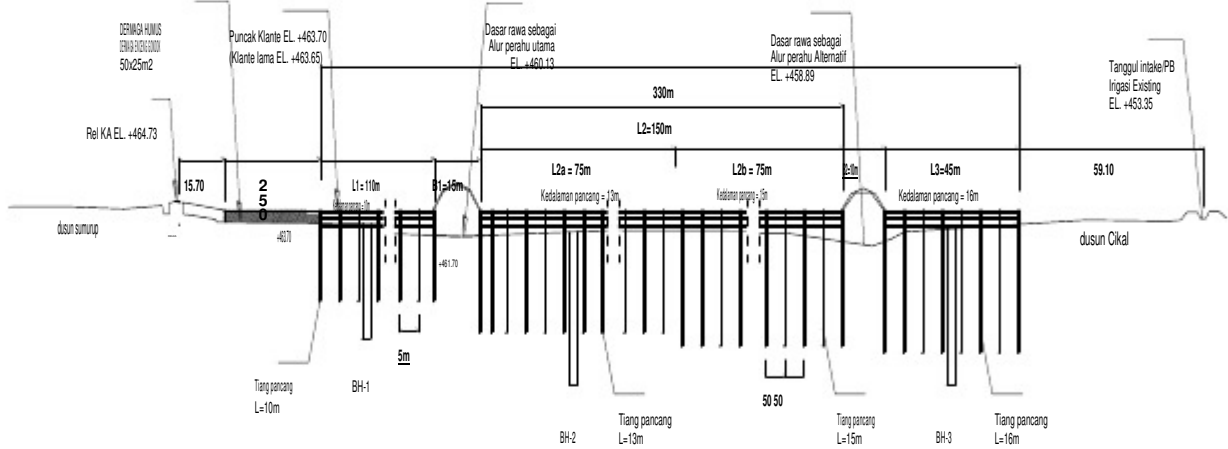
Untuk menahan/menyaring eceng gondok, sepanjang klante diberi penghalang berupa 3 lapis balok beton @ $25 \times 25 \text{ cm}^2$ dengan ukuran rongga/lobang antar lapis balok selebar 55 cm (netto). Ukuran ini untuk menyesuaikan tinggi eceng gondok yang bervariasi 40-80 cm. Dengan demikian diharapkan lobang ini dapat menahan sebagian besar eceng gondok yang mengalir di permukaan rawa. Agar klante dapat berfungsi optimal dan berkesan tidak kaku tapi artistik, ditambahkan beberapa aksesoris sebagai berikut :

- a. Tiang lampu (steel pole) hias tinggi 7 m dilengkapi lampu mercury kuning 100 watt yang dipasang setiap panjang klante 50 m.
- b. Lampu hias taman tinggi 3,50 m dilengkapi lampu SL 2 @ 10 watt yang dipasang setiap panjang klante 10 m.
- c. Plat lantai dilapis keramik motif dan batu sikat.

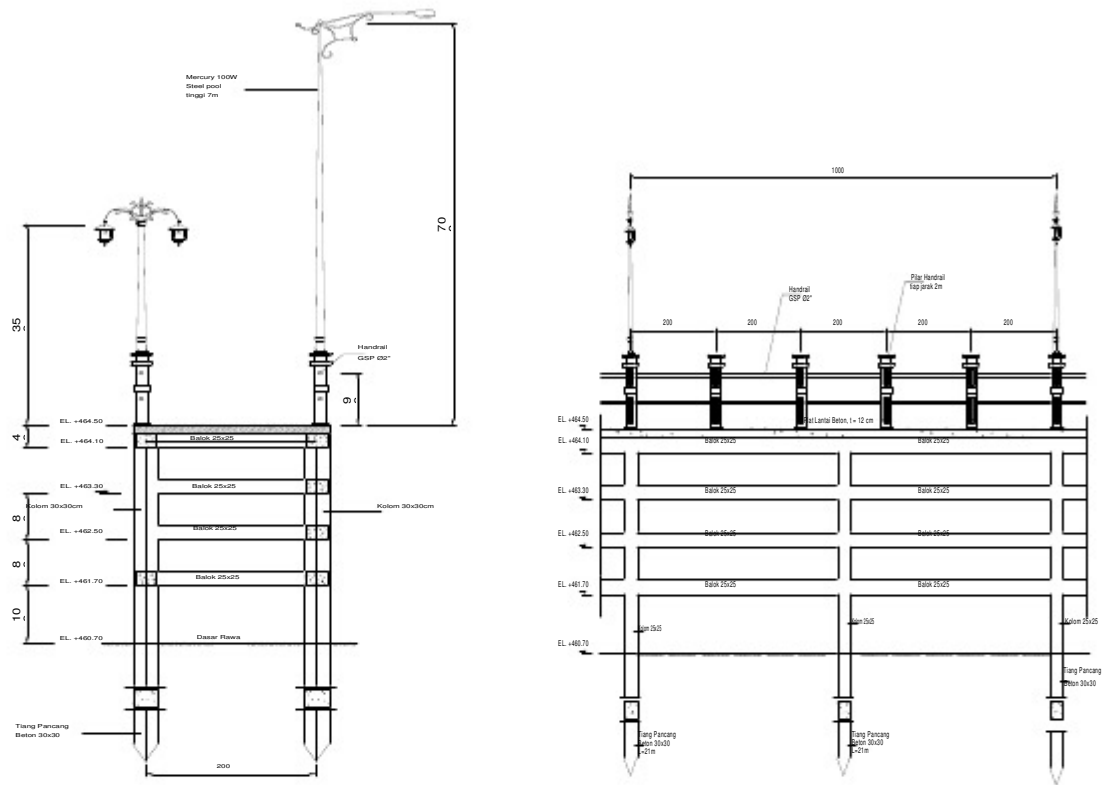
- d. Handrail beton 23 x 20 x 125 cm³ dilapis batu alam + pipa pelindung GSP Ø 2”.



Gambar 12. Peta situasi klante beton



Gambar 13. Potongan memanjang klante beton yang dilengkapi jembatan pelengkung



Gambar 14. Potongan melintang dan tampak depan klante beton

KESIMPULAN

Untuk mencegah *penyebaran eceng gondok* lebih lanjut yang telah menutupi lebih dari sepertiga permukaan waduk Rawapening maka perlu dibangun *klante beton* yang akan menahan laju perluasan gulma tersebut. Adapun upaya *pengendalian pertumbuhan eceng gondok* dilakukan dengan pembersihan secara mekanis menggunakan alat pemanen eceng gondok yang dioperasikan secara rutin. Dengan adanya upaya pengendalian *penyebaran dan pertumbuhan* gulma ini, diharapkan mampu menciptakan kawasan Rawapening yang bersih, sehat, nyaman dan menarik investor serta kunjungan wisatawan. Kondisi ini bakal menyejahterakan masyarakat karena akan mendorong pertumbuhan industri wisata, pertanian, perikanan, kelistrikan, kerajinan tangan dan humus/kompos, serta mencegah terjadinya banjir di bagian hulu Rawapening.

SARAN

Perlu segera disusun rencana tata ruang dan wilayah (RTRW) Rawapening serta landasan hukum batas kepemilikan lahan pemerintah serta masyarakat di sekeliling Rawapening, untuk mencegah terjadinya benturan antara para pemangku kepentingan. Tidak menutup kemungkinan dibentuknya badan khusus pengelola Rawapening yang beranggotakan seluruh stakeholders, sehingga pengembangan Rawapening dapat terarah, terpadu dan memiliki kepastian hukum untuk melindungi kepentingan investor dan masyarakat sekitarnya.

Selain itu untuk mencegah terjadinya benturan kepentingan, maka pada saat sebelum dan selama pelaksanaan konstruksi, harus dilakukan sosialisasi khususnya menyangkut masalah pengadaan lahan ini yang harus dituntaskan lebih dahulu sebelum pekerjaan konstruksi dimulai. Upaya melibatkan masyarakat setempat sebagai pelaku kegiatan sesuai bidang keahlian, kemampuan dan kompetensi yang ada, merupakan suatu bentuk kepedulian lingkungan dari keberadaan pembangunan infrastruktur.

Agar pembangunan klante dapat berdampak positif dan tidak berkesan monumental karena menelan biaya miliaran rupiah, maka perlu dilaksanakan pemeliharaan rutin (OP) setiap bulan secara teratur sehingga umur dan tingkat pelayanan infrastruktur yang ada dapat berlangsung sesuai rencana.

Ketersediaan peralatan pemanen eceng gondok yang menjadi satu kesatuan sistem dengan pembangunan klante beton bersifat *mobile* artinya mudah dipindah ke tempat lain di luar Rawapening yang membutuhkan pembersihan eceng gondok atau gulma air lainnya. Dengan demikian alat ini tidak hanya sekedar menjadi aset daerah yang membebani biaya rutin pemeliharaan tahunan tapi justru akan menghasilkan pemasukan tambahan bagi kas daerah jika dikelola secara baik antara lain dengan cara bekerja sama menggandeng pihak ketiga sebagai operatornya.

DAFTAR PUSTAKA

Bouwless. 1993. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 dan 2*. Jakarta : Erlangga.

- Christady, Hary, Hardiyatmo. 2006. *Teknik Pondasi Jilid 1 dan 2*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Damar Kumala, CV. 2010. *Laporan Akhir Desain Klante Permanen Rawapening*. Semarang : ---
- Departemen PU. 1978. *Pengamanan dan Pengendalian Aliran Sungai dengan Konstruksi Bronjong dan Krib*. Bandung : DPMA.
- Ibid. 1987. Standar *Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bangunan Utama KP-02, Bangunan Pelengkap KP-04 dan Bagian Penunjang*. Jakarta : Ditjen Irigasi.
- Ibid. 1989. *Tata Cara Perencanaan Hidrologi dan Hidrolika untuk Bangunan di Sungai, SNI 03-1724-1989*. Bandung : Yayasan BPPU.
- Ibid. 1990. *Tata Cara Perencanaan Umum Krib di Sungai, SKSNI T-01-1990 F*. Bandung : Yayasan BPPU.
- Ibid. 1991. *Metoda Perhitungan Debit Banjir, SNI 03-2415-1991*. Bandung : Yayasan BPPU.
- Ibid. 1991. *Metoda Perhitungan Tiang Pancang Beton pada Krib di Sungai, SK SNI M-14-1991-03*. Bandung : Yayasan BPPU.
- Ibid. 2002. *Tata Cara Perencanaan Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, SNI 03-1726-2002*. Bandung : Yayasan LPMB.
- Ibid. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung, SNI 03-2847-2002*. Bandung : Yayasan LPMB.
- Ibid. 2002. *Spesifikasi Beton Sruktural, SNI 03-6880-2002*. Bandung : Yayasan BPPU.
- Ibid. 2008. *Rencana Peraturan Pemerintah tentang Sungai dan Danau*. Jakarta : Ditjen SDA.
- Ibid. 2010. *Peta Gempa Indonesia 2010 (tanpa skala)*. Jakarta : -----(unduh internet).

- Geomas Matra Perdana, PT. 2004. *Executive Summary Detail Desain Pemanfaatan Sumber Air Muncul untuk Kebutuhan Air Bersih Kota dan Kabupaten Semarang*. Semarang.
- , 2009. *Media Komunikasi Lingkungan Serasi edisi 6/2009*. Jakarta : Kantor Kemeneg LH.
- , 1998. *Peta Kabupaten Semarang skala 1:60.000*. Surabaya : Karya Pembina Swajaya.
- , 2001. *Peta Rupa Bumi Indonesia, 1408-522 Ngablak, Lembar 1408-523 Grabag, Lembar 1408-524 Ambarawa skala 1:25.000*. Jakarta : Bakosurtanal.
- Mudiana W, dkk. 1991. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang skala 1:100.000*. Bandung : PPTG, Balitbang Geologi.
- Peraturan Pemerintah no.42/2008 tentang *Pengelolaan Sumber Daya Air*
- Said, Sukrisno. 1982. *Peta Hidrogeologi Lembar Semarang skala 1:250.000*. Bandung : PPTG, Balitbang Geologi.
- Sigma Tiga. CV. 2010. *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah di Muara Rawapening, Kab.Semarang*. Semarang
- Soemarto, CD. 1995. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Suyono, S; Nakazawa. 1984. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Suyono, S; Tominaga, M dan M. Yusuf Gayo. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Undang-undang no. 07/2004 tentang *Sumber Daya Air*, Undang-undang no. 30/2009 tentang *Ketenagalistrikan*, Undang-undang no. 32/2009 tentang *Lingkungan Hidup*, Undang-undang no. 41/2009 tentang *Lahan Pertanian* Undang-undang no. 45/2009 tentang *Perikanan*
- Vis dan Kusuma, Gideon. 1994. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang SNI 1991 di Daerah Rawan Gempa (Grafik dan Tabel Perhitungan)*. Jakarta : Erlangga.