

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum IPAL Komunal

Analisis data sekunder dilakukan untuk menentukan lokasi penelitian. Data sekunder yang didapatkan berasal dari Dinas Satker PPLP, diperoleh data bahwa Dinas PU membangun 119 IPAL menggunakan teknologi ABR. Pemilihan IPAL dilakukan menggunakan 2 variabel yang berbeda dari setiap IPAL. Variabel tersebut berupa cakupan layanan dan usia IPAL. IPAL Komunal di Kabupaten Bantul dipilih menjadi lokasi penelitian dikarenakan pada kabupaten ini terdapat IPAL Komunal yang berusia < 5 tahun dan ≥ 5 tahun, serta cakupan layanannya < 85 KK dan ≥ 85 KK. Penentuan usia kurang dari dan lebih dari 5 tahun didasarkan pada periode desain sedangkan untuk penentuan batas cakupan layanan ditentukan berdasarkan rata-rata seluruh cakupan layanan IPAL komunal yang ada di DIY. Lokasi yang memenuhi variabel usia dan cakupan layanan berada di Kabupaten Bantul tepatnya di Kecamatan Banguntapan serta sebagai IPAL pembanding, dilakukan penelitian di IPAL komunal Sukunan. Alasan pemilihan IPAL komunal Sukunan sebagai pembanding dikarenakan pada IPAL tersebut memiliki teknologi yang berbeda dari 4 IPAL yang berada di Kabupaten Bantul, yaitu *Anaerobic Filter* dengan penambahan *Contact Aeration*. Hasil observasi pada masing-masing IPAL adalah sebagai berikut.

a) IPAL Dokaran

IPAL komunal Dokaran tepatnya berada di Desa Tamanan, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten DIY, dibangun pada tahun 2012 oleh Dinas Satuan Kerja Penyehatan Permukiman Sanitasi Masyarakat (SATKER PPSM) dengan periode desain >20 tahun. Teknologi yang digunakan yaitu ABR dengan 7-9 kompartemen, kapasitas pelayanan pada IPAL komunal ini yaitu ± 100 KK. Untuk lebih jelasnya berikut ini gambar IPAL komunal Dokaran.



Gambar 4. 1 IPAL Komunal Dokaran

b) IPAL Grojogan

IPAL komunal Grojogan juga berada di Kecamatan Banguntapan, dibangun pada tahun 2013 oleh dinas SATKER PPSM. Teknologi yang digunakan yaitu ABR dengan 9 kompartemen, cakupan layanan pada IPAL ini yaitu sebanyak 90 KK atau 400 jiwa. Periode desainnya diperkirakan sampai dengan 20 tahun. Berdasarkan pemantauan dari BLH, IPAL komunal Grojogan mengandung kadar sabun yang tinggi. Untuk lebih jelasnya berikut ini gambar IPAL komunal Grojogan.



Gambar 4. 2 IPAL Komunal Grojogan

c) IPAL Nglebeng

IPAL komunal Nglebengan, dibangun pada tahun 2014 dengan teknologi ABR. Sama seperti IPAL sebelumnya, di IPAL ini juga memiliki 9 kompartemen pada teknologi ABR. Berdasarkan hasil wawancara dari pengelola, IPAL tersebut

belum pernah dipantau oleh BLH. Cakupan layanan pada IPAL ini yaitu sekitar 70-80 KK. Untuk lebih jelasnya, berikut gambar dari IPAL komunal Nglebengan.



Gambar 4. 3 IPAL Komunal Nglebengan

d) IPAL Pamotan Lor

IPAL komunal Pamotan Lor, memiliki teknologi ABR dengan 5 kompartemen. Dibangun pada tahun 2012 oleh dinas SATKER PPSM. Cakupan layanannya yaitu 60-70 KK. Untuk lebih jelasnya, berikut gambar dari IPAL komunal Pamotan Lor.



Gambar 4. 4 IPAL Komunal Pamotan Lor

e) IPAL Sukunan

IPAL komunal Sukunan, tepatnya berada di Kecamatan Gamping didirikan pada tahun 2008 sebagai IPAL pembanding, IPAL ini memiliki teknologi pengolahan menggunakan Anaerobic Filter dan Contact Aeration. Untuk cakupan layanannya yaitu 15 KK. Untuk lebih jelasnya, berikut gambar dari IPAL komunal Sukunan.



Gambar 4. 5 IPAL Komunal Sukunan

4.2 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah terdiri dari karakteristik fisika, kimia, dan biologi yang dapat menunjukkan kualitas dari air limbah tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kualitas air limbah melalui pengujian beberapa parameter fisik dan kimia. Parameter tersebut diantaranya, Amonia, BOD, COD, TSS, serta Minyak dan Lemak. Sedangkan untuk parameter tambahan lainnya yaitu DO, pH, dan suhu. Beberapa parameter tersebut akan dianalisis keterkaitannya terhadap nilai toksisitas yang telah didapatkan. Berikut hasil pengujian parameter fisik dan kimia.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Influen dan Efluen Air Limbah

No.	IPAL	Sampel	Amonia (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Minyak Lemak (mg/L)
1	IPAL Dokaran	Influen	38,35	483,87	153,75	671,67	197,00
		Efluen	37,17	68,55	143,75	483,33	39,00
2	IPAL Grojogan	Influen	40,00	282,26	352,50	1205,00	606,00
		Efluen	37,64	56,45	122,50	303,33	177,00
3	IPAL Pamotan Lor	Influen	12,00	967,74	410,00	323,33	130,00
		Efluen	11,44	84,68	222,50	185,00	91,00
4	IPAL Nglebeng	Influen	9,84	483,87	235,00	273,33	86,00
		Efluen	6,54	16,13	167,50	115,00	14,00
5	IPAL Sukunan II	Influen	3,51	201,61	500,00	80,00	4,00
		Efluen	2,85	92,74	331,25	16,67	1,00

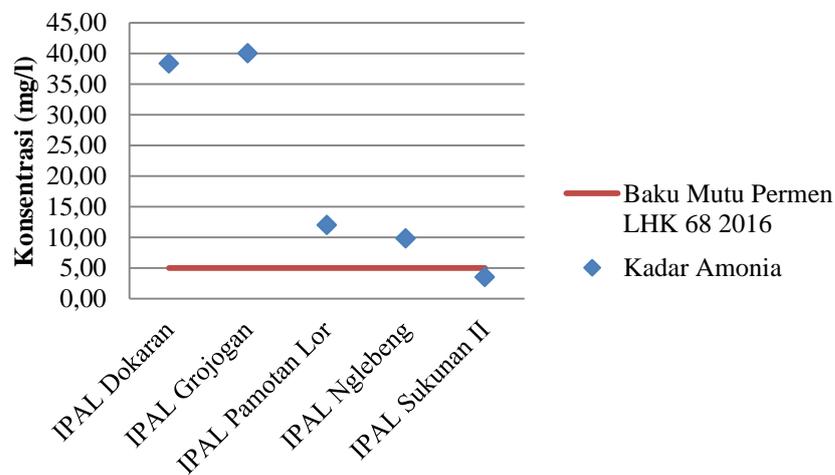
Sumber: Analisis Data

4.2.1 Amonia

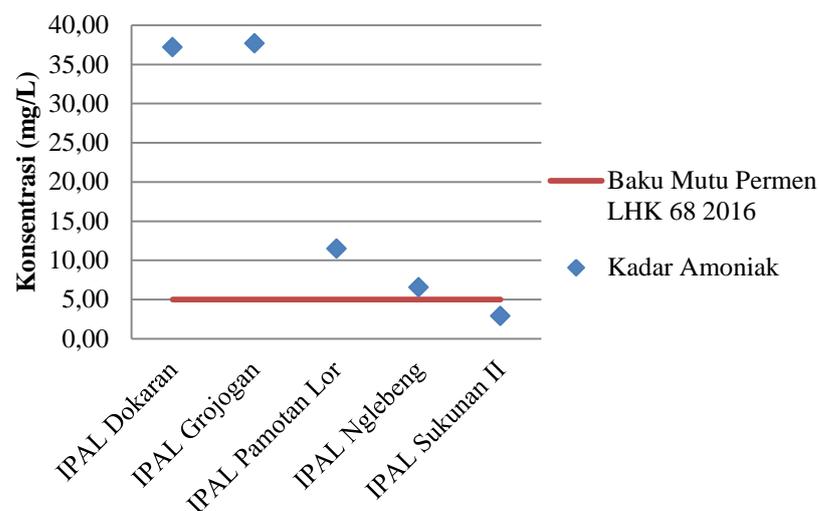
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dari 5 IPAL komunal yang diuji hanya IPAL Sukunan yang memenuhi standar baku mutu. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 kadar amonia yang aman bagi lingkungan yaitu 5 mg/L. Konsentrasi amonia umumnya melebihi baku mutu yang dipersyaratkan, kecuali pada IPAL Sukunan. Kadar amonia berkisar 6,54 – 40 mg/L. Konsentrasi amonia tertinggi berada di IPAL Grojogan pada influen maupun efluen air limbah. Kadar amonia yang tinggi, dapat mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik dari air limbah domestik (Wira, 2009). Sumber dari amonia yaitu air seni, tinja, dan oksidasi zat organik oleh bakteri secara alami (Pratiwi, 2007).

Tingginya konsentrasi amonia pada keempat IPAL dapat dipengaruhi oleh aktivitas masyarakat sekitar. Selain itu, kemampuan teknologi pengolahan ABR dalam menyisihkan kadar amonia juga belum optimal sehingga kadar amonia secara umum masih tinggi. Semakin tinggi kandungan amonia didalam air limbah maka akan semakin bersifat toksik (Wira, 2009), kadar amonia tidak boleh melebihi 0,2 mg/L (Radini, 2006) karena akan bersifat toksik terhadap organisme perairan. Avertebrata air lebih toleran terhadap toksisitas amonia daripada ikan.

Pengaruh amonia terhadap proses biologi tergantung pada proporsi dan distribusi dari NH_3 dan NH_4^+ . Proporsi NH_3 dan NH_4^+ ditentukan oleh pH dan suhu air (Sutomo, 1989). Toksisitas amonia dipengaruhi oleh pH yang ditunjukkan dengan kondisi pH rendah akan bersifat racun jika jumlah amonia banyak, sedangkan dengan kondisi pH tinggi hanya dengan jumlah amonia yang sedikit akan bersifat racun. Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Wira, 2009). Berikut adalah grafik yang menunjukkan kadar amonia pada influen maupun efluen di setiap IPAL.



Gambar 4. 6 Kadar Amonia pada Influen IPAL

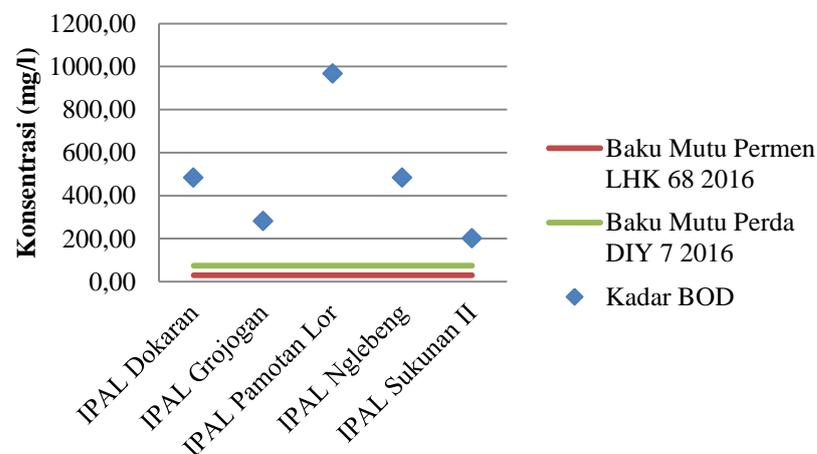


Gambar 4. 7 Kadar Amonia pada Efluen IPAL

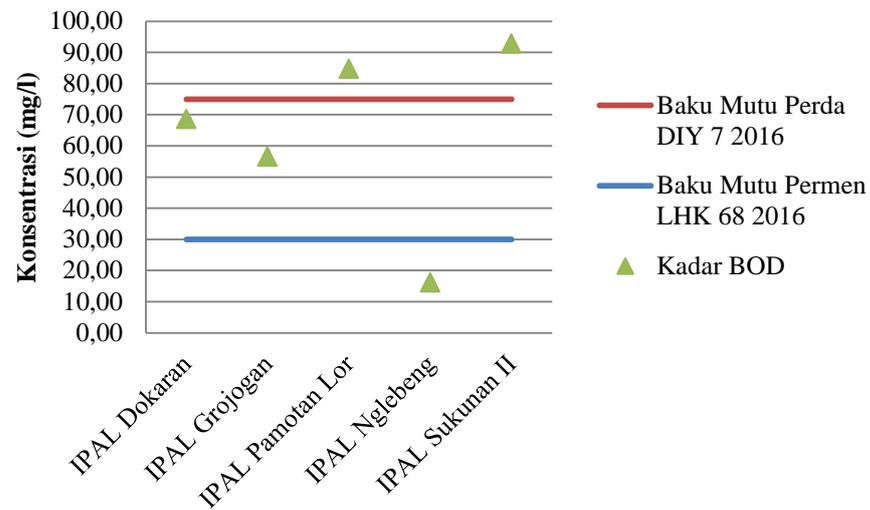
Analisis penurunan konsentrasi amonia dengan teknologi pengolahan ABR masih jarang dilakukan dalam beberapa penelitian, namun berdasarkan hasil penelitian Adisuasono (2013) menunjukkan teknologi dengan sistem aerobik dapat menurunkan konsentrasi amonia hingga 95%. Artinya pengolahan dengan sistem aerobik lebih efisien dalam menurunkan kadar amonia dibandingkan anaerobik.

4.2.2 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Parameter penting lainnya untuk menentukan kualitas air terutama air limbah yaitu BOD. BOD menunjukkan jumlah bahan organik didalam air yang dapat didegradasi secara biologis. Pada hasil pengujian kelima IPAL menunjukkan nilai BOD melebihi batas baku mutu yang dipersyaratkan (30 mg/L) berdasarkan Permen LHK No. 68 Tahun 2016, kecuali efluen IPAL Nglebeng dengan nilai BOD sebesar 16,13 mg/L. Sedangkan jika dibandingkan dengan standar baku mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016 (75 mg/L), secara umum nilai BOD kelima IPAL masih belum memenuhi baku mutu, kecuali nilai BOD pada efluen IPAL Dokaran, IPAL Grojogan, dan IPAL Nglebeng. Konsentrasi yang melebihi baku mutu berkisar 84,68 - 967,74 mg/L. Konsentrasi tersebut dapat digolongkan dalam kategori yang tinggi untuk air limbah. Air dengan nilai BOD tinggi ini menunjukkan jumlah pencemar yang tinggi terutama pencemar yang disebabkan oleh bahan organik.



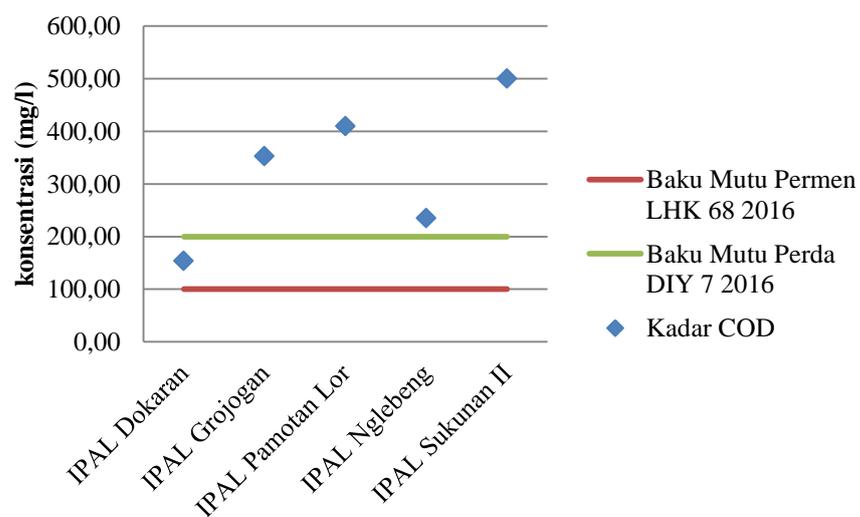
Gambar 4. 8 Kadar BOD pada Influen IPAL



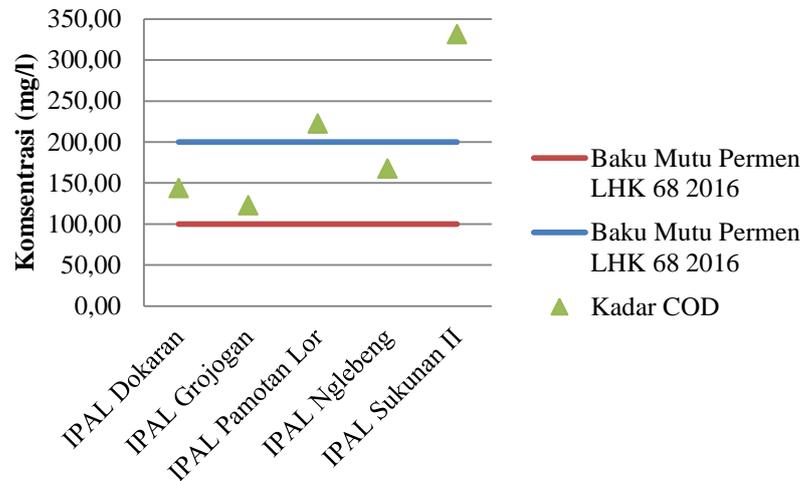
Gambar 4. 9 Kadar BOD pada Efluen IPAL

4.2.3 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Dari hasil pengujian menunjukkan konsentrasi COD dari influen maupun efluen IPAL berada diatas standar baku mutu. Konsentrasi COD pada kelima IPAL berkisar 122,5 – 500 mg/L dengan konsentrasi paling tinggi berada di IPAL Sukunan. Berikut grafik yang menunjukkan konsentrasi COD pada influen maupun efluen.



Gambar 4. 10 Kadar COD pada Influen IPAL

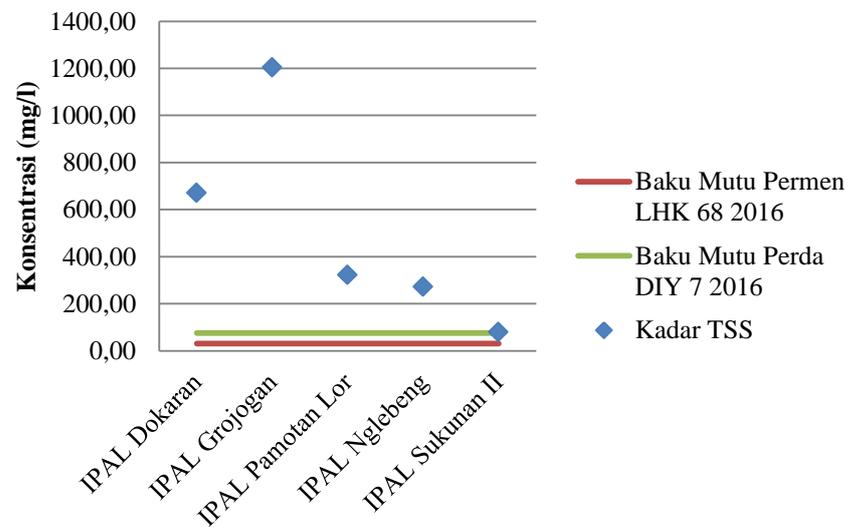


Gambar 4. 11 Kadar COD pada Efluen IPAL

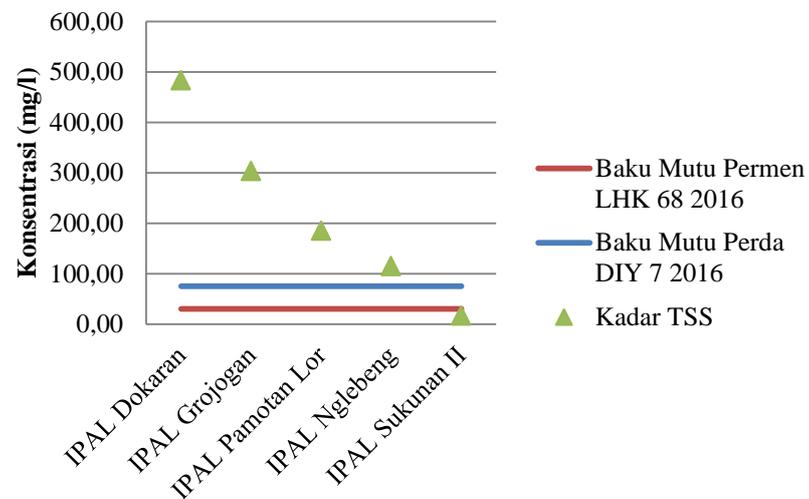
Konsentrasi COD yang tinggi tersebut dapat menyebabkan kandungan oksigen terlarut didalam air menjadi rendah bahkan habis. Oksigen yang digunakan sebagai sumber kehidupan makhluk air berkurang sehingga berakibat tidak terpenuhinya kebutuhan makhluk air dan menyebabkan kematian (Alfrida et.al, 2016).

4.2.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

Konsentrasi TSS pada umumnya melebihi baku mutu kecuali pada efluen IPAL Sukunan. Nilai konsentrasi TSS efluen IPAL Sukunan yaitu 16,67 mg/L. Dilihat dari grafik pada gambar 4.12 diketahui bahwa konsentrasi TSS berada pada kisaran 80-1205 mg/L pada influen air limbah. Sedangkan konsentrasi TSS pada efluen air limbah berkisar antara 16,67-483,33 mg/L. Standar baku mutu yang dipersyaratkan untuk TSS berdasarkan Permen LHK No.68 tahun 2016 yaitu 30 mg/L dan berdasarkan Perda DIY No.7 tahun 2016 yaitu 75 mg/L. Berdasarkan pengamatan visual air limbah yang keluar dari kelima IPAL masih banyak terdapat padatan-padatan kecil, kecuali pada IPAL Sukunan yang relatif bersih tanpa ada padatan. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian konsentrasi TSS yang menunjukkan IPAL Sukunan memiliki nilai TSS dibawah baku mutu yang dipersyaratkan. Berikut adalah grafik yang menunjukkan hasil pengujian konsentrasi TSS.



Gambar 4. 12 Kadar TSS pada Influen IPAL

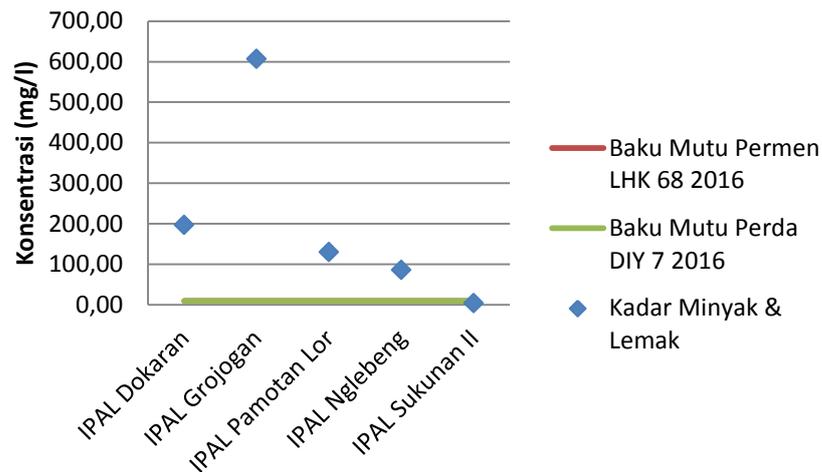


Gambar 4. 13 Kadar TSS pada Efluen IPAL

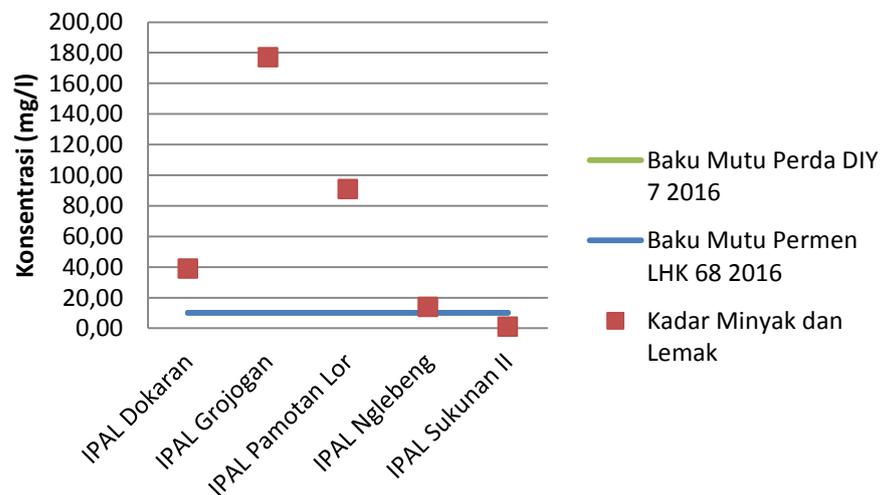
4.2.5 Minyak dan Lemak

Konsentrasi minyak dan lemak di semua IPAL secara umum melebihi baku mutu yang dipersyaratkan (10 mg/L), kecuali di IPAL Sukunan yang digunakan sebagai IPAL pembanding. Konsentrasi minyak dan lemak di empat IPAL lainnya berkisar antara 86-606 mg/L pada influen IPAL dan berkisar antara 14-177 mg/L pada efluen IPAL. Secara umum konsentrasi ini tergolong tinggi,

terutama di IPAL Grojogan yang memiliki kadar minyak dan lemak hingga mencapai nilai 606 mg/L pada influen dan 177 mg/L pada efluen. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik dari air limbah yang masuk ke dalam IPAL Grojogan lebih dominan berasal dari dapur yaitu pemakaian minyak yang cukup tinggi.



Gambar 4. 14 Kadar Minyak & Lemak pada Influen IPAL



Gambar 4. 15 Kadar Minyak dan Lemak pada Efluen IPAL

Minyak dan lemak yang masuk ke perairan dapat menyebar dan membentuk lapisan tipis yang terdapat dipermukaan, emulsi dan fraksi terserap (Alfrida et.al, 2016). Hal ini juga sesuai dengan kondisi IPAL Grojogan pada saat

melakukan sampling, dimana terlihat lapisan yang cukup tebal menutupi permukaan air limbah di inlet IPAL. Kadar minyak mineral dan produk petroleum yang diperkenankan terdapat dalam air minum yaitu berkisar antara 0,01-0,1 mg/L. Menurut UNESCO/WHO/UNEP 1992, kadar yang melebihi 0,3 mg/L bersifat toksik terhadap beberapa jenis ikan tawar.

4.3 WET (*Whole Efluen Toxicity*)

Pengujian toksisitas akut dilakukan dalam beberapa tahapan, diantaranya aklimatisasi hewan uji, uji pendahuluan (*range finding test*), dan uji definitif. Aklimatisasi dapat dikatakan sebagai proses adaptasi hewan uji terhadap lingkungan baru pada saat pengkulturan *Daphnia magna*. Setelah dipastikan *Daphnia magna* berada dalam kondisi baik, *Daphnia* dapat digunakan untuk uji pendahuluan dan uji toksisitas. Uji pendahuluan dilakukan selama 24 jam, dikarenakan usia air limbah untuk uji toksisitas <36 jam (USEPA, 2002). Uji toksisitas dilakukan menggunakan batas konsentrasi yang didapatkan dari uji pendahuluan. Berikut penjelasan mengenai hasil penelitian yang dilakukan.

4.3.1 Aklimatisasi hewan uji

Aklimatisasi hewan uji adalah tahapan sebelum hewan uji digunakan dalam uji toksisitas akut. Proses ini memiliki tujuan untuk mengetahui berapa mortalitas yang terjadi pada *Daphnia magna* tanpa perlakuan. Populasi hewan uji ini dianggap memenuhi syarat untuk pengujian jika dalam waktu 2 jam hewan uji yang boleh mati <10% dari populasi hewan uji yang diaklimatisasi (Tivany, 2017). Dari hasil pengamatan selama 2 jam, *Daphnia magna* masih bertahan hidup 100%, yang artinya tidak ada kematian yang terjadi selama kurun waktu tersebut. Sehingga *Daphnia magna* yang diaklimatisasi layak digunakan untuk uji toksisitas.

4.3.2 Uji Pendahuluan

Uji ini dilakukan selama 24 jam dengan variasi konsentrasi yaitu 0%; 6,25%;12,5%; 25%; 50%; dan 100% (US EPA, 2000). Berdasarkan hasil pengamatan, jumlah kematian *Daphnia magna* pada kelima IPAL rata-rata hanya

mengalami kematian 1 ekor hewan uji pada konsentrasi 0% yang digunakan sebagai kontrol. Syarat keberhasilan pengujian adalah pada saat proses pengujian jumlah kematian hewan uji dikontrol tidak lebih dari 90% (USEPA, 2002), sehingga pengujian yang dilakukan benar dan dapat diterima.

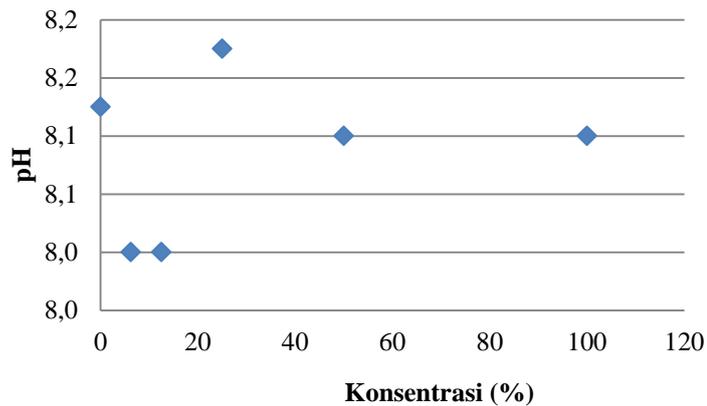
Hasil pengamatan yang dilakukan selama 24 jam menunjukkan jumlah kematian hewan uji relatif tidak signifikan, bahkan influen maupun efluen air limbah tidak mampu mematikan populasi *Daphnia Magna* hingga konsentrasi tertinggi yaitu 100% pada IPAL Sukunan. Konsentrasi yang dapat digunakan untuk uji toksisitas berkisar antara 0-100% pada kelima IPAL. Sehingga diperoleh nilai variasi konsentrasi pada masing-masing IPAL adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Variasi Konsentrasi Untuk Uji Definitif

Nama IPAL	Konsentrasi Pengenceran	
	Influen	Efluen
Dokaran	0%; 50%; 59,46%; 71%; 84%; 100%	0%; 50%; 59,46%; 71%; 84%; 100%
Grojogan	0%; 50%; 59,46%; 71%; 84%; 100%	0%; 50%; 59,46%; 71%; 84%; 100%
Pamotan Lor	12,5%; 26,02%; 35,36%; 59,46%; 100%	6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100%
Nglebeng	6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100%	6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100%
Sukunan	6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100%	6,25%; 12,5%; 25%; 50%; 100%

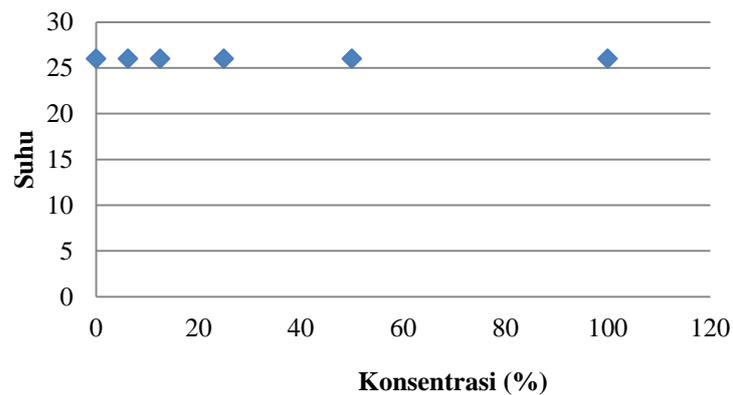
4.3.3 Parameter pH, Suhu dan DO (Dissolved Oxygen)

pH, suhu, dan DO menjadi parameter yang mempengaruhi kehidupan *Daphnia magna*. Selama uji pendahuluan, dilakukan pengukuran ketiga parameter tersebut yang bisa menjadi penunjang kehidupan *Daphnia magna*. Grafik berikut menunjukkan hasil pengukuran rata-rata pH, suhu, dan DO pada pengujian di kelima IPAL selama 24 jam.



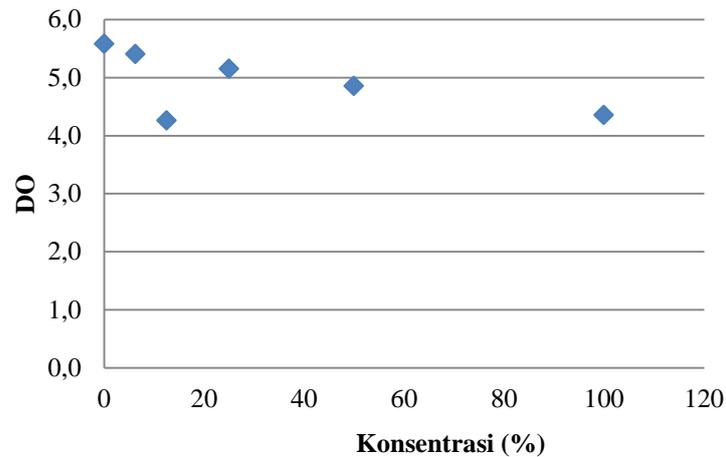
Gambar 4. 16 Pengukuran pH pada Uji Pendahuluan

Berdasarkan gambar 4.17 disimpulkan bahwa pada saat pengujian, nilai pH berkisar antara 8,0 – 8,2. Kisaran pH tersebut berada pada rentang pH yang dianjurkan dalam siklus hidup optimal *Daphnia magna* yaitu 7,2-8,5 (Clare, 2002).



Gambar 4. 17 Pengukuran Suhu pada Uji Pendahuluan

Hasil pengujian menunjukkan rata-rata suhu pada saat pengujian yaitu 26°C. Sedangkan suhu yang masih dapat ditoleransi oleh *Daphnia magna* pada umumnya dapat hidup optimal dengan kisaran suhu 22-31° C (Radini, 2004).



Gambar 4. 18 Pengukuran DO pada Uji Pendahuluan

Dari gambar 4.15 dapat dilihat bahwa kadar DO pada setiap konsentrasi memiliki rentang diantara 4,2-5,6 mg/L. Jika dilihat pada umumnya *Daphnia* dapat hidup pada kondisi DO diatas 3 mg/l (Ebert,2005). Kondisi ini sangat baik unuk *Daphnia magna* karena DO atau oksigen terlarut sangat dibutuhkan oleh *Daphnia magna* dalam proses metabolisme di dalam tubuhnya. Apabila kadar DO di air tidak tersedia dalam jumlah yang cukup akan menyebabkan kualitas air menurun dan mengakibatkan kematian pada organisme perairan. (Tivany et.al, 2017).

4.3.4 Uji Toksisitas

Pada pengujian toksisitas akut selama 4 hari, diamati kematian hewan uji setiap 24 jam. Dari pengamatan tersebut diperoleh nilai mortalitas kematian *Daphnia magna* serta data pengukuran nilai pH, suhu, dan DO. Mortalitas kematian tersebut digunakan untuk menentukan nilai LC_{50} menggunakan metode *spearman karber*. LC_{50} merupakan konsentrasi toksik yang diperkirakan mampu mematikan 50% populasi hewan uji (EPA, 1987). Dalam penelitian ini dipilih metode *spearman karber* dikarenakan paling sesuai dengan hasil data penelitian. Pengujian yang dilakukan di kelima IPAL memiliki nilai LC_{50} yang berbeda-beda.

Pada pengujian di IPAL Dokaran selama 24 hingga 72 jam tidak mampu menyebabkan kematian hewan uji bahkan sampai konsentrasi tertinggi yaitu 100%, namun pada pengujian 96 jam terdapat kematian. Hal ini terjadi pada

pengujian contoh uji influen. Sedangkan untuk contoh uji efluen air limbah dalam waktu 24 jam pengujian, dapat mematikan populasi hewan uji pada konsentrasi pengenceran 59,46% - 100%. Mortalitas kematian selama 24 jam tersebut relatif sama hingga pengujian selama 96 jam. Dari hasil pengamatan mortalitas kematian hewan uji di IPAL Dokaran ini menunjukkan nilai LC_{50} sebesar 1,6% dan 2,22%. Dalam pengujian dilakukan pengukuran beberapa parameter fisik, sama seperti halnya saat melakukan uji pendahuluan, yaitu pengukuran pH, suhu, dan DO. Kondisi pH selama pengujian dalam waktu 96 jam relatif sama di semua konsentrasi yaitu 8,6. Kondisi pH apabila $>9,5$ dapat memicu kematian *Daphnia* (Joana et.al, 2010). Sedangkan temperatur berada dalam suhu $26^{\circ}C$ diseluruh konsentrasi. Temperatur tersebut berada dalam rentang yang masih mendukung kehidupan *Daphnia*. Untuk nilai DO berada dalam kisaran 5,6 – 5,2 mg/L, nilai DO berbanding terbalik dengan konsentrasi limbah artinya semakin besar konsentrasi semakin kecil nilai DO. Kisaran tersebut berada diatas nilai 3 mg/L sehingga *Daphnia* masih dapat bertahan hidup.

Sampel pengujian influen maupun efluen air limbah di IPAL Grojogan selama 24 jam mampu menyebabkan kematian hewan uji. Berdasarkan pengamatan jumlah kematian hewan uji, diperoleh nilai LC_{50} yaitu 5,78% untuk influen dan 2,30% untuk efluen IPAL. Secara umum, nilai dari pengukuran pH pada pengujian yaitu 8,5 dimana nilai pH tersebut relatif sama pada semua konsentrasi. Sedangkan untuk temperatur pada saat pengujian berada pada suhu $25^{\circ}C$ pada semua konsentrasi. Nilai DO berada dalam kisaran 5,1-4,8 mg/L. Semua kisaran nilai pH, suhu, dan DO masih berada dalam rentang yang sesuai untuk menunjang kehidupan *Daphnia* selama masa pengujian.

Pada IPAL Sukunan tidak diperoleh nilai LC_{50} , hal ini disebabkan oleh jumlah kematian hewan uji yang tidak terjadi selama 96 jam pada semua konsentrasi. Dari hasil pengamatan selama 96 jam tersebut menunjukkan bahwa dari air limbah influen maupun efluen IPAL tidak toksik terhadap *Daphnia*. Nilai pH yang diukur pada saat pengujian yaitu 7, sedangkan untuk nilai DO berada

pada kisaran 4,3-3,3 mg/L. Temperatur yang diukur masih berada dalam kisaran 25-26°C seperti pengujian pada IPAL lainnya.

Hasil pengamatan dari pengujian di IPAL Pamotan Lor menunjukkan selama 24 jam, pengujian toksisitas air limbah pada hewan uji mampu menyebabkan kematian baik untuk contoh uji influen maupun efluen. Diperoleh hasil perhitungan LC_{50} yaitu 1,98% pada influen dan 1,33% pada efluen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa influen maupun efluen bersifat toksik. Hal ini dapat dilihat dari parameter penunjangnya yaitu pH, suhu, dan DO yang masih berada dalam rentang yang sesuai untuk kehidupan *Daphnia*. Masing-masing nilainya yaitu: untuk pH dalam masa pengujian berada pada kisaran nilai 8-8,2; untuk temperatur rata-rata berada dalam suhu 25°C; dan nilai DO berada dalam kisaran 4,5-3,8 mg/L. Rentang nilai pH, suhu, dan DO yang demikian membuktikan bahwa kematian hewan uji disebabkan oleh nilai toksisitas air limbah tersebut.

IPAL Nglebeng relatif sama dengan IPAL Grojogan dan IPAL Pamotan Lor, karena dalam waktu 24 jam dapat menyebabkan kematian hewan uji. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh nilai LC_{50} yang relatif rendah diantara kelima IPAL yang diuji, yaitu sebesar 1,15% di efluen IPAL, sedangkan untuk nilai LC_{50} di influen sebesar 1,33%. Artinya dalam konsentrasi pengenceran rendah tersebut, mampu menyebabkan kematian hewan uji. Dalam pengujian dilakukan pengukuran nilai pH, suhu, dan DO sama seperti pada pengujian sebelumnya. Hasil yang didapatkan dari pengukuran tersebut yaitu: pH berada pada nilai 7; temperaturnya berada pada suhu 26°C; sedangkan DO berada dalam kisaran 4,3-4,1 mg/L.

Tabel 4. 3 Nilai LC_{50}

Nama IPAL	Nilai LC_{50} (%)	
	Influen	Efluen
Dokaran	1,6	2,22
Grojogan	5,78	2,30
Pamotan Lor	1,98	1,33
Nglebengan	1,15	1,33
Sukunan	-	-

Dari masing-masing parameter yang diukur pada saat pengujian, dapat dilihat bahwa dari kelima IPAL yang diuji memiliki rentang nilai pH, suhu, dan DO yang tidak jauh berbeda sehingga dapat menunjang kehidupan *Daphnia magna*. *Daphnia magna* membutuhkan kandungan oksigen terlarut dengan konsentrasi minimal 3,5 mg/L namun pada konsentrasi < 1 mg/L dapat mengakibatkan kematian bagi *Daphnia* (Anonim, 2009). Menurut Pennak (1989), *Daphnia* membutuhkan pH yang sedikit alkalin yaitu antara 6,5 – 8,5. Leung (2009), menambahkan bahwa pH optimum untuk pertumbuhan *Daphnia* adalah 7 – 8,2. Sedangkan menurut Yulianti (1985), *Daphnia magna* dapat tumbuh dan berkembang pada suhu 24-28°C dan diluar kisaran tersebut *Daphnia* akan cenderung dalam kondisi dorman. Nilai LC₅₀ masing-masing IPAL juga menunjukkan bahwa kelima IPAL memiliki variasi nilai LC₅₀ yang berbeda yang dapat disebabkan oleh karakteristik air limbah yang diuji.

4.3.5 Toxicity Unit Acute

Toxicity unit acute didapatkan dari perhitungan $100/LC_{50}$. *Toxicity Unit* merupakan ukuran toksisitas pada efluen sebagai penentu satuan toksisitas akut (TUa) atau toksisitas kronis (TUc). Nilai *toxicity unit acute* (TUa) pada setiap IPAL dapat dilihat melalui tabel berikut.

Tabel 4. 4 Nilai TUa disetiap IPAL

Nama IPAL	Nilai TUa	
	Influen	Efluen
Dokaran	62,57	45,05
Grojogan	17,30	43,4
Pamotan Lor	50,54	75,03
Nglebeng	87,06	75,03
Sukunan	-	-

Sumber: Analisis Data

Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa di kelima IPAL yang diuji memiliki rentang nilai 17,3 – 86,96 pada influen air limbah dan rentang nilai 43,48 – 75,19 pada efluen air limbah. Secara umum nilai Tu pada influen maupun efluen air limbah masuk dalam kategori *high acute toxicity*, kecuali pada IPAL Sukunan yang digunakan sebagai IPAL pembanding termasuk dalam

kategori *no acute toxicity* (Persoone et al, 2003). Berikut hasil uji toksisitas pada influen dan efluen air limbah.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Toksisitas pada influen dan efluen IPAL

Nama IPAL	Nilai LC ₅₀	Nilai TUa	Kelas	Toksisitas
Influen				
Dokaran	1,6	62,57	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Grojogan	5,78	17,30	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Pamotan Lor	1,98	50,54	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Nglebengan	1,15	87,06	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Sukunan	-	-	-	<i>No Acute Toxicity</i>
Efluen				
Dokaran	2,22	45,05	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Grojogan	2,3	43,30	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Pamotan Lor	1,33	75,03	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Nglebengan	1,33	75,03	IV	<i>High Acute Toxicity</i>
Sukunan	-	-	-	<i>No Acute Toxicity</i>

Sumber: Persoone et al, 2003

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai TU paling tinggi berada di IPAL Nglebeng pada influen maupun efluen air limbah. Sedangkan untuk nilai TU paling rendah berada di IPAL Grojogan pada influen maupun efluen air limbah. Dari semua hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa influen maupun efluen air limbah dari keempat IPAL toksik terhadap *Daphnia*, namun tidak toksik pada air limbah IPAL Sukunan yang digunakan sebagai IPAL pembanding.

Berdasarkan hasil penelitian Fatma (2015), uji toksisitas akut yang dilakukan pada IPAL komunal di Turki dengan hewan uji yang sama, termasuk dalam kategori *acute toxicity* (Persoone et.al, 2003) dengan waktu kematian relatif sama seperti penelitian ini, yaitu dalam kurun waktu 24 jam dapat menyebabkan kematian *Daphnia Magna*. Karakteristik air limbah yang diuji juga melebihi batas baku mutu yang berlaku.

4.4 Analisis hubungan karakteristik air limbah dengan nilai LC₅₀

Hasil pengujian parameter fisik dan kimia yang diperoleh dianalisis pengaruhnya terhadap kematian hewan uji pada uji toksisitas akut. Berikut ini adalah hasil pengujian karakteristik air limbah pada influen maupun efluen.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian pada Influen

Nama IPAL	Nilai LC ₅₀	Amonia	TSS	BOD	COD	Minyak & Lemak
Dokaran	1,6	39	671	484	154	137
Grojogan	5,78	40	1205	282	352	606
Pamotan Lor	1,98	12	323	968	410	130
Nglebengan	1,15	9,8	273	484	235	86
Sukunan	0	3,5	80	201	500	4

Sumber: Analisis Data

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian pada Efluen

Nama IPAL	Nilai LC ₅₀	Amonia	TSS	BOD	COD	Minyak & Lemak
Dokaran	2,22	37	483	69	144	39
Grojogan	2,3	38	303	56	122	177
Pamotan Lor	1,33	11	185	85	222	91
Nglebengan	1,33	6,5	115	16	135	14
Sukunan	0	3	16	92	331	1

Sumber: Analisis Data

Dari hasil pengujian tersebut dilakukan analisis mengenai hubungan karakteristik air limbah pada influen dan efluen dengan nilai LC₅₀. Analisis dilakukan menggunakan aplikasi SPSS versi 23 dengan metode analisis regresi linier berganda. Berikut adalah hasil dari analisis SPSS.

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	MINYAK & LEMAK, COD, BOD, AMONIA, TSS ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: LC50

b. All requested variables entered.

Tabel diatas menunjukkan variabel yang masuk untuk dianalisis adalah Minyak & Lemak, COD, BOD, Amonia, dan TSS sebagai variabel independen sedangkan nilai LC₅₀ sebagai variabel dependen. Kemudian output selanjutnya.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,962 ^a	,926	,833	,66203	,926	10,003	5	4	,022

a. Predictors: (Constant), MINYAK & LEMAK, COD, BOD, AMONIA, TSS

Tabel *model summary* menunjukkan besarnya pengaruh seluruh variabel independen terhadap dependen. Pengaruh tersebut disimbolkan dengan R (korelasi). Nilai R yang diperoleh dari analisis seperti terlihat pada tabel yaitu 0,962 artinya pengaruh BOD, COD, TSS, Amonia, serta Minyak & Lemak terhadap nilai LC₅₀ sebesar 96,2%. Namun nilai R terkadang dapat terkontaminasi oleh nilai lain maka SPSS memberikan nilai *R Square*, sesuai tabel diperoleh nilai R square sebesar 92,6% sedangkan *adjusted R square* digunakan untuk mendapatkan nilai R yang lebih akurat. Dari tabel diperoleh nilai *adjusted R square* sebesar 083,3%. Artinya, hubungan antara karakteristik air limbah dengan nilai LC₅₀ cukup besar. Selanjutnya untuk melihat keakuratan hasil data dapat dilihat pada standar eror yang diperkirakan, nilai standar eror yang semakin mendekati nol menunjukkan hasil data yang semakin akurat. Pada tabel didapatkan nilai 0,662 artinya hasil analisis data cukup akurat.

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	21,921	5	4,384	10,003	,022 ^b
	Residual	1,753	4	,438		
	Total	23,674	9			

a. Dependent Variable: LC50

b. Predictors: (Constant), MINYAK & LEMAK, COD, BOD, AMONIA, TSS

Kemudian tabel selanjutnya menunjukkan berpengaruh tidaknya karakteristik air limbah terhadap nilai LC_{50} secara simultan (bersama-sama). Untuk menyimpulkan pengaruhnya terdapat dua cara, yaitu dengan melihat nilai signifikansinya dan membandingkan nilai F_{hitung} dengan F_{tabel} . Dari tabel didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,022 artinya terdapat pengaruh antara karakteristik air limbah dengan nilai LC_{50} signifikan. Karena, nilai signifikansi kurang dari α , dimana nilai $\alpha=0,05$. Artinya tingkat kesalahan analisis data hanya sebesar 5%. Yang kedua, dapat dilihat perbandingan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} , F_{hitung} merupakan nilai yang telah tertera pada tabel yaitu 10,003. Sedangkan nilai F_{tabel} dihitung dengan mencari nilai df_1 dan df_2 . Rumus yang digunakan yaitu $df_1 = k-1$ dan $df_2 = n-k$, dimana nilai n adalah jumlah data analisis dan k adalah jumlah variabel bebas. Maka nilai $df_1 = 5-1=4$ dan $df_2 = 10-5$. Kemudian dilihat pada tabel distribusi F diperoleh nilai sebesar 3,633. Dari hasil tersebut dibandingkan dengan nilai F_{hitung} , maka hasilnya yaitu $F_{hitung} > F_{tabel}$. Maka dapat disimpulkan seluruh variabel independen berpengaruh secara keseluruhan terhadap variabel dependen.

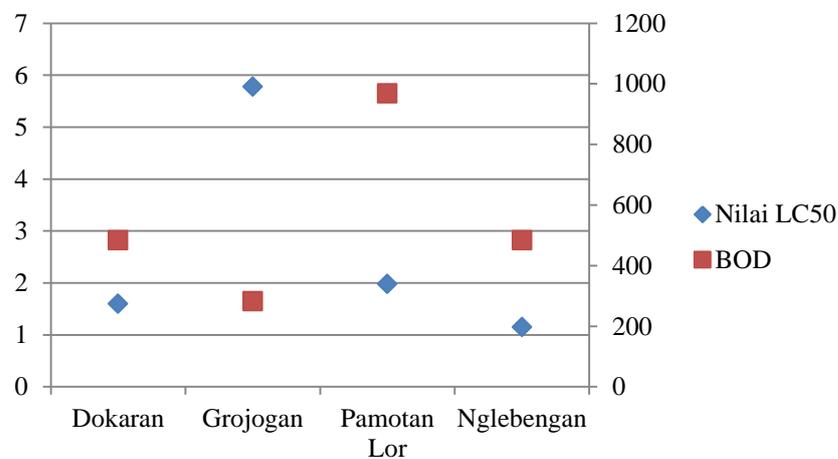
Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	,997	,838		1,190	,300
AMONIA	,003	,030	,029	,095	,929
TSS	,001	,002	,194	,420	,696
BOD	5,721E-5	,001	,011	,066	,951
COD	-,002	,002	-,161	-,812	,462
MINYAK & LEMAK	,007	,003	,762	2,179	,095

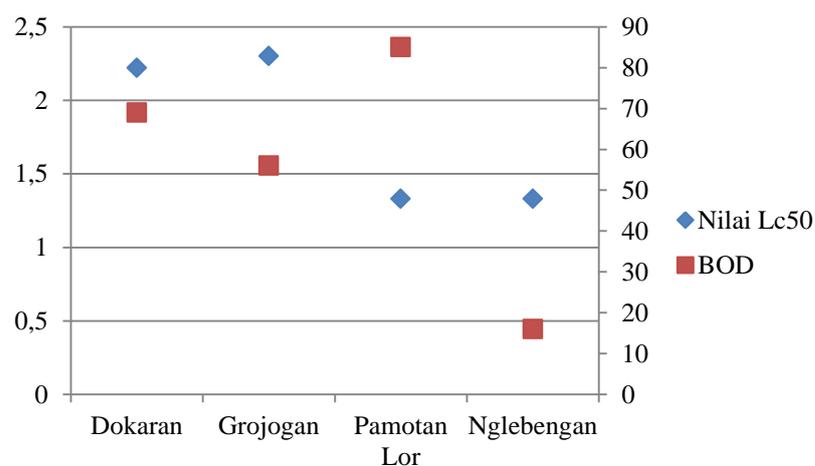
a. Dependent Variable: LC50

Tabel *coefficients* menunjukkan pengaruh per variabel terhadap variabel dependen. Ada dua cara yang sama untuk melihat pengaruh per variabel terhadap variabel dependen, yaitu dengan melihat nilai signifikansi per variabelnya dan yang kedua melihat nilai t_{hitung} dengan nilai t_{tabel} . Nilai t_{tabel} dihitung dengan rumus $df = n-k-1 = 10-5-1=4$, dan dilihat pada tabel distribusi t dengan nilai $\alpha=0,05$. Hasil

yang diperoleh yaitu 2,13 kemudian dibandingkan dengan nilai t_{hitung} masing-masing variabel. Apabila nilai t_{hitung} lebih kecil daripada nilai t_{tabel} maka variabel tersebut berpengaruh terhadap variabel dependen. Berdasarkan pada tabel yang terlihat, dapat disimpulkan variabel minyak dan lemak yang paling berpengaruh terhadap nilai LC_{50} . Kemudian dari tabel coefficients ini didapatkan model regresi linier yaitu $Y=0,997+0,003 X1+0,001 X2+5,721E X3-0,002 X4+0,007 X5$. Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh per variabel terhadap variabel dependen dilakukan analisis hubungan dengan menggunakan grafik sebagai berikut.

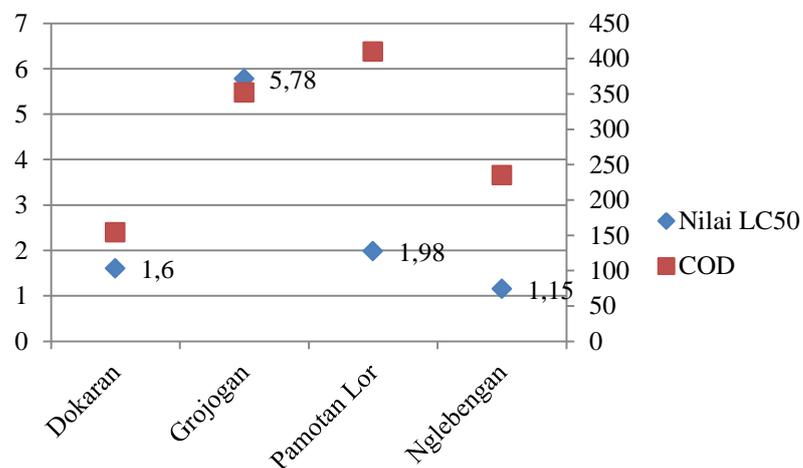


Gambar 4. 19 Grafik Hubungan BOD dengan Nilai LC_{50} pada Influen

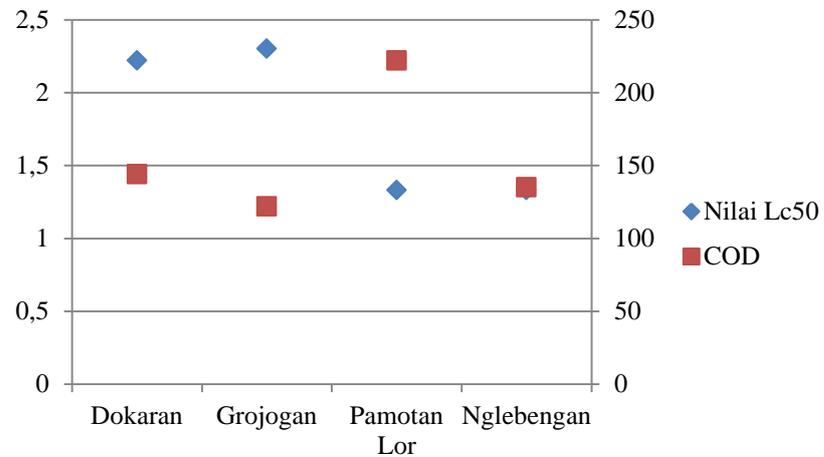


Gambar 4. 20 Grafik Hubungan BOD dengan Nilai LC_{50} pada Efluen

Nilai BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat didalam air limbah. Sedangkan COD menunjukkan banyaknya oksigen yang digunakan dalam proses oksidasi oleh zat-zat organik yang terkandung dalam limbah cair yang ekuivalen dengan nilai konsentrasi kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) (Ginting, 1992). Dilihat pada grafik menunjukkan semakin tinggi konsentrasi BOD semakin rendah nilai LC_{50} , artinya kadar BOD memiliki pengaruh terhadap kematian *Daphnia Magna*. Sama halnya seperti hubungan antara BOD dengan nilai LC_{50} yaitu terdapat hubungan antara nilai COD dengan nilai LC_{50} . Artinya kematian *Daphnia Magna* dapat dipengaruhi oleh parameter BOD maupun COD. Semakin tinggi nilai BOD maupun COD akan menyebabkan turunnya nilai oksigen terlarut (DO) (Effendi, 2003). Pada umumnya *Daphnia* dapat hidup pada kondisi DO diatas 3 mg/l (Ebert,2005). Namun pada efluen IPAL hubungan yang dimiliki COD dengan nilai LC_{50} dilihat dari grafik yaitu semakin tinggi nilai COD maka semakin tinggi pula nilai LC_{50} , artinya pada efluen air limbah tidak memiliki pengaruh terhadap kematian hewan uji.

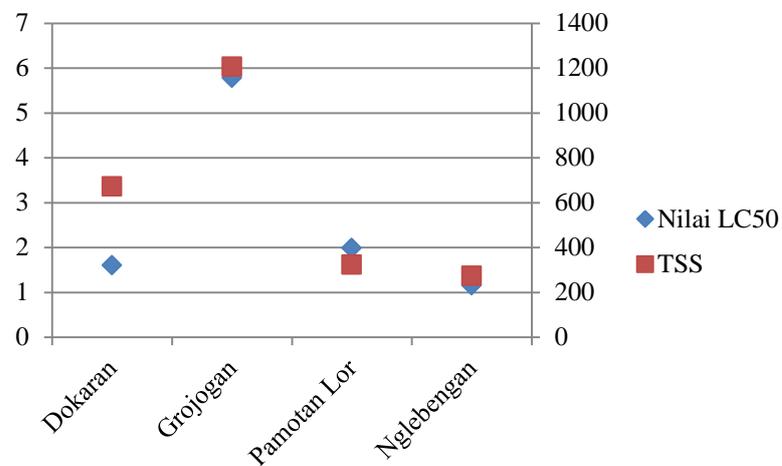


Gambar 4. 21 Grafik Hubungan COD dengan Nilai LC_{50} pada Influen

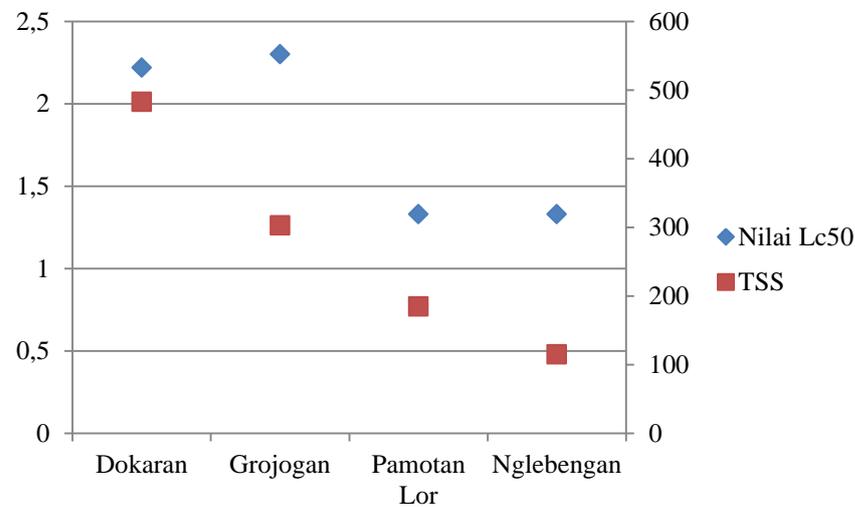


Gambar 4. 22 Grafik hubungan COD dengan nilai LC₅₀ pada Efluen

TSS merupakan salah satu faktor yang penting terjadinya dibadan air. Hal ini dikarenakan adanya kandungan zat tersuspensi. Zat tersuspensi yang terkandung didalam limbah cair pada IPAL berasal dari padatan-padatan yang masuk dari buangan rumah tangga warga.

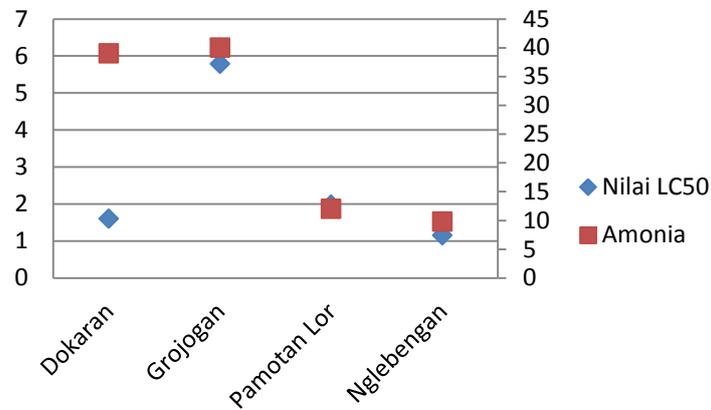


Gambar 4. 23 Grafik hubungan TSS dengan nilai LC₅₀ pada Influen

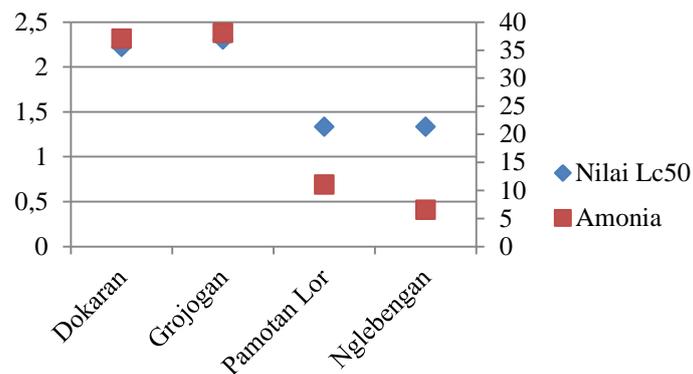


Gambar 4. 24 Grafik Hubungan TSS dengan Nilai LC₅₀ pada Efluen

Pada gambar 4.23 dan 4.24 menunjukkan hubungan searah antara nilai TSS dengan LC₅₀, semakin tinggi nilai TSS maka akan semakin tinggi pula nilai LC₅₀. Semakin tinggi konsentrasi pengenceran LC₅₀ menunjukkan bahwa air limbah semakin tidak toksik sehingga dapat dikatakan nilai TSS yang tinggi tidak mempengaruhi kematian *Daphnia Magna*. Analisis hubungan TSS dengan nilai LC₅₀ pada pengujian toksisitas terhadap *Daphnia Magna* jarang dilakukan. Namun menurut hasil penelitian Hayatul dan Esmiralda (2011), jumlah TSS yang berlebih menyebabkan penyumbatan insang ikan sehingga asupan oksigen berkurang karena tertutupi oleh lapisan padatan dan mengakibatkan kematian pada ikan. Hal tersebut tidak dapat terjadi pada *Daphnia Magna* karena morfologi tubuh *Daphnia* yang hampir tidak terlihat (Pennak, 1989), sehingga tidak memungkinkan masuknya TSS pada saluran pernapasan *Daphnia*.



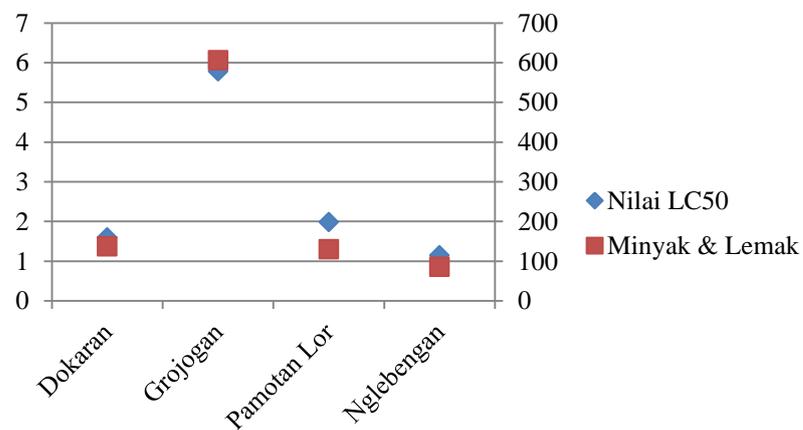
Gambar 4. 25 Grafik hubungan Amonia dengan nilai LC₅₀ pada Influen



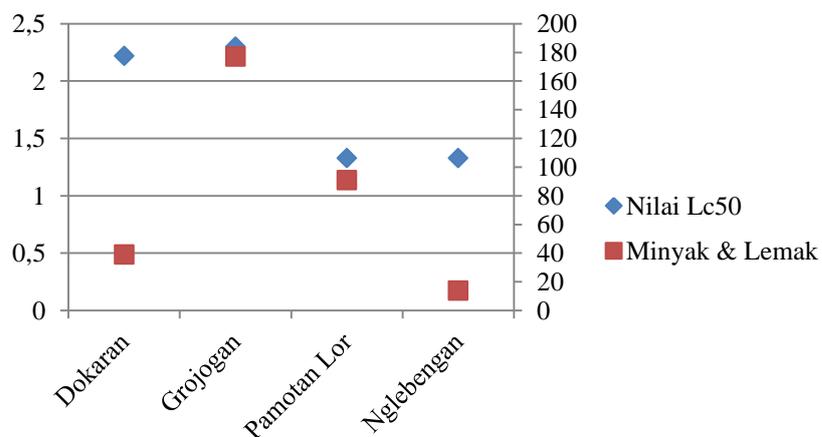
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Amonia dengan Nilai LC₅₀ pada Efluen

Nilai amonia yang tinggi dapat dijadikan indikator pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik industri, dan limpasan (*runoff*) pupuk pertanian (Esmiralda, 2011). Dari gambar 4.22 menunjukkan hubungan yang searah antara kadar amonia dengan nilai LC₅₀, artinya amonia memiliki pengaruh terhadap kematian *Daphnia Magna*. namun semakin tinggi tinggi nilai amonia maka semakin kecil nilai LC₅₀ atau semakin tidak toksik terhadap *Daphnia Magna*. Amonia umumnya sangat beracun bagi semua organisme, bahkan dalam jumlah kecil tetapi dalam kondisi basa toksisitas secara radikal meningkat dan akan secara drastis meningkatkan reproduksi *Daphnia*. Tetapi tidak akan mempengaruhi kesehatan sebenarnya dari binatang itu sendiri (Wira, 2009). Reinbold dan Pescitelli menambahkan dalam penelitiannya (1990), *Daphnia Magna* kurang sensitif terhadap amonia dalam kedua tes efek akut dan subletal

daripada beberapa jenis ikan yang diuji. Konsentrasi amonia tidak terionisasi terendah ditemukan menyebabkan efek negatif bagi *Daphnia* adalah pada kadar 1,3 mg/L, sedangkan efek pada ikan terjadi pada konsentrasi terendah 0,05 mg/L. Kemudian hasil penelitian Galdio et.al (2017) menyatakan kandungan amonia yang cukup tinggi akan mempengaruhi kelimpahan bakteri yang terdapat di dalam media sehingga dapat dimanfaatkan langsung oleh *Daphnia* untuk sumber makanannya. Sedangkan menurut Effendi (2003), amonia bersifat racun pada organisme perairan tergantung pada nilai salinitas, suhu, pH, dan akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut.



Gambar 4. 27 Grafik hubungan Minyak & Lemak dengan nilai LC₅₀ pada Influen



Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Minyak & Lemak dengan Nilai LC₅₀ pada Efluen

Kadar minyak dan lemak yang diperoleh dari hasil penelitian di kelima IPAL yaitu diantaranya 39 mg/L, 177 mg/L, 91 mg/L, 14 mg/L, dan 1 mg/L, dimana kadar minyak dan lemak dari 4 IPAL tersebut melebihi baku mutu yang dipersyaratkan. Minyak adalah zat yang tidak dapat larut dalam air melainkan akan mengapung di atas permukaan air, yang artinya bahwa bahan buangan mengandung minyak lemak yang akan menutupi permukaan air dan mengganggu kehidupan organisme dibawahnya. Pada gambar 4.23 dapat dilihat pola hubungan antara minyak dan lemak dengan nilai LC_{50} , dapat diartikan semakin tinggi nilai minyak dan lemak maka semakin tinggi pula nilai LC_{50} yang menunjukkan semakin tidak toksik kadar minyak lemak terhadap hewan uji. Tingginya kadar minyak dan lemak tersebut tidak mempengaruhi kematian *Daphnia Magna* selama pengujian.

Berdasarkan analisis hubungan yang dilakukan dapat dilihat bahwa kadar parameter fisik dan kimia secara umum melebihi baku mutu dan berpengaruh terhadap kematian hewan uji. Menurut Sudarmadi (1993) dalam Sianturi (2014), kematian hewan uji tidak selalu disebabkan oleh faktor tunggal tetapi juga disebabkan karena fenomena sinergis yaitu kombinasi dari dua zat atau lebih yang bersifat memperkuat daya racun. Sehingga perlu dilakukan pengujian parameter lain sebagai indikator tambahan yang diperkirakan dapat memicu kematian *Daphnia Magna*.