

# **PENYISIHAN ORGANIK LIMBAH CAIR DOMESTIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN DENGAN SISTEM JOHKASOU KASUS: RUSUN DUKUH SEMAR, CIREBON**

## **REMOVAL OF ORGANIC MATTER IN DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT USING JOHKASOU SYSTEM. CASE: DUKUH SEMAR PUBLIC APPARTMENT, CIREBON**

**Prayatni Soewondo dan Ratria Anggraini**  
Program Studi Teknik Lingkungan, ITB, Bandung  
email: prayatnisoe@yahoo.com

### **Abstrak**

Sistem IPAL Johkasou yang dikembangkan di Jepang telah diaplikasikan untuk mengolah limbah cair Rumah Susun (Rusun) Sederhana Dukuh Semar, Kota Cirebon. Perilaku penghuni terhadap masalah sanitasi diidentifikasi melalui kuesioner, sedangkan kinerja IPAL Johkasou dievaluasi dengan membandingkannya dengan baku mutu PP No.82/2001. Hasil pengamatan menunjukkan, penyisihan organik mencapai 88,94% sebagai BOD dan 84,66% sebagai COD. Adapun beban BOD influen adalah 1,1016 kg/hari, sedangkan beban organik sebesar 0,0286 kg/m<sup>3</sup>/hari. Rasio BOD<sub>5</sub>/COD air limbah domestik adalah 0,62. Efisiensi penyisihan golongan nitrogen dicapai sebesar 80,85% NH<sub>3</sub>=N dengan beban 0,852 kg/hari dan 52,69% nitrat dengan beban 0,2644 kg/hari. Kadar *Suspended Solid* dapat tersisihkan sebesar 74,72%, kadar fosfat sebesar 88,43% dan kandungan coliform sebesar 99,63%.

Parameter kualitas air limbah yang belum memenuhi baku mutu adalah golongan nitrogen. Untuk itu perlu dilakukan pengolahan lanjut berupa proses nitrifikasi-denitrifikasi. Tidak optimumnya kinerja instalasi dipengaruhi oleh konstruksi fisik instalasi dan kurang sempurnanya proses dalam instalasi yang juga dipengaruhi oleh faktor kebiasaan penghuni.

Kata kunci: Johkasou, limbah cair, organik, pengolahan

### **Abstract**

Johkasou wastewater treatment system, which was developed in Japan, has been adapted in the Dukuh Semar low cost apartment in Cirebon City. Information on the community attitude in handling the sanitation problems was identified by questionnaires. Whereas, the performance of the Johkasou installation is evaluated according to Water Quality Standards according to government regulations No. 82/2001. Field observations showed that the organic removal rate reaches 88,94% on BOD and 84,66% on COD. While the installation has an influent of about 1,1016 kg/day and an organic loading of about 0,0286 kg/m<sup>3</sup>/day. The ratio of BOD<sub>5</sub>/COD of the wastewater of the Johkasou installation is 0,62. The efficiency of nitrogen removal reaches 80,85% for ammonia with a loading of 0,852 kg/day and 52,69% for nitrate with a loading of 0,2644 kg/day. Other parameters that have also been observed are suspended solid (74,72%), phosphate (88,43%) and bacteria (99,63% as coliform).

The quality of waste water that has not achieved the ideal standard is nitrogen, so there are needs to be further processing that includes nitrification and denitrification. The work applied by this installation has not achieved its optimum capacity because of certain physical conditions and also some imperfection in the installation effected by the habitual conditions of the society living inside the housing area.

Key words: Johkasou, wastewater, organic, treatment

## **1. PENDAHULUAN**

Sistem pengelolaan limbah cair rumah tangga, secara garis besar dibagi menjadi sistem pengelolaan terpusat (*centralized*) dan setempat (*decentralized*). Area pemukiman yang tidak

terjangkau oleh pelayanan terpusat, harus memiliki pengolahan sistem setempat. Upaya pengendalian pencemaran lingkungan akibat air limbah domestik yang langsung masuk ke badan air, memerlukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu model pengolahan air limbah setempat yang merupakan

pengembangan dari tangki septik, dikenal dengan nama Johkasou. Model pengolahan air limbah domestik Johkasou ini diuji coba di daerah pemukiman tertata, yaitu di Rumah Susun (Rusun) Sederhana Dukuh Semar, Kota Cirebon.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengolahan limbah cair domestik sistem Johkasou, melalui data dari pengguna instalasi dan berbagai parameter penting yang berkaitan dengan kualitas influen dan efluen.

### Instalasi Johkasou

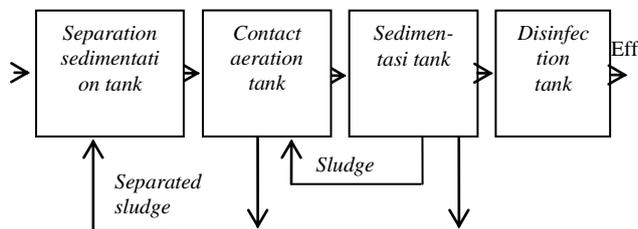
Sistem Johkasou adalah salah satu instalasi pengolahan air limbah (IPAL) paket dengan menggunakan sistem setempat dan melayani perumahan. IPAL Johkasou mengolah limbah cair yang berasal dari toilet, kamar mandi, dapur dan cucian. Konsentrasi BOD efluen dapat mencapai kurang dari 20 mg/L. Pengembangan IPAL Johkasou pada saat ini, tidak hanya mampu mengolah kadar organik saja, tetapi juga menyisihkan kadar fosfat dan nitrogen. Kapasitas IPAL Johkasou adalah 1-10 m<sup>3</sup>/hari, dengan konsentrasi influen 200 mg/L BOD, 50 mg/L total nitrogen dan 5 mg/L total fosfat.

IPAL Johkasou dikembangkan pertama kali di Jepang pada tahun 1911. Pada tahun 1944 standar pembangunan Johkasou mulai diberlakukan. Johkasou berasal dari kata *Johka* yang berarti penjernihan dan *Sou* yang berarti tangki. Jadi pengertian Johkasou adalah sistem pengolahan air limbah yang menggabungkan sistem anaerobik dan aerobik dan dilengkapi sistem disinfeksi. Proses yang terjadi dalam instalasi ini adalah kombinasi pengolahan fisik (sedimentasi dan pemisahan) dan biologis (biodekomposisi materi organik).

Pada tahun 1960 sistem Johkasou dikembangkan menggunakan bahan FRP (*fiberglass reinforced plastic*) dan hanya mengolah *black water* saja. Sistem ini disebut Johkasou Sistem *Tandoku-shori*, (*Tandoku = sole, exclusive* dan *shori = treatment*). Yang diolah *black water* saja dengan proses *separation-contact aeration*. Metode ini menggabungkan penggunaan *separation-sedimentation tank* dan *contact aeration tank* (Kawamura, 1977). Bagan alir proses sistem Johkasou dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada tahun 1980 sistem Johkasou dikembangkan kembali, menjadi *Gappei-shori Johkasou*. Fasilitas

ini dikembangkan dengan menambahkan proses anaerobik dan proses aerobik dengan sistem *fluidized bed* dan penambahan biofilm filtrasi proses, hingga dapat menurunkan kadar nitrogen dan fosfat (Johkasou\_hist.htm).



**Gambar 1.** Bagan Alir Proses *Separation-Contact Aeration* Johkasou Tando kushori (Kawamura, 1977)

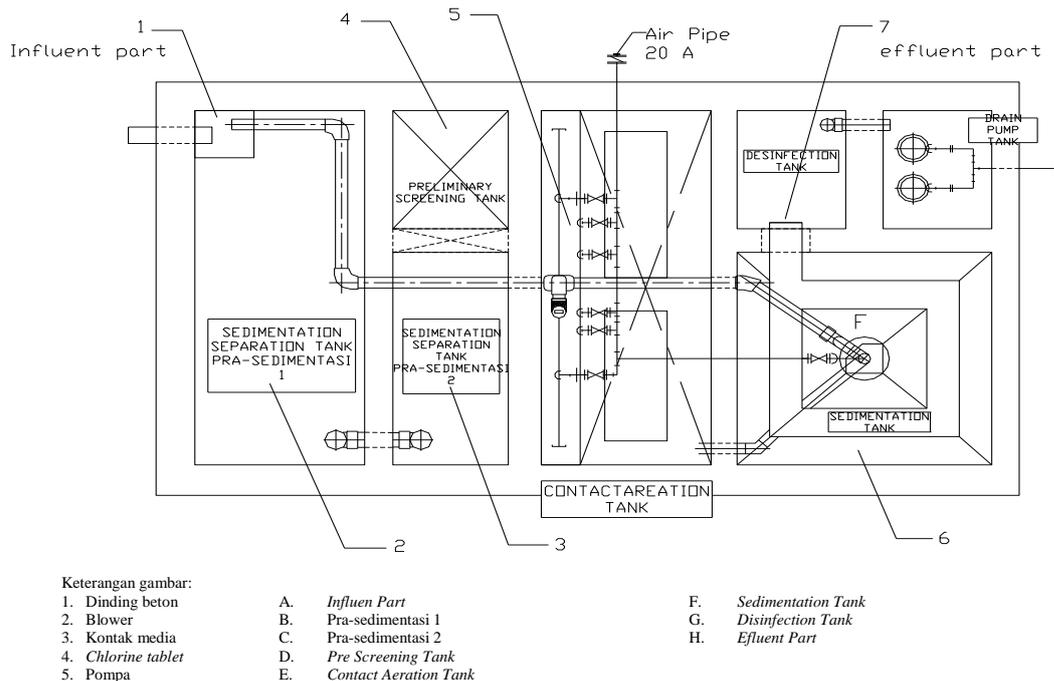
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Evaluasi sistem Johkasou dilakukan dengan pengambilan data primer dan sekunder di IPAL Johkasou Rusun Sederhana Dukuh Semar, yang telah beroperasi selama 11 bulan. Gambar 2 menunjukkan denah instalasi Johkasou yang digunakan. Data primer diambil dengan penyebaran kuesioner dan pengukuran kualitas influen dan efluen IPAL tersebut. Kondisi sosial dan ekonomi dari pemakai IPAL yang mengalirkan limbah cairnya disurvei dengan penyebaran kuesioner. Pengambilan contoh air sebanyak 10 kali, yang dilakukan setiap 2 hari sekali, untuk mengetahui efisiensi penyisihan. Parameter yang diukur kualitasnya di laboratorium adalah: *Suspended Solids (SS)*, BOD, COD, nitrat, amonia, fosfat, coliform, deterjen.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: SS dengan gravimetri, BOD dengan manometrik, COD dengan *colorimetri (close reflux)*, nitrat, amonia, fosfat dengan *colorimetri*, deterjen dengan *crystal violet*. Alat yang digunakan: Hach COD reactor, Hach DR/2000 simple Spectrophotometer, BOD Meter, kertas saring type GF/E diameter 45 mm.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dibagi dalam 2 bagian besar, yaitu hasil kuesioner guna mengetahui karakteristik penghuni, dan hasil evaluasi IPAL, yang meliputi parameter SS, BOD, COD, nitrat, amonia, fosfat, deterjen dan coliform. Efisiensi penyisihan masing-masing parameter dapat menggambarkan kemampuan IPAL Johkasou.

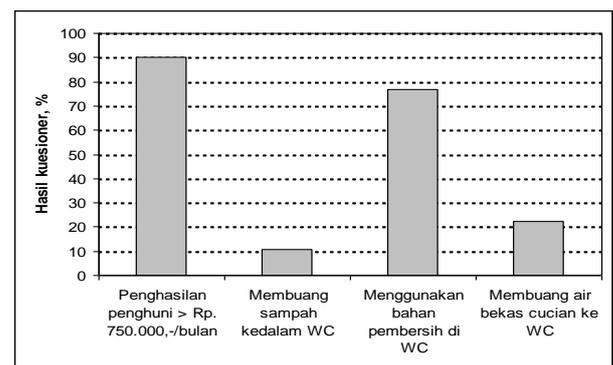


**Gambar 2.** Sistematika Instalasi Johkasou (Kawamura, 1997)

### Karakteristik Rusun Dan Penghuninya

Rusun Dukuh Semar terdiri atas dua gedung berlantai 5 yang dikelola oleh PD Pembangunan Kota Cirebon. Lantai pertama digunakan sebagai tempat usaha/toko tanpa fasilitas kamar mandi ataupun kran air. Kebutuhan air diambil dari kran umum atau dari kamar hunian. Lantai 2-5 berfungsi sebagai hunian, dengan tipikal ukuran 3 m x 7 m, yang dilengkapi kamar mandi, dapur, serta fasilitas listrik dan air. Kamar mandi dilengkapi dengan WC jongkok dan kran air, sedangkan dapur dilengkapi dengan bak cuci piring. Sumber air bersih berasal dari PDAM Kota Cirebon yang dimanfaatkan untuk minum, memasak, mandi, toilet, mencuci, dan lain-lain. Namun ada juga yang menggunakan air mineral kemasan untuk minum. Sedangkan untuk mencuci mobil/motor, air yang digunakan berasal dari kran luar atau umum. Tagihan air dari PDAM dikelola oleh pengelola Rusun, selanjutnya pengelola yang mengatur besarnya pembayaran air masing-masing penghuni berdasarkan meter air pada unit/kamar.

Air limbah dari WC (*black water*) disalurkan langsung ke IPAL Johkasou melalui pipa tertutup dan sebelumnya dialirkan melalui tangki septik lama (difungsikan sebagai pra sedimentasi). Air limbah lain, seperti berasal dari mandi, cuci, dapur dan lain-lain (*grey water*) disalurkan dengan pipa terpisah, selanjutnya melalui saluran drainase ke Sungai Kesunean tanpa di olah terlebih dahulu.



**Gambar 3.** Hasil Evaluasi Kuesioner Penghuni Rusun Dukuh Semar Cirebon

Pengamatan dilakukan pada penghuni Rusun yang berjumlah 78 unit yang terisi (dari kapasitas total 96 unit), dengan rata-rata hunian 3 orang/unit. Data kuesioner yang kembali sebanyak 56 buah (72% dari jumlah penghuni). Gambar 3 memperlihatkan hasil evaluasi kuesioner masing-masing parameter. Penghuni Rusun yang berpenghasilan > Rp. 750.000,00/bulan lebih dari 90%. Hal ini menunjukkan mayoritas penghuni Rusun termasuk golongan ekonomi menengah ke atas.

Sekitar 10,71 % penghuni mengaku pernah membuang sampah ke WC, yang menyebabkan dijumpainya sampah kertas, pembalut wanita dsb di bak pertama IPAL. Hal tersebut mengakibatkan sering terjadinya penyumbatan, dan gangguan pada proses pengolahan. Sekitar 76,79 % penghuni

Rusun menggunakan bahan kimia pembersih WC, seperti: Whipol, Vixal, dsb. Bahan aktif pembersih tersebut salah satunya adalah bromida (Duncan Mara, 1975), yang dapat mempengaruhi kehidupan mikroba, dengan mengubah struktur selnya (Metcalf dan Eddy, 2003).

Adanya deterjen berpengaruh pula pada proses pengolahan biologis. Sebanyak 22,41% responden membuang air cucian mengandung deterjen ke lubang WC, sehingga mengalir ke unit sistem Johkasou. Sabun dan deterjen sintetik termasuk salah satu agen desinfeksi kimia. Namun bila konsentrasi yang masuk ke IPAL lebih kecil dari 3 mg/L tidak akan membunuh bakteri, algae, ikan dan organisme lain (Degremont, 1979).

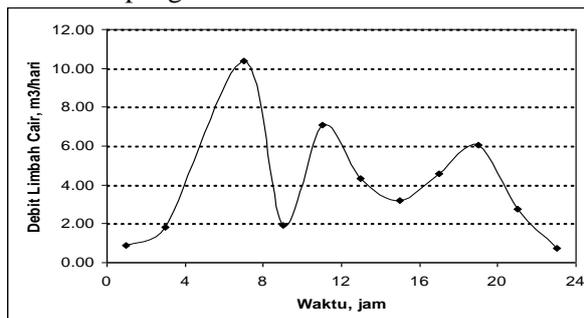
Hasil dari analisis kuesioner menunjukkan masih rendahnya pengetahuan penghuni dalam menangani limbah cair, sehingga timbul permasalahan dalam unit-unit pengolahan, seperti sampah, penggunaan bahan pembersih yang mengandung desinfektan dan kadar deterjen. Oleh sebab itu, diperlukan sosialisasi bagi penghuni Rusun sehingga proses pengolahan dapat beroperasi dan terpelihara secara optimal.

### Karakteristik Limbah Cair

Menurut perencanaannya, limbah cair yang disalurkan ke IPAL Johkasou hanya yang berasal dari WC (*black water*). Sedangkan air limbah lainnya (*grey water*) dialirkan ke saluran drainase lalu ke sungai. Hasil pengamatan menunjukkan adanya air bekas cucian (*grey water*) yang juga masuk ke IPAL. Karakteristik influen IPAL Johkasou tercantum pada Tabel 1. Karakteristik air limbah tergolong kekuatan lemah, terutama bila dibandingkan terhadap parameter utamanya yaitu SS, BOD, dan COD. Konsentrasi SS, BOD, dan COD pada influen instalasi Johkasou berturut-turut adalah 10,3-86 mg/L, 50-150 mg/L, dan 119-181 mg/L. Sedangkan berdasarkan Metcalf dan Eddy

(1991), konsentrasi SS, BOD, dan COD untuk air limbah dengan klasifikasi lemah adalah sebesar 100 mg/L, 110 mg/L, dan 250 mg/L.

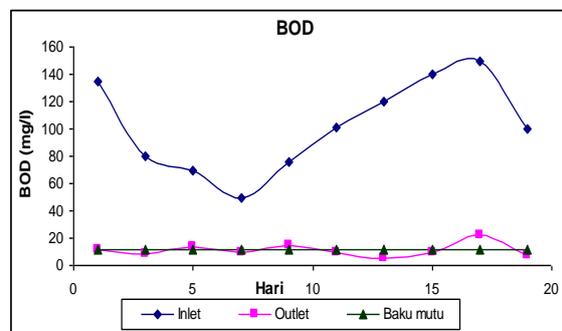
Hasil pengamatan selama 24 jam di IPAL Johkasou menunjukkan, bahwa waktu puncak limbah cair terjadi pada pukul 07.00 WIB, yaitu sebesar 10,37 m<sup>3</sup>/hari, sedangkan debit rata-rata influen sebesar 3,92 m<sup>3</sup>/hari (16,77 L/orang/hari). Gambar 4 memperlihatkan fluktuasi limbah cair yang dihasilkan penghuni.



Gambar 4. Fluktuasi Limbah Cair Penghuni Rusun Dukuh Semarang

### Kinerja Instalasi Johkasou

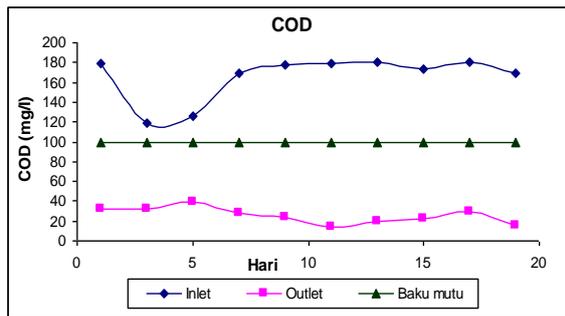
Gambar 5 dan 6 menunjukkan hasil pemantauan di IPAL Johkasou dibandingkan terhadap standar baku mutu PP No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas IV.



Gambar 5. Grafik Kadar BOD Influen dan Efluen Sistem Johkasou Rusun Dukuh Semarang

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Domestik IPAL Johkasou Rusun Sederhana Dukuh Semarang

Parameter	Satuan	Hasil Analisis	PP.82/2001 Kelas 4 <sup>a)</sup>	Klasifikasi Air Limbah (Metcalf dan Eddy, 2003)		
				Lemah	Sedang	Kuat
Temperatur	°C	28,1 – 31,9	Deviasi 3	-	-	-
Transparansi	cm	4 – 6,5	-	-	-	-
pH	-	6,29 – 8,58	5-9	-	-	-
Suspended Solid	mg/L	10,3 – 86	400	100	220	350
BOD	mg/L	50 – 150	12	110	220	400
COD	mg/L	119 – 181	100	250	500	1000
Coliform	N/100 mL	10 <sup>6</sup> -6,84 x 10 <sup>8</sup>	10000	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>
Amonia nitrogen	mg/L	62 – 116	-	12	25	30
Nitrat nitrogen	mg/L	25 – 36	20	0	0	0
Phoshat	mg/L	16,1 – 21,9	5	-	-	-
Detergen	mg/L	0,260	-	-	-	-
Debit	m <sup>3</sup> /hari	1,48 – 7,34	-	-	-	-



**Gambar 6.** Grafik Kadar COD Influen dan Efluen Sistem Johkasou Rusun Dukuh Semarang

Efisiensi penyisihan BOD adalah 88,94 %, dengan nilai BOD rata-rata efluen sebesar 11,3 mg/L (< 12 mg/L). Sedangkan efisiensi penyisihan COD 84,66% dan COD rata-rata efluen 25,36 mg/L. Kadar BOD dan COD rata-rata telah memenuhi baku mutu. Perbandingan BOD/COD selama pengamatan rata-rata sebesar 0,62. Hasil ini masih termasuk nilai umumnya untuk limbah cair domestik yang berkisar 0,4-0,8 (Metcalf dan Eddy, 2003). Kadar pH selama pengamatan berkisar 5-9 yang secara umum memenuhi persyaratan untuk dapat hidupnya mikroorganisme.

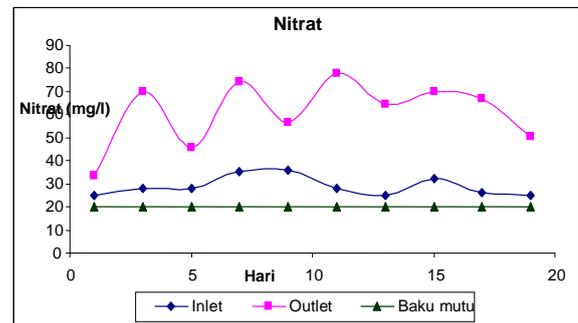
Kadar nitrat dan amonia dianalisis untuk dibandingkan dengan baku mutu serta memastikan terjadinya proses nitrifikasi pada pengolahan. Menurut PP 82/2001 Kelas IV kadar nitrat adalah 20 mg/L, sedangkan amonia tidak disyaratkan. Tetapi menurut Kelas I batas maksimum amonia dalam air adalah 0,5 mg/L. Masih tingginya konsentrasi amonia pada efluen mengindikasikan tidak sempurnanya proses nitrifikasi. Gambar 7 dan 8 menunjukkan hasil analisis kadar nitrat dan amonia di IPAL Johkasou.

Efisiensi peningkatan nitrat sebesar 52,69%, dengan konsentrasi rata-rata efluen sebesar 60,88 mg/L (> 20 mg/L). Efisiensi penyisihan amonia sebesar 80,85%, dengan konsentrasi rata-rata pada efluen sebesar 16,41 mg/L. Kadar nitrat di efluen yang meningkat menunjukkan telah terjadi proses nitrifikasi dengan reaksi sebagai berikut:

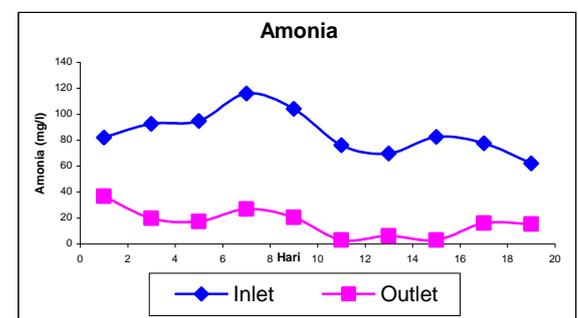


Mikroorganisme yang terlibat adalah bakteri aerobik heterotrofik pada kondisi anoksik, yang menggunakan oksigen terikat dari nitrat dan nitrit. Pada proses ini organisme juga memerlukan sumber karbon dari air limbah, yang diwakili oleh

metanol. Proses ini dipengaruhi temperatur, pH, dan konsentrasi nitrat.



**Gambar 7.** Grafik Peningkatan Konsentrasi Nitrat dan Amonia Sistem Johkasou Rusun Dukuh Semarang



**Gambar 8.** Grafik Peningkatan Konsentrasi Nitrat dan Amonia Sistem Johkasou Rusun Dukuh Semarang

Proses nitrifikasi terjadi di *contact aeration tank*, yaitu reaktor dengan pertumbuhan terlekat. Fungsinya selain untuk menyisihkan materi organik, juga digunakan untuk proses nitrifikasi. Bakteri nitrifikasi bersifat sensitif terhadap banyak gangguan. Kondisi pH optimal mikroorganisme adalah 7,5-8,6, namun pada pH yang lebih rendah, proses nitrifikasi dapat berjalan dengan baik akibat mikroorganisme telah beradaptasi. Temperatur juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri nitrifikasi. Konsentrasi DO harus di atas 1 mg/L. Bila DO di bawah 1 mg/L, proses nitrifikasi menjadi lebih lambat atau bahkan berhenti (Metcalf dan Eddy, 2003). Oleh sebab itu, konsentrasi amonia 62-116 mg/L memberikan gangguan pada bakteri nitrifikasi. Kadar pH di dalam *contact aeration tank* berkisar antara 4,72-7,7 (pH rata-rata 6,3), yang masih di luar range pH optimum sehingga diperlukan pula penyesuaian atau adaptasi.

Karena influen mengandung kadar amonia yang cukup tinggi, maka diperlukan pengolahan lanjut bersamaan dengan penyisihan nitrat. Proses biologis merupakan cara pengolahan paling ekonomis

dalam penyisihan nitrogen, dibandingkan dengan proses fisik-kimia (Winkler, 1981). Menurut Metcalf dan Eddy (2003), ada dua jenis penyisihan nitrat secara biologis, yaitu reduksi nitrat dengan asimilasi dan disimilasi. Pada reduksi dengan asimilasi nitrat direduksi menjadi amonia untuk sintesis sel. Asimilasi terjadi ketika  $\text{NH}_4\text{-N}$  tidak tersedia dan tidak bergantung pada DO. Sedangkan, reduksi dengan disimilasi atau denitrifikasi berhubungan dengan rantai transpor elektron, dimana nitrat/nitrit digunakan sebagai akseptor elektron untuk oksidasi. Hasil analisis

menunjukkan kandungan rata-rata SS, fosfat dan *Coliform* adalah 74,72%, 88,43% dan 99,63%.

Hasil evaluasi beban dengan membandingkan parameter perencanaan dan operasionalnya terlihat pada Tabel 2. Debit influen IPAL Johkasou hampir sepersepuluhnya. Hal ini berakibat waktu kontak menjadi lebih lama sekitar lima kalinya. Semua beban organik dan beban permukaan sekitar lima kali lebih kecil. Dengan demikian terlihat bahwa, Johkasou belum beroperasi secara optimal (masih dibawah beban perencanaan).

**Tabel 2.** Perbandingan Antara Perencanaan dan Operasional IPAL Johkasou Rusun Dukuh Semar

Parameter	Perencanaan	Operasional
Debit rata-rata (Qrata-rata)	30,7 m <sup>3</sup> /hari	3,92 m <sup>3</sup> /hari
Debit maksimum (Qmaks)	38,5 m <sup>3</sup> /hari	7,34 m <sup>3</sup> /hari
BOD influen rata-rata	200 mg/L	102,2 mg/L
Waktu detensi (t <sub>d</sub> ) instalasi	54,75 jam	288,56 jam
BOD Loading	7,7 kg/hari	1,10 kg/hari
Organic Loading	0,13 kg/m <sup>3</sup> /hari	0,03 kg/m <sup>3</sup> /hari
Surface loading	6,26 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hari	1,19 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hari

Kelemahan sistem IPAL Johkasou yang diteliti adalah kadar nitrogen masih di atas baku mutu. Salah satu cara penanganan terhadap permasalahan tersebut dengan menambahkan unit *constructed wetland*. Dengan unit tersebut akan terjadi proses fisik, kimia dan biologis yang dapat berfungsi untuk penyisihan kadar nitrogen dan fosfat. Pengembangan IPAL Johkasou di Jepang juga telah dilakukan, yaitu mengubah susunan unit proses anaerob dan aerob, diikuti resirkulasi, sehingga denitrifikasi terjadi juga pada zone anaerobik (Johkasou\_hist.htm).

#### 4. KESIMPULAN

Kinerja instalasi Johkasou Rusun Sederhana Dukuh Semar Kota Cirebon, sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya. Karakteristik air limbah termasuk golongan lemah, namun untuk konsentrasi amonia, nitrat dan fosfat sangat tinggi melebihi klasifikasi golongan kuat.

Kadar efluen COD dan BOD berada di bawah baku mutu, sedangkan untuk kadar nitrat (> 20 mg/L) dan amonia (> 0,5 mg/L) berada di atas baku mutu. Oleh karena itu harus dilakukan pengolahan lebih lanjut misalnya dengan *constructed wetland*. Debit air limbah rata-rata operasional masih sepersepuluh dari perencanaan, sehingga terjadi perubahan waktu kontak yang lebih lama yang mengakibatkan tidak optimalnya proses biologis di IPAL Johkasou.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada PDAM Cirebon atas kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, R. (2003). **Pola Penurunan Kandungan Organik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Sistem Johkasou Di Rumah Susun Sederhana Dukuh Semar Kota Cirebon**, Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan, ITB.
- Anonim, <http://www.fujiclean.co.jp/>, 3 Juni 2007
- Degremont (1979), **Water Treatment Handbook**. Fifth Edition. John Willey dan Sons Inc. New York
- Kawai, T. (2000), **Metode Uji Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah**, JICA Expert.
- Kawamura, K. (1997), **Manual for Introduction of Johkasou System at Developing Country.**, JICWELLS.
- Mara, D. (1975), **Sewage Treatment in Hot Climates**, University of Dundee. Skotlandia.
- Metcalf dan Eddy (2003), **Wastewater Engineering**, Fourth Edition. McGraw Hill Book Co. Singapore.
- Johkasou\_hist.htm, 3 Juni 2007