



## Perencanaan Sistem Lahan Basah Buatan dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*

Anita Rahmawati\*, Eko Noerhayati, Ginanjar Noor Sholikhin, M. Iqbal Sahroni

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Malang

Email Korespondensi: [anita.rahmawati@unisma.ac.id](mailto:anita.rahmawati@unisma.ac.id)

**Diterima:** 12 September 2022

**Disetujui:** 24 Oktober 2022

**Diterbitkan:** 31 Oktober 2022

### **Kata Kunci:**

*Cyperus papyrus*, Bumi Candi Asri, Lahan Basah Buatan

### **ABSTRAK**

Pencemaran limbah cair domestik yang terjadi di badan air selalu dikaitkan dengan permasalahan sanitasi. Sebagian besar penduduk di Indonesia membuang limbah cair domestik langsung ke saluran pembuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Oleh karena itu, pada penelitian ini pengolahan limbah cair domestik di Bumi Candi Asri Sidoarjo dilakukan dengan menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* melalui sistem lahan basah buatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain fasilitas pengolah limbah cair domestik dengan proses alami. Perencanaan sistem lahan basah yang direncanakan terdiri dari beberapa unit pengolahan seperti unit pengumpul, constructed wetland, dan unit indikator. Tanaman air yang dipakai adalah *Cyperus papyrus* (alang-alang air). Kualitas efluen yang dihasilkan adalah konsentrasi COD = 10,94 mg/l, dan konsentrasi BOD = 4,61 mg/l. Dari hasil tersebut, maka efluen yang dihasilkan dengan metode lahan basah buatan di Perumahan Bumi Candi Asri Sidoarjo sudah sesuai dengan Baku Mutu Limbah Domestik Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013.

**Received:** 12 September 2022

**Accepted:** 24 October 2022

**Published:** 31 October 2022

### **Keywords:**

*Cyperus papyrus*, Bumi Candi Asri, Constructed Wetland

### **ABSTRACT**

Grey water pollution that occurs in water bodies is always associated with sanitation problems. Most of the population in Indonesia dispose of domestic grey water directly into the sewer without any treatment first. Therefore, in this study, domestic wastewater treatment at Bumi Candi Asri Sidoarjo was carried out using *Cyperus papyrus* plants through an artificial wetland system. The purpose of this research is to design a domestic wastewater treatment facility with natural processes. The planned treatment units are collection tanks, constructed wetlands, and indicator tanks. The plant used is *Cyperus papyrus* (water reeds). The quality of the effluent produced is COD concentration = 10.94 mg/l, and BOD concentration = 4.61 mg/l. From these results, the effluent produced by the artificial wetland method at the Bumi Candi Asri Housing in Sidoarjo has met the Domestic Waste Quality Standards Regulation of the Governor of East Java No. 7 of 2013.

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran limbah cair merupakan perubahan fisik air baik secara langsung maupun tidak langsung yang sifatnya berbahaya dan berpotensi menyebabkan penyakit ataupun gangguan bagi kehidupan makhluk hidup (Rahmawati, 2020). Limbah cair domestik berasal dari hasil kegiatan cuci, mandi, dan lain sebagainya.

Limbah cair domestik memiliki karakteristik COD (Chemical Oxydation Demand), BOD (Biochemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), Fosfat, Total Coliforms, dan pH (Sholikhin, Noerhayati, & Rahmawati, 2022). Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan terlebih

dahulu sebelum air limbah tersebut disalurkan sampai ke sungai agar tidak terjadi pencemaran.

Alternatif yang menjadi pilihan dalam pengolahan air limbah domestik adalah dengan menggunakan metode lahan basah buatan atau sering dikenal dengan istilah constructed wetland. Metode lahan basah buatan merupakan suatu sistem pengolahan air limbah yang terkonsep dan direncanakan sesuai proses alamiah seperti konsep taman air. Metode tersebut menggunakan tanaman air sebagai media penyerap polutan, beberapa bahan dalam memfilter air dan mikroorganisme untuk proses pengolahan air limbah (Rahmawati & Warsito, 2020). Ada beberapa kelebihan pengolahan Grey water menggunakan metode Constructed

Wetland daripada menggunakan metode pengolahan air limbah yang lainnya seperti dilihat dari segi finansial, operasional dan perawatan yang efisien dan efektif. Dilihat dari segi keefektifannya, metode Constructed Wetland mempunyai efisiensi penyisihan TSS hingga 97% dan dilihat dari segi lingkungan dapat meminimalisir aroma yang tak sedap apabila menggunakan model aliran Sub-Surface Flow. Constructed Wetland juga dapat ditampilkan sebagai taman yang berupa lahan basah yang mempunyai nilai estetika (Sholikhin, Noerhayati, & Rahmawati, 2022).

Cyperus papyrus merupakan salah satu jenis tanaman air yang biasa digunakan dalam menurunkan kandungan logam berat, khususnya dalam bentuk Hg, Pb, dan Zn didalam air limbah (Rahmawati, 2020). Dalam beberapa penelitian dikatakan bahwa Cyperus papyrus mampu menyerap bahan pencemar Nitrogen sebesar 1.100 kg/hektar/tahun, dan Fosfor sebesar 50 kg/hektar/tahun (Kolis, Noerhayati, & Rahmawati, 2022).

Cyperus papyrus juga merupakan tumbuhan monokotil dan merupakan tanaman tahunan dengan tumbuh batang hingga 2,5 m. kemampuan dari Cyperus Papyrus menjadi tanaman untuk subjek ekologi intens berpusat pada tingkat pertumbuhan yang luar biasa dan kemampuan untuk mendaur ulang nutrisi (Bagaskara, 2017).

Penelitian ini dilakukan di Perumahan Bumi Candi Asri, Sidoarjo dengan menggunakan tanaman Cyperus papyrus (alang-alang air). Alang-alang air (Cyperus Papyrus) biasa digunakan dalam menurunkan kandungan logam berat, khususnya dalam bentuk Hg, Pb, dan Zn didalam air buangan. Dalam penelitian ini, mengatakan bahwa Cyperus papyrus mampu menyerap bahan pencemar Nitrogen sebesar 1.100 kg/hektar/tahun, dan Fosfor sebesar 50 kg/hektar/tahun. Manfaat lain dari tumbuhan air yakni biasa digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan kertas dan pulp (Tosepu, 2012). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain fasilitas pengolah limbah cair domestik dengan proses alami. Unit paengolahan yang direncanakan adalah unit pengumpul, constructed wetland, dan unit indikator, serta dengan memanfaatkan tanaman air sebagai media penyerap polutan.

## 2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perancangan desain dan eksperimental. Adapun tahapan dari penelitian ini adalah studi literatur, sampel awal untuk mengetahui karakteristik limbah cair, perancangan reaktor, penelitian pendahuluan, desain lahan basah buatan.

### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui dan mencari informasi awal terkait materi atau referensi yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian ini. Referensi yang ditinjau membahas tentang limbah cair domestik, aklimatisasi, *range finding test* (RFT), *phyto-treatment*, *wetland*, dan tanaman *Cyperus papyrus*.

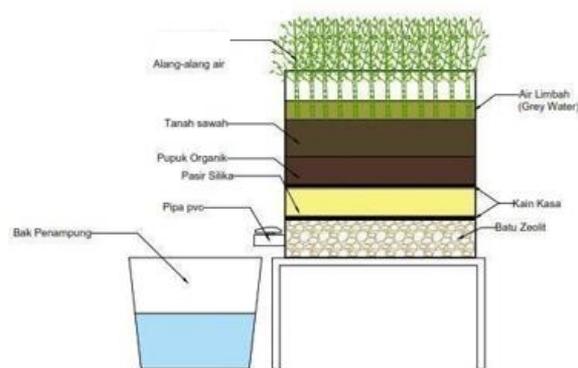
### 2.2 Sampel Awal untuk Mengetahui Karakterisasi Air Limbah

Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair rumah tangga yang berasal dari kegiatan cuci, mandi, dan

lain sebagainya. Sampel limbah diambil di Kabupaten Sidoarjo. Karakteristik limbah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan beban pencemar awal limbah. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah kadar BOD dan COD. Metode yang digunakan untuk menganalisis BOD yaitu APHA 5210, sedangkan untuk COD menggunakan metode menurut SNI 6989.73;2009. Kemudian hasil analisis kadar BOD dan COD mengacu pada Baku Mutu Limbah Domestik Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013.

### 2.3 Perancangan Reaktor

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah SSF Wetland dengan aliran batch. Reaktor tersebut memiliki ukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm. Adapun desain reaktor dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



**Gambar 1.** Rancangan Reaktor *Wetland*

### 2.4 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi pretreatment, aklimatisasi, dan *range finding test*. Tahapan pretreatment pada penelitian ini menggunakan metode filtrasi. Kombinasi metode filtrasi dan SSF *Wetland* dapat menambah efisiensi penyisihan beban pencemar. Kemudian dilakukan tahap aklimatisasi tanaman yang bertujuan agar tanaman mampu beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Pada penelitian ini aklimatisasi dilakukan selama 15 hari dengan menggunakan air PDAM dan dilanjut dengan RFT. RFT dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman dalam menyerap polutan pada limbah cair domestik (Kholisah, 2022).

### 2.5 Desain Lahan Basah Buatan

Perhitungan perencanaan *Constructed Wetland* mendapatkan dimensi L sepanjang 124 m dan W sepanjang 14 m, dengan hasil perbandingan 8,85:1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dimensi yang di dihasilkan sudah memenuhi kriteria menurut (Hlavinek, 2007) yaitu L/W ratio : 4:1 – 10:1 seperti pada **Gambar 2** berikut.



**Gambar 2.** Rancangan Desain CW

## 2.6 Range Finding Test

Range finding test merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengetahui batas kritis konsentrasi yang ada pada tanaman. Adapun konsentrasi yang dilakukan pada tahapan ini yaitu dengan cara melihat bentuk keenceran terhadap limbah tersebut kemudian diujikan pada tanaman *Cyperus Papyrus* (Salsabella, Noerhayati, Suprpto, & Rahmawati, 2021).

Range finding test dilakukan menggunakan aquarium dengan kapasitas 7 liter, volume air yang dipergunakan sebanyak 7 liter dan dilakukan selama 15 hari kerja. Tahap kritis pada konsentrasi ini akan dapat diketahui pada berapa persen yang tidak memberi efek kematian pada tumbuhan bambu air. penentuan jumlah tumbuhan. Limbah cair domestik yang digunakan untuk RFT adalah limbah cair yang sudah melalui tahap pretreatment (filtrasi) terlebih dahulu. Pengamatan hasil dari tahap ini disajikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Pengamatan Hasil Range Finding Test

Konsentrasi Limbah	Kondisi Tanaman <i>Cyperus Papyrus</i>
0%	tidak terdapat perubahan pada fisik tanaman
20%	ujung tanaman mulai sedikit berubah warna
40%	ujung tanaman mulai menguning namun tidak membusuk
60%	tanaman menguning namun tidak terjadi pembusukan
80%	sebagian besar tanaman menguning
100%	sebagian besar tanaman menguning dan hampir mati

Setelah dilakukan tahap RFT, tanaman *Cyperus Papyrus* mampu bertahan hidup pada kadar limbah cair domestik sebesar 60%. Oleh karena itu, pada proses phyto-treatment digunakan konsentrasi limbah cair domestik sebesar 60%.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kandungan awal dilakukan untuk melihat berapa besar beban pencemar pada limbah cair domestik yang akan digunakan untuk phyto-treatment. Hasil pengujian konsentrasi beban pencemar limbah cair domestik dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Kosentrasi Limbah Awal Sebelum Diolah

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu*
1	BOD	Mg/l	64	30
2	COD	Mg/l	67	50

\*Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013.

Dari **Tabel 2** diatas, dapat diketahui bahwa kandungan BOD dan COD melebihi kadar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013. Maka dari itu, diperlukan pengolahan lebih lanjut agar kadar BOD dan COD dapat memenuhi baku mutu.

### 3.1 Penelitian Pendahuluan

#### 3.1.1 Pretreatment

Tahapan *pretreatment* pada penelitian ini menggunakan metode kombinasi lahan basah buatan dan filtrasi agar dapat menambah efisiensi reduksi pencemar. Media yang digunakan pada penelitian ini antara lain batu zeolit, kain kassa, pasir silika, pupuk organik, dan tanah sawah. Proses *pretreatment* dengan filtrasi bisa dilihat pada Gambar 1. Pada tahap ini air limbah diuji kembali untuk melihat perbedaan hasil kadar BOD dan COD sebelum dan sesudah dilakukan *pretreatment*. Untuk hasil uji setelah *pretreatment* disajikan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Kosentrasi Limbah Awal Sesudah Diolah

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu*
1	BOD	Mg/l	4,61	30
2	COD	Mg/l	10,94	50

\*Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013.

Dari hasil analisis laboratorium terkait *pretreatment* diatas mengalami penurunan dari kadar limbah awal sebelum dilakukan proses *pretreatment*, yaitu penurunan COD sebesar 83,66% dan penurunan BOD sebesar 92,82%. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa *pretreatment* dengan metode filtrasi mampu mengurangi polutan yang terkandung pada air limbah dan meningkatkan efisiensi reduksi pencemar pada lahan basah buatan.

#### 3.1.2 Tahap Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi merupakan tahapan yang mana kita dapat mengetahui bagaimana tumbuhan itu dapat menyesuaikan dengan kondisi yang akan digunakan pada range finding test. Masa aklimatisasi disini merupakan masa kritis (Tangahu & Warmadewanthi, 2001). Proses dalam pengujian ini dilakukan selama 15 hari, yang mana nanti dapat diketahui tumbuhan yang tidak layu dan tidak mati pada tahapan tersebut.

### 3.2 Perencanaan Konsep Model Lahan Basah Buatan

#### 3.2.1 Unit Indikator

Fungsi unit indikator sebagai bak untuk melakukan proses uji kualitas subsurface dari lahan basah buatan dengan indikator biologis. Jika indikator biologis tersebut bisa tetap hidup dalam air tersebut, maka kualitas dari subsurface constructed wetland tersebut baik. Tapi apabila sebaliknya, maka kualitas dari subsurface constructed wetland tersebut buruk, sehingga harus dilakukan evaluasi proses lagi. Bak indikator juga berfungsi sebagai bak untuk mengumpulkan effluen dari lahan basah buatan tersebut.

#### 3.2.2 Bak Pengumpul

Bak pengumpul atau penampung merupakan wadah yang menunjukkan bahwa didalam tersebut berisi suatu bakteri yang mana bakteri tersebut akan dilakukan uji dengan menggunakan indikator yang sudah tersedia dan ditandai dengan kemunculan suatu angka pada indikator tersebut. Fungsi bak penampung ini juga sebagai bak untuk

menampung grey water sebelum masuk ke bak pengolahan lahan basah buatan.

### 3.2.3 Kriteria Desain Perencanaan

1. Lahan basah buatan yang direncanakan pada penelitian ini dapat mereduksi COD sebesar 83,67%, dan BOD sebesar 92,83%. Hasil tersebut memenuhi kriteria removal BOD oleh media : 75-98% (Vymazal, 2001).
2. Menurut perhitungan rencana, diketahui bahwa BOD pada efluen lahan basah buatan yang dibantu oleh tanaman sebanyak 1,14 kg/hari, sehingga memenuhi kriteria Removal BOD yang dibantu dengan adanya tanaman: 4,4% (Carranza-Diaz, 2014).
3. Perhitungan perencanaan lahan basah buatan pada penelitian ini mendapatkan dimensi L sepanjang 124 m dan W sepanjang 14 m yang ditunjukkan pada **Gambar 3** berikut.



**Gambar 3.** Tampak Atas Perencanaan Desain

## 4. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah telah dibentuk sebuah perencanaan desain unit lahan basah buatan sebagai media pengolahan limbah cair domestic (grey water). Dari perancangan pengolahan grey water dengan menggunakan Sub Surface Flow Constructed Wetland yang akan diterapkan di Perumahan Bumi Candi Asri Kabupaten Sidoarjo ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lahan basah buatan yang direncanakan pada penelitian ini dapat mereduksi COD sebesar 83,67%, dan BOD sebesar 92,83%.
2. Berdasarkan perhitungan di dalam pembahasan, dihasilkan dimensi unit yang di rencanakan, antara lain:
  - Bak pengumpul sebanyak 1 unit dengan dimensi 1,5 m x 1,5 m x 1,3 m.
  - Lahan basah buatan sebanyak 1 unit dengan dimensi 125 m x 14 m x 1 m.
  - Bak indikator sebanyak 1 unit dengan dimensi 2 m x 1,5 m x 1,5 m.

Perencanaan desain ini harapannya dapat memenuhi kebutuhan air bersih dengan memanfaatkan teknologi sebagai pengolah limbah cair domestik yang ramah lingkungan, mudah, ekonomis, dan dapat dikustomisasi. Desain alat ini dapat juga dimanfaatkan sebagai alat pengolahan bioethanol, limbah cair industri, dan lain sebagainya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM)

Universitas Islam Malang yang telah memberi dukungan pendanaan sehingga program penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akratos, C. S., & Tsihrintzis, V. A. (2007). Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 29(2), 173–191.
- Andara, Diani Riezki, and Agung Suryanto. (2014). Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampisan Di Kawasan Industri Candi, Semarang. *Journal of Management of Aquatic Resources*, 3.3. 177–87.
- Bagaskara, J. A. (2017). Pengaruh Penggunaan Tumbuhan Cyperus Papyrus Dan Cyperus Alternifolius Pada Proses Fitoremediasi Penurunan Logam Berat Timbal(Pb) Pada Lindi TPA Tlekung, Kota Batu. *Rekayasa Sipil*.
- Carranza-Diaz, O. S.-N. (2014). Removal of selected organic micropollutants in planted and unplanted pilot-scale horizontal flow constructed wetlands under conditions of high organic load. *Ecological Engineering*, 234-245.
- Hlavinek, P. B. (2007). Dangerous pollutants (xenobiotics) in urban water cycle. Springer Science & Business Media.
- Ibnu Kolis, E. N. (2022). Studi Perencanaan Teknologi Red Beed dalam Pengolahan Limbah Cair di Perumahan Bumi Asri Sengkaling Kabupaten Malang. *Rekayasa Sipil*, 50-59.
- Kholisah, A. N. (2022). Efisiensi Penyisihan Kadar Bod Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Tanaman Bambu Air Dengan Sistem Sub Surface Flow Constructed Wetland. *ENVIROTEK*, 66-73.
- Kolis, I., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2022). Studi Perencanaan Teknologi Red Beed dalam Pengolahan Limbah Cair di Perumahan Bumi Asri Sengkaling Kabupaten Malang. *Rekayasa Sipil*, 50-59.
- Rahmawati, A. (2020). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Teknologi Hybrid Constructed Wetland. Konferensi Nasional Life Science dan Teknologi (Knalstech) (pp. 1-6). Malang: Universitas Islam Malang.
- Rahmawati, A., & Warsito. (2020). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) untuk Menghasilkan Air Bersih di Perumahan Green Tombro Kota Malang. *Rekayasa Hijau*, 1-8.
- Salsabella, N., Noerhayati, E., Suprpto, B., & Rahmawati, A. (2021). Sistem Kontrol Sensor Kadar Keasaman Pada Limbah Cair Irigasi Berbasis Internet Of Things (Iot) Di Desa Sukoanyar, Kecamatan Tumpang. *Rekayasa Sipil*, 26-35.
- Sholikhin, G. N., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2022). Studi Perencanaan Constructed Wetland Untuk Pengolahan Grey Water Di Perumahan Taman Candiloka, Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 35-48.
- Tangahu, B., & Warmadewanthi. (2001). Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) Dalam Sistem Constructed Wetland. *Jurnal Purifikasi*, 2.3, 70–77.

- Tosepu, R. (2012). Laju Penurunan Logam Berat Plumbum (Pb) Dan Cadmium (Cd) Oleh *Eichornia Crassipes* Dan *Cyperus Papyrus* (the Diminution Rate of Heavy Metals, Plumbum and Cadmium by *Eichornia Crassipes* and *Cyperus*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*.
- Villar, M. P., Domínguez, E., Tack, F., Ruiz, J. H., Morales, R. S., & Arteaga, L. (2012). Vertical subsurface wetlands for wastewater purification. *Procedia Engineering*, 42, 1960–1968.
- Vymazal, J. (2001). Constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. *Water Science and Technology*, 44(11–12): 369–374.