

LAPORAN PILOT PLANT

HOLLOW FIBER DIRECT NANO FILTRATION (HFNF)

SEBAGAI TEKNOLOGI DAUR ULANG EFFLUENT (*Effluent Recycle*)



Wastewater Treatment Plant (WWTP)

ITDC Nusa Dua – Bali

24 Januari – 14 Februari 2020

Oleh :



PT BUMI KIRANA ASRI

BAGIAN 1

LATAR BELAKANG

1.1. GAMBARAN UMUM

Sistem pengolahan yang dilakukan pada WWTP ITDC Nusa Dua adalah *Wastewater Stabilization Ponds* (WSP). WSP merupakan pengolahan dengan kolam alami natural yang dibangun untuk mengurangi bahan organik dan patogen dari air limbah. Sistem pengolahan ini umumnya digunakan untuk pengolahan limbah domestik dan industry. Sistem pengolahan ini masih tergolong proses pengolahan alami karena proses penghilangan bahan organik dan patogen membutuhkan bantuan oksigen dari udara dan sinar matahari.

Sistem pengolahan WSP terdiri atas kolam *anaerobic pond*, *facultative pond*, dan *maturation pond*. *Anaerobic pond* memiliki nilai oksigen terlarut yang paling sedikit dan umumnya memiliki area permukaan lebih kecil dibandingkan *facultative pond*, tetapi memiliki permukaan lebih dalam (3 – 5 meter). Kedalaman kolam menyebabkan oksigen yang terproduksi akan lebih sedikit dan menimbulkan kondisi anaerob. Proses ini mampu menghilangkan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ dari jumlah BOD dan memiliki potensi mengeluarkan gas berbau.

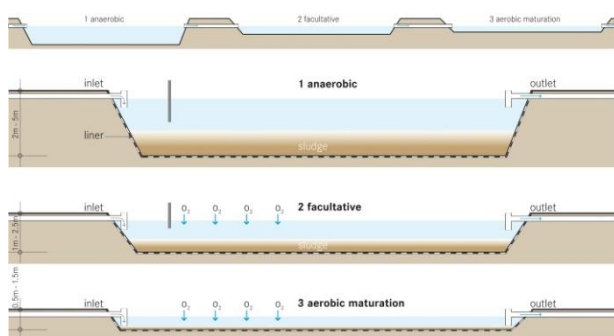
Pada *Facultative Pond* memiliki kolam yang lebih dangkal dibandingkan *anaerobic pond* (1.5 – 2.5 meter) dan permukaan area yang lebih besar. Area permukaan yang luas memungkinkan oksigen untuk larut dan sinar matahari dapat menembus air. Hal ini menyebabkan terjadinya aktivitas fotosintesis yang menghasilkan lebih banyak oksigen. Oksigen yang berlebih akan digunakan oleh bakteri aerob untuk respirasi dan oksidasi bahan organik dalam limbah.

Maturation Pond memiliki kolam yang lebih dangkal dibandingkan *anaerobic pond* dan *facultative pond* (≤ 1 meter). Hal ini menyebabkan oksigen yang terlarut dalam air cukup tinggi dan bakteri aerob akan bekerja dengan optimal. Kolam yang semakin dangkal akan menyebabkan aktivitas fotosintesis semakin intens dan terjadi penetrasi radiasi ultraviolet di permukaan kolam. Kedua faktor ini memudahkan dalam penghilangan bakteri dan virus patogen.

Pada saat ini *effluent* dari WSP ITDC Nusa Dua didaur ulang menggunakan teknologi *Dissolved Air Flotation* (DAF) untuk menghasilkan air bersih yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tenant ITDC. Kualitas *effluent* dan hasil daur ulang dari sistem DAF ditampilkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1 Kualitas Effluent dan Hasil Daur Ulang dari Sistem DAF

No	Unsur-Unsur	Satuan	Baku Mutu PermenLHK No.68 Tahun 2016	Hasil Pemeriksaan			
				Januari		Februari	
				Cell 2a	Cell 2b	Cell 1	Cell 3
FISIKA							
1	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	-	1201	1170	960.6	934.8
2	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	194	57	250	24
KIMIA							
1	pH	mg/l	6-9	7.48	8.93	7.26	7.93
2	BOD	mg/l	30	116	47	83.5	28.3
3	COD	mg/l	100	170	80	193.5	51.25
4	Minyak dan Lemak	mg/l	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1



Gambar 1 Skema Wastewater Stabilization Pond (WSP)

1.2. SUMBER AIR BAKU

Air baku yang digunakan pada *Pilot Plant* ini bersumber dari *Effluent Waste Stabilization Pond* di Cell 3 Area Lagoon yang ditunjukkan pada Gambar 2. Perizinan pelaksanaan kegiatan *Pilot Plant* terlampirkan pada Surat Perijinan Pelaksanaan *Pilot Plant Effluent Recycle System* No. 151/DIR/ITDCNU/XII/2019 pada tanggal 31 Desember 2019. Tabel 2 menunjukkan analisa air baku berdasarkan PermenLHK No.68/Menlhk-Setjen/2016, Tabel 3 menunjukkan hasil analisa air baku berdasarkan Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010, dan Tabel 4 menunjukkan hasil analisa air baku yang diperoleh dari ITDC.



Gambar 2 Intake Pilot Plant ITDC Nusa Dua Area Lagoon

Tabel 2 Analisa Air Baku Berdasarkan PermenLHK No.68/Menlhk-Setjen/2016

No	Parameter	Satuan	Max. Yang Diperbolehkan	Hasil Pemeriksaan
FISIKA				
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	114
KIMIA				
2	pH	-	6-9	7
3	BOD	mg/l	30	120
4	COD	mg/l	100	233
5	Minyak dan Lemak	mg/l	5	4
6	Amonia Nitrogen	mg/l	10	15
BAKTERIOLOGI				
7	<i>Coliform</i>	jumlah/100 ml	3000	≥24000

Tabel 3 Hasil Analisa Air Baku Berdasarkan Permenkes No. 492 / Menkes / Per / IV / 2010

No	Parameter	Unit	Hasil Test (Waste Water)	Baku Mutu Air Minum : Permenkes No. 492 / Menkes/Per/IV/2010
PHYSICAL (ORGANOLEPTIC)				
1	Odor	-	Odor	Odorless
2	Dissolve Solids	mg/L	1670	500
3	Turbidity	NTU	22	5
4	Taste	-	Taste	Tasteless
5	Color	TCU	45	15
CHEMICAL				
1	pH	-	7	6.5 - 8.5
2	Hardness (CaCO ₃)	mg/L	350	500
3	Chloride (Cl)	mg/L	> 250	250

No	Parameter	Unit	Hasil Test (Waste Water)	Baku Mutu Air Minum : Permenkes No. 492 / Menkes/Per/IV/2010
4	Chromium (Cr)	mg/L	0.14	0.05
5	Organic matter (KMnO ₄)	mg/L	12	10
6	Arsenic	mg/L	-	0.01
7	Cadmium (Cd)	mg/L	0.023	0.003
8	Flouride (F)	mg/L	< 0.10	1.5
9	Iron (Fe)	mg/L	0.11	0.03
10	Manganese (Mn)	mg/L	0.39	0.4
11	Cyanide (CN)	mg/L	0.01	0.007
12	Sulfate (SO ₄)	mg/L	220	250
13	Chlorine (Cl ₂)	mg/L	0	-
14	Cooper (Cu)	mg/L	0.21	2
15	Zink (Zn)	mg/L	2.36	3
16	Selenium (Se)	mg/L	-	0.01
17	Aluminium	mg/L	0.05	0.2
18	Ammonium (NH ₄)	mg/L	0.15	1.5

Tabel 4 Hasil Analisa Air Baku oleh ITDC Nusa Dua

No	Unsur-Unsur	Satuan	Baku Mutu PermenLHK No.68 Tahun 2016	Hasil Pemeriksaan									
				Januari		Februari			Juli		Agustus		
				Cell 2a	Cell 2b	Cell 1	Cell 3	Ground tank	Cell 2a	Cell 2b	Cell 1	Cell 3	Ground tank
	FISIKA												
1	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	-	1201	1170	960.6	934.8	954.4	1052	999.1	985.7	1033	1041
2	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	194	57	250	24	1	124	49	258	33	2
	KIMIA												
1	pH	mg/l	6-9	7.48	8.93	7.26	7.93	7.2	7.86	8.6	7.48	7.15	7.15
2	BOD	mg/l	30	116	47	83.5	28.3	10.24	34	6.28	50	13	11.2
3	COD	mg/l	100	170	80	193.5	51.25	41	207.2	41.45	129.92	31.98	39.6
4	Minyak dan Lemak	mg/l	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
5	Ammonia Nitrogen	mg/l	10	4.56	4.64	28.67	2.71	1.97	25.71	6.29	30.77	1.43	1.92
6	Total N	mg/l	-	6.13	23.67	29.3	3.56	5.64	28.71	12.72	31.92	8.87	6.98
7	Total P	mg/l	-	0.91	0.14	0.46	<0.001	0.3	0.27	0.59	0.88	0.64	<0.01
8	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/l	5	<0.05	<0.05	193.5	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.32	0.45	<0.05

1.3. PILOT PLANT ITDC NUSA DUA

1.3.1. GAMBARAN UMUM

Teknologi yang diterapkan dalam Pilot Plant ITDC Nusa Dua berupa teknologi penyaringan menggunakan membran *Hollow Fiber Nanofiltration* (HFNF) yang memiliki nilai porositas < 1 nm dan MWCO < 400 dalton. Selain itu, *module* yang digunakan berupa WMC 110 dengan diameter 110 mm, *membrane area* sebesar 14 m^2 , dan maksimal tekanan pressure 10 bar.

1.3.2. TUJUAN

Tujuan dari pelaksanaan Pilot Plant ITDC Nusa Dua untuk mengkonfirmasi teknologi HFNF sebagai teknologi yang handal dalam daur ulang *effluent* menjadi air bersih sesuai dengan baku mutu yang disyaratkan.

1.3.3. SASARAN

Sasaran dari Pilot Plant ITDC Nusa Dua sebagai berikut.

- a. Menghasilkan produksi air bersih yang sesuai dengan baku mutu
- b. Mengkonfirmasi teknologi HFNF sebagai teknologi aplikatif dalam daur ulang *effluent*, dengan biaya operasional yang rendah dan *life cycle cost* yang kompetitif.

BAGIAN 2

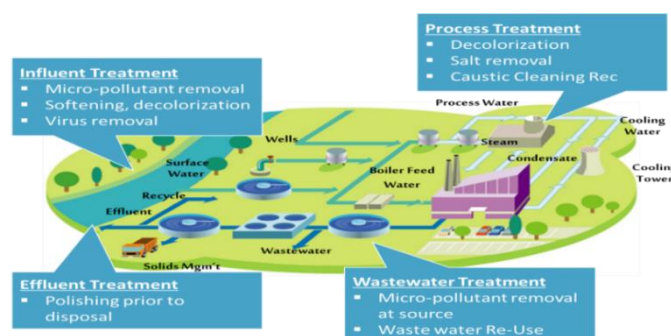
TEKNOLOGI HOLLOW FIBER DIRECT NANOFILTRATION (HFNF)

2.1. APLIKASI MEMBRAN dNF

Sistem pengolahan *Hollow Fiber Nano Filtration* (HFNF) merupakan suatu sistem pengolahan yang menggunakan membrane dengan porositas berukuran nano (<0,001 micron) dan terbuat dari material *hollow fiber* atau dapat disebut sebagai membrane *Hollow Fiber Nanofiltration*. Membran dNF yang dikembangkan oleh *NX Filtration* adalah generasi baru dari membran Hollow Fiber Nanofiltration (HFNF). Fokus utama sistem pengolahan HFNF adalah menghilangkan senyawa organik, garam terlarut dengan berat molekul rendah, *micro-pollutants* (bakteri dan virus), peptisida, kekeruhan, warna, dan bakteri E Coli. Oleh karena itu, sistem pengolahan ini menjamin kualitas produk sesuai dengan baku mutu air minum. Gambar 3 dan Tabel 5 menunjukkan aplikasi oleh membran HFNF dalam kebutuhan pengolahan air.

Tabel 5 Aplikasi Teknologi HFNF

Jenis Pengolahan		
Pengolahan Air Minum	Pengolahan Air Limbah	Pengolahan Air untuk Kebutuhan Industri
<ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan air berwarna / air gambut • Menurunkan kandungan kesadahan • Menurunkan kandungan <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) / <i>micro-pollutants</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Re-use</i> air limbah cair menjadi air bersih 	<ul style="list-style-type: none"> • Menurunkan kandungan warna dalam limbah industry • <i>Recovery</i> NaOH

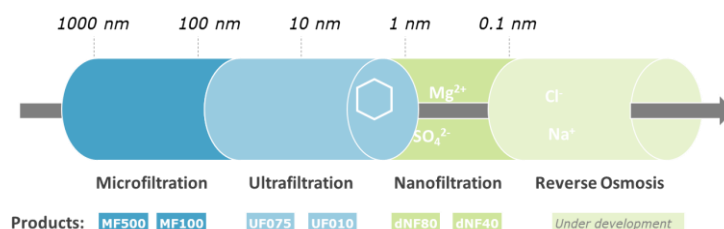


Gambar 3 Aplikasi Membran dNF dalam Sistem Pengolahan Air Minum dan Air Limbah

2.2. FITUR MEMBRAN HOLLOW FIBER dNF

Fitur yang dimiliki membran *Hollow Fiber* dNF sebagai berikut.

- a. Mampu menyaring partikel dengan ukuran < 1 nm dan *Molecular Weight Cut Off* (MWCO) < 800 dalton. Hal ini menyebabkan dNF mampu menyaring kekeruhan, warna, TOC, dan padatan tersuspensi.
- b. dNF merupakan hasil pengembangan produk dengan menggabungkan fitur membran *spiral wound*, lapisan nano-filter, dan fitur membran *hollow fiber* yang menghasilkan fitur unggulan sebagai berikut.
 - Memiliki resistensi yang tinggi terhadap klorin
 - Mudah untuk dilakukan operasi *backwash* dan *flushing*
 - Tidak mudah terjadi fouling; mengakibatkan kebutuhan atas pengolahan awal yang lebih sederhana
 - Tidak mudah terjadi *fouling*
 - Biaya operasional relatif rendah
 - Ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan lumpur
- c. Mampu mengurangi kebutuhan bahan kimia yang ekstensif dalam pengolahan air minum dan air limbah.



Gambar 4 Produk Membran HFNF

2.3. PILOT PLANT DAUR ULANG *EFFLUENT* DENGAN TEKNOLOGI HOLLOW FIBER dNF

2.3.1. SPESIFIKASI MEMBRAN *HOLLOW FIBER* dNF40 (Pilot Plant)

- Hollow fiber 0.7 mm (ID)
- MWCO : 400 Da
- Chlorine resistant
- Low pre-treatment requirement (< 300 μ m)
- Backwashable membrane
- Low pressure (2.5 – 5 bar)
- Material : Modified PES
- Membrane area : 14 m²

2.3.2. PRINSIP DASAR PERENCANAAN DAN OPERASIONAL

Sistem Hollow Fiber dNF dioperasikan dengan sistem *cross-flow* dan model operasi *inside-out*. Air baku mengalir secara tangensial melewati permukaan bagian dalam membran fiber. Sistem *cross-flow* membantu mengangkat padatan tersaring keluar dari membran.

Salah satu cara pencegahan akumulasi pengendapan di sisi umpan membran yaitu dengan melakukan perubahan arah sistem *cross flow* yang melewati membran selama operasional membran. Arah sistem pada siklus pertama, air umpan dialirkan *Top-Down* dan di siklus selanjutnya air umpan dialirkan *Down-Top*. Hal ini dapat merefleksikan penurunan tekanan (*pressure drop*) yang konstan sepanjang modul untuk waktu yang cukup lama; yang diperlukan untuk menghasilkan produksi permeate yang konsisten.

BAGIAN 3

PILOT PLANT PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN TEKNOLOGI HFdNF DI ITDC NUSA DUA

3.1. KRITERIA DESAIN

3.1.1. KUALITAS AIR BAKU DAN BAKU MUTU

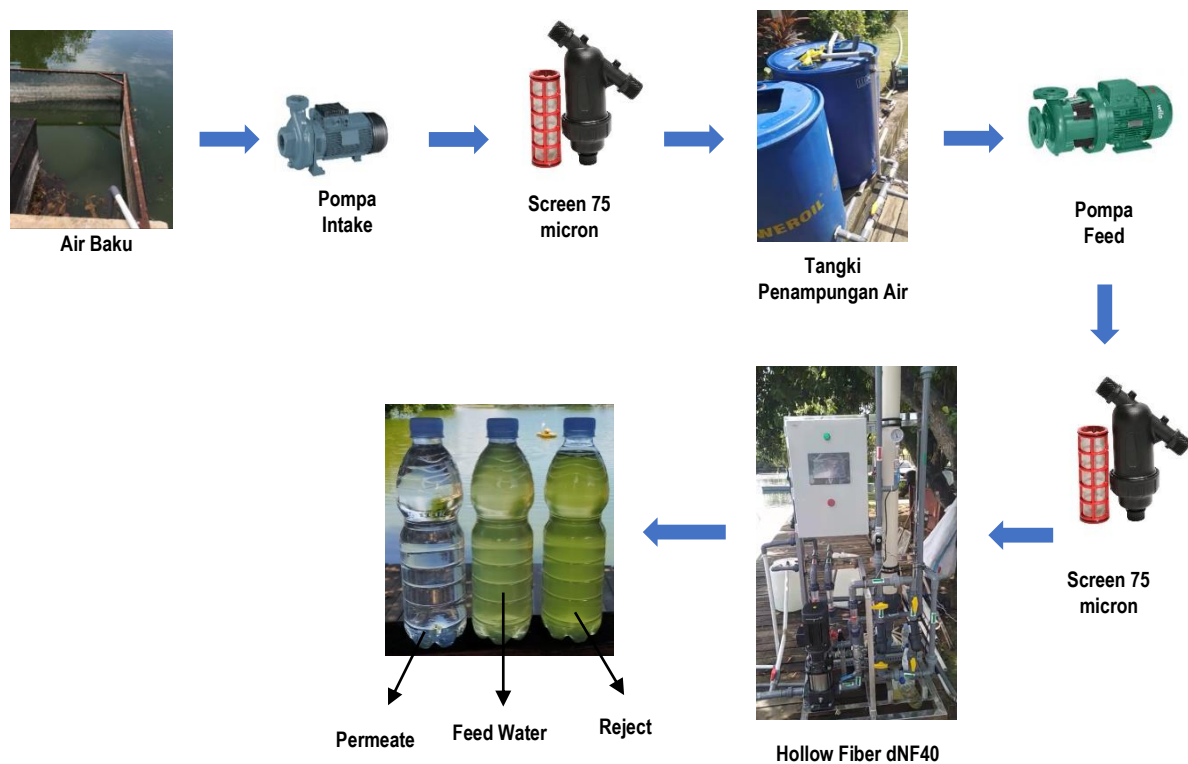
Perbandingan kualitas air baku yang digunakan dalam pilot plant (*Effluent Waste Stabilization Pond* di Cell 3 Area Lagoon) dengan baku mutu (Permenkes No. 492 / 2010) ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 6 Perbandingan Kualitas Air Baku dan Baku Mutu (Permenkes No. 492 / 2010)

No	Parameter	Unit	Hasil Pemeriksaan	Baku Mutu Air Minum : Permenkes No. 492 / Menkes/Per/IV/2010
PHYSICAL (ORGANOLEPTIC)				
1	Odor	-	Odor	Odorless
2	Dissolve Solids	mg/L	1670	500
3	Turbidity	NTU	22	5
4	Taste	-	Taste	Tasteless
5	Color	TCU	27	15
CHEMICAL				
1	pH	-	7	6.5 - 8.5
2	Hardness (CaCO ₃)	mg/L	350	500
3	Chloride (Cl)	mg/L	> 250	250
4	Chromium (Cr)	mg/L	0.14	0.05
5	Organic matter (KMnO ₄)	mg/L	12	10
6	Arsenic	mg/L	-	0.01
7	Cadmium (Cd)	mg/L	0.023	0.003
8	Flouride (F)	mg/L	< 0.10	1.5
9	Iron (Fe)	mg/L	0.11	0.03
10	Manganese (Mn)	mg/L	0.39	0.4
11	Cyanide (CN)	mg/L	0.01	0.007
12	Chlorine (Cl ₂)	mg/L	0	-
13	Cooper (Cu)	mg/L	0.21	2
14	Zink (Zn)	mg/L	2.36	3
15	Aluminium	mg/L	0.05	0.2
16	Ammonium (NH ₄)	mg/L	0.15	1.5

3.2. SISTEM PENGOLAHAN

3.2.1. DESKRIPSI PROSES.



Gambar 5 Pilot Plant ITDC Nusa Dua dengan Teknologi HFdNF

Gambar 5 menunjukkan alur Pilot Plant yang dilakukan di ITDC Nusa Dua. Pada tahap pertama, air baku dari Cell 3 WSP ITDC Nusa Dua (*Effluent WWTP*) dipompakan ke sistem HFNF melalui screen 75 micron dan ditampung dalam tangki air baku. Air yang ditampung dalam tangki kemudian dilakukan pengaturan pH (~8) dengan tujuan menurunkan kadar alga dalam air baku. Air selanjutnya di pompakan ke screen berukuran 75 micron dan sistem HFNF. Pada sistem HFNF dilakukan beberapa proses sebagai berikut.

- a. Filtrasi Top Down
- b. Flushing
- c. Filtrasi Down Top
- d. Flushing

3.2.2. OPERASIONAL PILOT PLANT

Pilot Plant yang berlokasi di ITDC Nusa Dua dilaksanakan pada tanggal 24 Januari 2020 – 14 Februari 2020. Pada pilot plant ini, dilakukan beberapa *trial* untuk mendapatkan kondisi optimal operasi. *Trial* ini dilakukan untuk parameter sebagai berikut.

- a) Frekuensi Pompa : 40 – 50 Hz
- b) Recovery : 50 – 75%
- c) pH Air Baku : 6.5 – 9
- d) Durasi Filtrasi dan Flushing : DT / TD 600 – 700 detik dan Flushing 15 – 20 detik

3.2.3. KENDALA PENGOPERASIAN

Pada pilot plant yang dilaksanakan di ITDC Nusa Dua, terdapat beberapa kendala yang terjadi selama pengoperasian yang diakibatkan oleh :

- a. Tingginya kandungan alga pada air baku
- b. Tingginya nilai pH air baku
- c. Tingginya nilai TDS

Langkah yang dilakukan untuk mengatasi kendala tersebut diantaranya :

- a. Penambahan screen setelah pompa intake
- b. Pengaturan pH air baku dengan penambahan pH adjustment (HCl)
- c. Perlakuan proses CIP (*Cleaning in Place*) di awal pengoperasian pilot plant

3.2.4. KEBUTUHAN BAHAN KIMIA UNTUK CIP (*Cleaning in Place*)

Prosedur yang dilakukan untuk proses *chemical Cleaning in Place* (CIP) sebagai berikut.

1. Organic Fouling

- Pencucian menggunakan larutan pH tinggi (Larutan NaOCl 200 ppm pada pH (10-12)

Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a) Siapkan larutan NaOCl 200 ppm dengan melarutkan NaOCl 12.5% sebanyak 85 ml ke dalam 50L air bersih
- b) Atur pH dengan menambahkan larutan NaOH hingga mencapai nilai pH 10-12
- c) Lakukan resirkulasi larutan dengan model operasi TD/DT selama 1 – 1.5 jam

2. Inorganic Scaling

- Pencucian menggunakan larutan asam sitrat dengan pH 2-4

Langkah yang dilakukan sebagai berikut.

- a) Larutkan citric acid ke dalam 50 L air bersih (50 mg dalam 50 L) hingga mencapai nilai pH 2-4

- b) Lakukan resirkulasi larutan asam dengan model operasi TD/DT selama 1 -1.5 jam

3.3. HASIL PILOT PLAT

Hasil pilot plant di ITDC Nusa Dua Are Lagoon akan dijabarkan pada Tabel 7 dan parameter yang diamati dari pilot plant sebagai berikut.

- a. Frekuensi Pompa
- b. Tekanan Operasi (TD / DT)
- c. Durasi Operasi (TD / DT / Flushing)
- d. Recovery
- e. Debit Feed, Permeate, dan Reject
- f. Nilai pH
- g. TDS (*Total Dissolved Solids*)
- h. Kekeruhan (*Turbidity*)

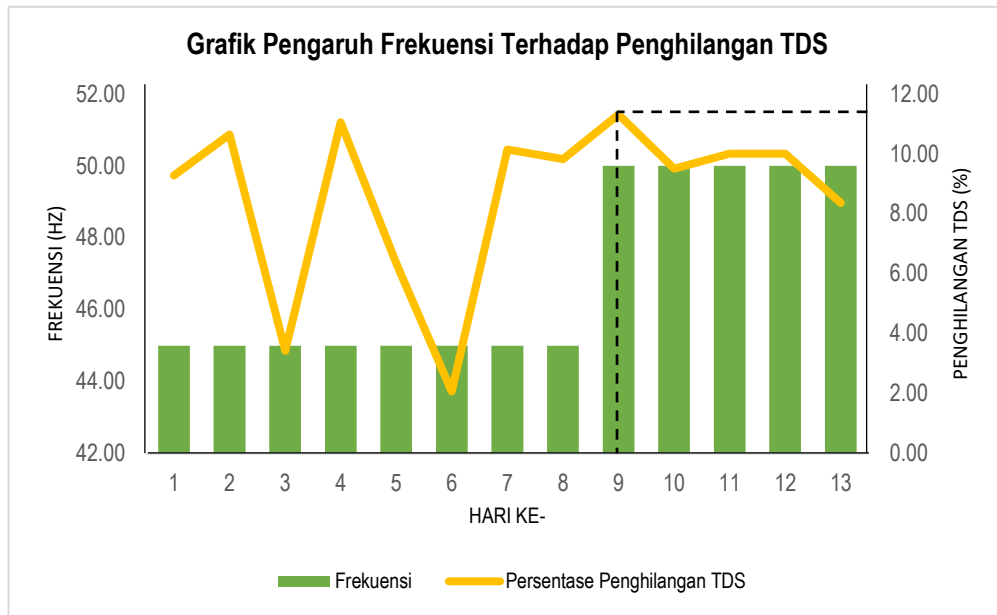
Tabel 7 Hasil Pilot Plant ITDC Nusa Dua Are Lagoon dengan Sistem HFNF

Frekuensi Pompa (Hz)	Tekanan				Operasi DT/TD/Flushing (detik)	Recovery (%)	Sample	Hasil Pengukuran				Persentase Penghilangan TDS (%)
	Down - Top		Top - Down					Debit (L/jam)	pH	TDS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	
	In	Out	In	Out								
40	2.16 2.67	1.95 2.59	2.19 2.52	2.18 2.47	600 / 600 / 10	50	Air Baku (Danau)	1000	8.80	1301	37	927.76%
							Air Baku + HCl	1000	6.50	1412	48	
							Permeate	300	6.50	1281	0	
							Reject	700	7.20	1586	104	
45	-	-	-	-	1600 / 1600 / 20	-	Air Baku	0	0.00	1398	0	Tidak Valid
							Permeate	0	0.00	0	0	
							Reject	0	0.00	0	0	
45	-	-	-	-	800 / 800 / 20	-	Air Baku + Screen	700	0.00	0	0	Tidak Valid
							Permeate	150	8.50	1236	0	
							Reject	575	0.00	0	0	
45	2.66 3.67	2.36 3.29	2.77 3.78	2.67 3.74	600 / 600 / 15	-	Air Baku (Danau)	1000	8.60	1376	39	Tidak Valid
							Air Baku + Screen	1000	8.60	1376	38	
							Air Baku + As. Sitrat 2.5 ppm	1000	6.60	1456	33	
							Permeate	300	6.60	1028	0	
							Reject	700	0.00	0	0	
45	2.16 2.67	1.95 2.53	2.19 2.52	2.18 2.47	600 / 600 / 15	27	Air Baku (Danau)	1000	8.30	1287	34	4.66%
							Air Baku + Screen	0	0.00	0	0	
							Air Baku + HCl	0	6.40	0	0	
							Permeate	300	6.50	1227	0	

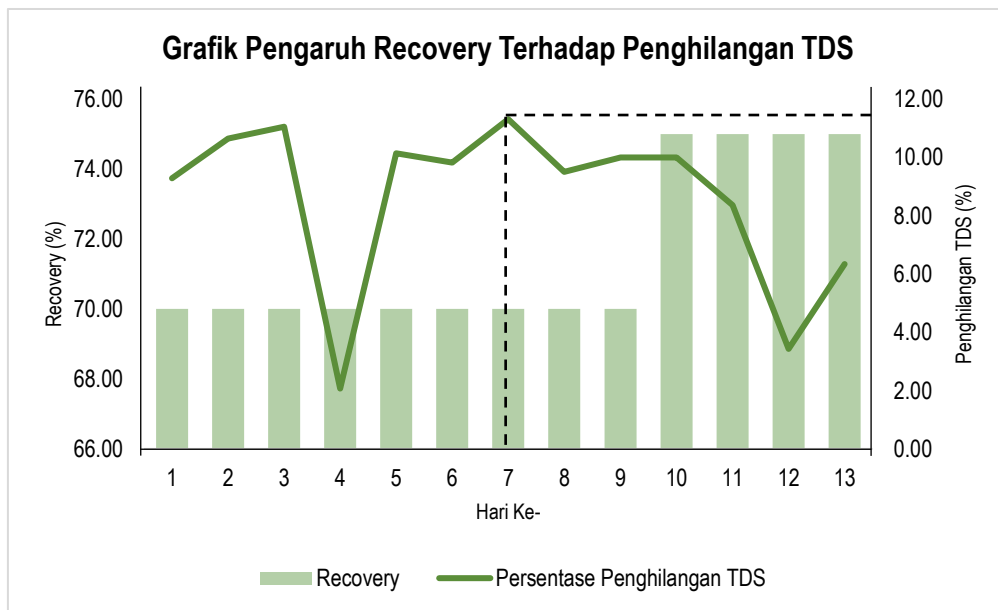
Frekuensi Pompa (Hz)	Tekanan				Operasi DT/TD/Flushing (detik)	Recovery (%)	Sample	Hasil Pengukuran				Persentase Penghilangan TDS (%)
	Down - Top		Top - Down					Debit (L/jam)	pH	TDS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	
	In	Out	In	Out								
							Reject	700	0.00	0	0	
45	2.8 3.4	2.58 3.17	2.69 3.30	2.53 3.21	600 / 600 / 15	70	Air Baku (Danau)	1000	8.80	1301	37	9.28%
							Air Baku + HCl	1000	6.50	1412	48	
							Permeate	300	6.50	1281	0	
							Reject	700	7.20	1586	104	
45	3.48 3.98	3.25 3.91	3.64 3.87	3.41 3.79	600 / 600 / 15	70	Air Baku (Danau)	1000	8.80	1297	37	10.64%
							Air Baku + HCl	1000	8.80	1297	36	
							Permeate	150	8.90	1159	0	
							Reject	700	8.70	1460	43	
45	2.77 3.1	2.53 2.9	2.69 2.98	2.65 2.85	600 / 600 / 15	75	Air Baku (Danau)	1000	8.30	1340	26	3.43%
							Air Baku + HCl	1000	8.30	1340	26	
							Permeate	350	8.10	1294	0	
							Reject	700	8.10	1489	52	
45	2.74 2.85	2.53 2.72	2.71 2.85	2.63 2.74	700 / 700 / 20	70	Air Baku (Danau)	1000	8.40	1372	34	11.05%
							Air Baku + HCl	1000	8.00	1421	47	
							Permeate	350	8.10	1264	0	
							Reject	700	7.80	1481	55	
45	2.87 3.71	2.72 3.69	2.83 3.67	2.75 3.45	700 / 700 / 20	75	Air Baku (Danau)	1000	8.10	1326	28	6.34%
							Air Baku + HCl	1000	8.00	1325	28	
							Permeate	350	8.00	1241	0	
							Reject	700	8.00	1489	51	
45					700 / 700 / 20	70	Air Baku (Danau)	1000	8.10	1280	26	

Frekuensi Pompa (Hz)	Tekanan				Operasi DT/TD/Flushing (detik)	Recovery (%)	Sample	Hasil Pengukuran				Persentase Penghilangan TDS (%)
	Down - Top		Top - Down					Debit (L/jam)	pH	TDS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	
	In	Out	In	Out								
	3.00	2.81	2.81	2.82			Air Baku + HCl	1000	8.00	1255	38	2.07%
	3.18	2.96	3.40	3.04			Permeate	350	8.00	1229	0	
							Reject	700	7.80	1408	42	
45	3.11	2.85	2.89	2.88	700 / 700 / 20	70	Air Baku (Danau)	1000	8.50	1281	28	10.14%
	3.51	3.48	3.58	3.41			Air Baku + HCl	1000	8.00	1332	29	
							Permeate	350	7.90	1197	0	
							Reject	700	8.00	1390	45	
45	3.32	3.04	3.08	3.12	700/700/20	70	Air Baku (Danau)	1000	8.00	1238	23	9.82%
	3.62	3.39	3.48	3.39			Air Baku + HCl	1000	7.60	1283	24	
							Permeate	350	7.80	1157	0	
							Reject	700	7.60	1324	25	
50	3.12	2.98	3.09	3.06	700 / 700 / 20	70	Air Baku (Danau)	1000	7.90	1238	23	11.31%
	3.44	3.21	3.33	3.30			Air Baku + HCl	1000	7.40	1282	27	
							Permeate	350	7.30	1137	0	
							Reject	700	7.50	1355	35	
50	3.05	2.73	2.98	2.81	700 / 700 / 20	70	Air Baku (Danau)	1000	7.60	1228	22	9.50%
	3.35	3.24	3.14	3.11			Air Baku + HCl	1000	7.30	1274	29	
							Permeate	350	7.40	1153	0	
							Reject	700	7.50	1368	34	
50	3.08	2.82	2.93	2.41	700 / 700 / 20	70	Air Baku (Danau)	1000	8.20	1260	25	10.00%
	3.35	2.91	3.12	3.04			Air Baku + HCl	1000	8.00	1250	27	
							Permeate	350	8.10	1125	0	

Frekuensi Pompa (Hz)	Tekanan				Operasi DT/TD/Flushing (detik)	Recovery (%)	Sample	Hasil Pengukuran				Persentase Penghilangan TDS (%)
	Down - Top		Top - Down					Debit (L/jam)	pH	TDS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	
	In	Out	In	Out								
							Reject	700	7.90	1317	36	
50	3.26 3.51	3.04 3.31	3.20 3.49	3.15 3.42	700 / 700 / 20	75	Air Baku (Danau)	1000	8.20	1260	25	10.00%
							Air Baku + HCl	1000	7.80	1250	27	
							Permeate	350	7.60	1125	0	
							Reject	700	7.90	1317	36	
50	2.89 3.55	2.48 3.40	3.03 3.45	2.91 3.38	700 / 700 / 20	75	Air Baku (Danau)	1000	7.80	1230	24	8.36%
							Air Baku + HCl	1000	7.80	1268	25	
							Permeate	350	7.50	1162	0	
							Reject	700	7.80	1315	26	



Gambar 5 Grafik Pengaruh Frekuensi terhadap Penghilangan TDS



Gambar 6 Grafik Pengaruh Recovery terhadap Penghilangan TDS

Berdasarkan hasil pilot plant, diperoleh persentase penghilangan TDS berdasarkan pengukuran TDS untuk air baku dan permeate. Pada hasil tersebut, terlihat bahwa dengan frekuensi pompa 50 Hz dan recovery sebesar 70% akan diperoleh persentase penghilangan TDS yang cukup tinggi, yaitu 11,31%; 9,5%; dan 10%.

Dari ketiga persentase tersebut, persentase penghilangan TDS sebesar 11,31% merupakan nilai optimum dan diperoleh dengan kombinasi :

- Frekuensi pompa : 50 Hz
- pH Air Baku : 7.4
- Flow Feed / Reject / Permeate : 1000 / 700 / 350 Lph
- Durasi Operasi TD / DT / Flushing : 700 / 700 / 20 detik
- Recovery : 70 %

BAGIAN 4

PERBANDINGAN HASIL KUALITAS EFFLUENT

Perbandingan kualitas effluent dilakukan dengan membandingkan 3 (tiga) macam sampel, yaitu effluent (air baku), produk DAF (*Dissolved Air Flotation*), dan produk dari pengolahan HFdNF dengan acuan baku mutu air minum Permenkes No. 492 / Menkes / Per / IV / 2010. Tabel 6 menunjukkan hasil kualitas effluent dari 3 (tiga) sampel tersebut.

No	Parameter	Unit	Hasil Test (Waste Water)	Hasil Test (Product DAF)	Hasil Test (Product Nano Filter)	Baku Mutu Air Minum : Permenkes No. 492 / Menkes/Per/IV/2010
PHYSICAL (ORGANOLEPTIC)						
1	Odor	-	Odor	Odorless	Odorless	Odorless
2	Dissolve Solids	mg/L	1670	1282	1327	500
3	Turbidity	NTU	22	5	<1	5
4	Taste	-	Taste	Tasteless	Tasteless	Tasteless
5	Color	TCU	45	14	<1	15
CHEMICAL						
1	pH	-	7	6.5	6.5	6.5 - 8.5
2	Hardness (CaCO ₃)	mg/L	350	355	275	500
3	Chloride (Cl)	mg/L	> 250	>250	>250	250
4	Chromium (Cr)	mg/L	0.14	0.03	0.01	0.05
5	Organic matter (KMnO ₄)	mg/L	12	1	0.5	10
6	Arsenic	mg/L	-	-	-	0.01
7	Cadmium (Cd)	mg/L	0.023	0.047	0.026	0.003
8	Flouride (F)	mg/L	< 0.10	0.02	0.02	1.5
9	Iron (Fe)	mg/L	0.11	0.06	0.01	0.03
10	Manganese (Mn)	mg/L	0.39	0.18	0.1	0.4
11	Cyanide (CN)	mg/L	0.01	0.005	0.005	0.007
12	Sulfate (SO ₄)	mg/L	220	140	100	250
13	Chlorine (Cl ₂)	mg/L	0	0.1	0.1	-
14	Cooper (Cu)	mg/L	0.21	0.01	0.01	2
15	Zink (Zn)	mg/L	2.36	2.34	2.23	3
16	Selenium (Se)	mg/L	-	-	-	0.01
17	Aluminium	mg/L	0.05	0.73	0.01	0.2
18	Ammonium (NH ₄)	mg/L	0.15	0	0	1.5

Berdasarkan Tabel 6, terlihat bahwa hasil produk dari pengolahan DAF dan pengolahan HFdNF sebagian besar menghasilkan kualitas yang memenuhi baku mutu Permenkes 492 / tahun 2010. Namun, untuk nilai TDS dari kedua produk pengolahan tetap berada diatas baku mutu air minum.

Nilai TDS yang tinggi mengakibatkan terganggunya aktivitas biologis. Air limbah domestik memiliki Peraturan Baku mutu Air Limbah Domestik, yaitu PermenLHK No. 68 / 2016. Berdasarkan hasil pemeriksaan, ternyata kualitas air limbah domestik yang akan ditampung di badan air belum memenuhi baku mutu untuk pH, BOD, COD, Amonia Nitrogen, dan *Coliform*. Tingginya nilai TDS diperkirakan bersumber dari :

- Pemeliharaan kolam renang yang menggunakan *salt chlorinator*
- Reject softener dan SWRO
- Pemanfaatan air sumur dalam yang bersifat payau sebagai air baku

Hal ini menyebabkan diperlukannya identifikasi terhadap buangan limbah dari masing-masing sumber / tenant.

BAGIAN 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN HASIL PILOT PLANT

Berdasarkan hasil pilot plant dapat disimpulkan bahwa :

- a) Kondisi optimal dari Pilot plant ITDC Nusa Dua sebagai berikut.
 - Frekuensi Pompa : 50 Hz
 - Debit
 - Feed : 1000 Lph
 - Permeate : 350 Lph
 - Reject : 700 Lph
 - Durasi operasi TD / DT : 700 detik
 - Durasi *Flushing* : 20 detik.
 - Recovery : 70%.

- b) Teknologi HFdNF mampu menghasilkan kualitas air produksi yang memenuhi baku mutu, tetapi untuk nilai TDS masih sedikit diatas batas maksimum baku mutu Permenkes No. 492 / Tahun 2010

- c) Keperluan bahan kimia pada Teknologi HFdNF hanya dalam jumlah minimum dan hanya diperlukan untuk proses CIP.

5.2 SARAN

- Diperlukannya identifikasi terhadap buangan limbah dari masing-masing sumber / tenant
- Diperlukannya pengolahan awal untuk menurunkan alga (salah satu cara dengan pH adjustment)
- Diperlukannya optimalisasi pengolahan limbah teknologi WSP untuk dapat menghasilkan *effluent* sesuai dengan baku mutu limbah domestik

BAGIAN 6

DOKUMENTASI



Gambar 6 Dokumentasi Pilot Plant Teknologi HFdNF



Gambar 7 Kunjungan Pilot Plant ITDC Nusa Dua (Dari Kiri atas ke Kanan) a. Kunjungan dari Sekolah Taman Rama; b. Kunjungan dari Bapak Agus Wisnu (Pihak STP); c. Kunjungan dari Bapak Gunamanta (Dosen); d. Kunjungan dari Ibu Ratna (Direktur ITDC Nusa Dua) dan Tim