Jurnal ILMU LINGKUNGAN

ISSN 1978-5283

Ferryno.,R, Mulyadi.,A, Nursyirwani
2017 : 11 (1)

ANALISIS HUBUNGAN KEHILANGAN PRODUK (*LOSSES*) DENGAN OPASITAS *BOILER* DAN DAMPAK KUALITAS UDARA AMBIEN TERHADAP KAPASITAS FUNGSI PARU KARYAWAN PABRIK KELAPA SAWIT (STUDI KOMPARATIF PADA PT. AIP DAN PT. BNS)

Rinno Ferryno
Staf Plantation Sustainable Quality Management Minamas Plantation
Ceo Regional Office Sumatra

Aras Mulyadi
Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau, Pekanbaru, Jl. Pattimura No.09.Gobah, 28131. Telp 0761-23742.

Nursyirwani
Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293. Telp 0761 – 63267

Correlation Analysis Between Losses with Boiler Opacity and Ambient Air Quality Effect on Capacity of Pulmonary Function of Palm Oil Mill Employees (Comparative Study on PT. AIP and PT. BNS)

ABSTRACT

The comparative research was conducted from October 2016 until January 2017 at two companies namely PT. AIP Teluk Siak Factory (TSF) and PT. BNS Mandah Factory (MDF) in Riau Province. The purposes of the research were to analyze the correlation between oil and palm kernel (losses) that is entrained fuel (fibers and shells) with opacity emissions boiler in TSF and MDF, and to analyze the impact of ambient air SO_2 levels on capacity pulmonary function palm oil mill employees (TSF and MDF) with controll variables personel protective aquipment, age, smoking habits, and tenure. Based on the results, The correlation strength of oil loss in fiber cyclone, kernel loss in fiber cyclone, and kernel loss in winowing with boiler opacity in TSF and MDF is low correlation (R value of 0.320). The simultaneous and partial oil loss in fiber cyclone, kernel loss in fiber cyclone, and kernel loss in winowing were not significantly affect the boiler opacity in both factories (F test and t test of significance $\alpha > 0.05$). R^2 value of 10.2% indicates the magnitude of losses effect on opacity. This analysis explains that the losses are not the dominant factor affecting the boiler opacity. The boiler opacity is influenced by quality and balance fuel with oxygen, continuity process in mill and optimization of boiler performance as the operation practice, maintenance and boiler sparepart replacement. The impact of ambient air SO_2 levels on capacity pulmonary function when controlled by age and tenure showed significant values ($p < 0.05$). Age and tenure are factors that differentiate magnitude of the impact of ambient air SO_2

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

levels on capacity pulmonary function. While the impact of ambient air SO_2 levels on capacity pulmonary function when controlled by personel protective aquipment (PPE) and smoking habits did not show significant values ($p > 0.05$) in both factories. PPE and smoking habits are not factors that differentiate magnitude of the impact of ambient air SO_2 levels on capacity pulmonary function.

***Key words**: Losses, Opacity, SO_2 level , Pulmonary Function*

PENDAHULUAN

Kegiatan perkebunan dan pabrik pengolahan kelapa sawit selain memberikan dampak positif berupa penyediaan lapangan kerja dan sebagai sumber devisa negara juga memberikan dampak negatif berupa penurunan kualitas lingkungan. Salah satu masalah lingkungan yang diperkirakan terjadi akibat kegiatan pabrik adalah penurunan kualitas udara akibat emisi *boiler* yang menggunakan bahan bakar limbah padat berupa serabut dan cangkang. Bila penanganan kurang baik, maka proses pembakaran kurang efisien dan terjadi pembakaran tidak sempurna, sehingga penurunan kualitas udara tidak dapat dihindari. Tolak ukur pengelolaan dampak penurunan kualitas udara terhadap pembakaran serabut dan cangkang di *boiler* adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 07 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap yang menggunakan bahan bakar serabut dan cangkang.

Penggunaan biomassa sebagai bahan bakar berkelanjutan merupakan rekomendasi untuk meningkatkan nilai *boiler* ramah lingkungan (Bindar dan Abdulkadir, 2014). Biomassa limbah padat dari perkebunan kelapa sawit berupa serabut dan cangkang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bahan bakar alternatif pada ketel uap (*boiler*) sehingga menghasilkan tekanan uap yang mampu memutar turbin uap dalam pengoperasian Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Turbin uap tersebut berfungsi sebagai *prime mover* untuk memutar generator sehingga menghasilkan *output* berupa daya listrik.

Dalam pengolahan kelapa sawit di PKS akan menghasilkan produk berupa minyak sawit (*crude palm oil*) dan inti sawit (*kernel*), Dalam proses pengolahan tersebut, salah satu targetnya adalah memaksimalkan jumlah minyak dan inti sawit yang dihasilkan dengan cara meminimalkan kehilangan produk (*losses*). *Losses* adalah kehilangan minyak dan inti sawit di beberapa titik di stasiun – stasiun proses yang disebabkan oleh menurunnya kinerja unit mesin operasional pabrik. Diantaranya adalah kinerja unit mesin press yang diukur dari seberapa besar kehilangan minyak dan inti sawit (*oil loss and kernel loss in fiber cyclone*) yang terikut di serabut dan selanjutnya ikut dibakar di *boiler*. Terikutnya minyak dan inti sawit yang terbakar di *boiler* menjadi kerugian bagi pabrik dan diduga dapat mempengaruhi kualitas udara dari gas buang *boiler* dalam bentuk emisi. Kemudian kinerja unit mesin di stasiun *nut and kernel* yang diukur dari seberapa besar kehilangan inti sawit (*kernel loss in winowing*) yang terikut cangkang dan selanjutnya ikut juga dibakar di *boiler*. Terikutnya inti sawit terbakar di *boiler* menjadi kerugian bagi pabrik dan juga diduga dapat mempengaruhi kualitas udara dari emisi *boiler*.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Opasitas merupakan salah satu parameter emisi *boiler* yang digunakan sebagai indikator praktis pemantauan dan dikembangkan untuk memperoleh hubungan korelatif dengan pengamatan total partikel. Parameter emisi *boiler* seperti kadar SO_2 jika tidak dikelola akan berdampak juga terhadap kualitas kadar SO_2 udara ambien di lingkungan kerja sehingga dapat mengganggu kesehatan karyawan dan mempengaruhi produktivitas kerja. Menurut Lou, Lee, dan Chen (1997), asam sulfat fase gas mengakibatkan kabut asap halus yang dapat meningkatkan opasitas dan menurut Cahyono (2011), SO_2 adalah pencemar dari sumber industri yang berperan sebagai prekursor asam sulfat, komponen partikel aerosol yang mempengaruhi deposisi asam, iklim global, dan lapisan ozon.

Menurut Menteri Kesehatan (2008), sebagian SO_2 akan bertahan di saluran napas atas, karena bereaksi dengan air yang terdapat di lapisan mukosa sehingga mengganggu fungsi paru. Secara menyeluruh faktor yang mempengaruhi kapasitas fungsi paru pada karyawan ada beberapa macam yaitu: umur, jenis kelamin, kondisi kesehatan, riwayat penyakit dan lama bekerja, kebiasaan merokok dan olahraga, serta status gizi (Pearce, 2010).

Pada kegiatan survei awal penelitian di Teluk Siak *Factory* (TSF) dan Mandah *Factory* (MDF) parameter *losses* berfluktuatif dan cenderung tinggi (data sekunder perusahaan). Pengamatan secara visual asap gas buang keluaran cerobong *boiler* kedua pabrik tersebut terkadang mengeluarkan asap hitam (opasitas tinggi). Fenomena kedua aspek ini (*losses* mewakili aspek ekonomi dan emisi opasitas *boiler* mewakili aspek lingkungan) menjadi menarik untuk diteliti lebih jauh.

Berkembang di komunitas perkebunan kelapa sawit bahwa bila melihat asap *boiler* dalam keadaan hitam pekat (opasitas tinggi) diasumsikan bahwa banyak minyak dan inti sawit yang terbakar (*losses* tinggi) sehingga kuantitas produk tidak tercapai target. Namun seberapa besar hubungan atau pengaruh kandungan minyak dan inti sawit atau dengan kata lain kehilangan minyak dan kernel yang terikut serabut dan kehilangan inti sawit yang terikut cangkang sebagai bahan bakar terhadap emisi *boiler* belum diketahui.

Penelitian studi komparatif di TSF (Kabupaten Siak) dan MDF (Kabupaten Indragiri Hilir) mempertimbangkan banyaknya kesamaan kondisi di kedua pabrik tersebut, seperti kapasitas pabrik dan jumlah karyawan serta jenis *boiler* yang digunakan. Standar operasional kedua pabrik ini mengacu kepada standar yang sama yakni Pedoman Teknik Kelapa Sawit (Minamas Plantation, 2010[a]). Dalam melihat dampak kadar SO_2 udara ambien lingkungan kerja terhadap kapasitas fungsi paru karyawan pabrik, TSF dapat mewakili pabrik di lokasi tanah mineral dengan masa kerja dan usia karyawan yang relatif tua dan MDF mewakili pabrik di lokasi tanah gambut dengan masa kerja dan usia karyawan yang relatif muda.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kandungan minyak dan inti sawit (kehilangan produk/*losses*) yang terikut bahan bakar (serabut dan cangkang) dengan opasitas *boiler* di TSF dan MDF, dan menganalisis dampak kadar SO_2 udara ambien di tempat kerja terhadap kapasitas fungsi paru karyawan di TSF dan MDF dengan variabel kontrol penggunaan alat pelindung diri (APD), usia, kebiasaan merokok, dan masa kerja karyawan.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

METODE PENELITIAN

Data diperoleh dari lokasi penelitian di PT. AIP Teluk Siak *Factory* (TSF) berada di Desa Tualang Timur Kecamatan Tualang Timur Kabupaten Siak, Provinsi Riau dan PT. BNS Mandah *Factory* (MDF) berada di Desa Bente Kecamatan Mandah Kabupaten Inhil, Provinsi Riau. Pengumpulan dan pengolahan data dilakukan pada Oktober 2016 sampai dengan Januari 2017. Penelitian dengan metode survei desain *cross sectional*, yaitu suatu penelitian untuk mempelajari dinamika korelasi antara faktor – faktor risiko dengan efek, dengan cara pendekatan, observasi atau pengumpulan data sekaligus pada suatu saat (*point time approach*).

Menganalisis hubungan kehilangan produk (*losses*) dan opasitas, dilakukan pengumpulan, metode dan analisis data sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Metode Analisis Data Hubungan Kehilangan Produk (*Losses*) dan Opasitas

No	Parameter		Metode and Analisis
A.	Variabel Terikat		
1.	Opasitas *boiler*	(%)	Pengamatan *smoke density meter* (data primer, skala interval)
B.	Variabel Bebas		
2.	*Oil loss in fiber cyclone*	(%O/WM)	Uji laboratorium di TSF/MDF di (data primer, skala interval)
3.	*Kernel loss in fiber cyclone*	(%sampel)	
4.	*Kernel loss in winowing*	(%sampel)	
C.	Analisis Data		Analisis regresi linier :
1.	Hubungan *losses* dengan opasitas (simultan)		Uji ANOVA dan uji t dengan nilai $\alpha < 0,05$ berpengaruh signifikan dan sebaliknya
2.	Hubungan *losses* dengan opasitas (parsial)		Uji t dengan nilai $\alpha < 0,05$ berpengaruh signifikan dan sebaliknya
3.	Kekuatan hubungan		Nilai R, dengan nilai 0 – 0,25 = hubungan sangat rendah; 0,25 – 0,50 = hubungan rendah; 0,50 – 0,75 = hubungan kuat; 0,75 – 1,00 = hubungan sangat kuat.

Tabel 1 menjelaskan bahwa *losses* (*oil loss in fiber cyclone*, *kernel loss in fiber cyclone*, dan *kernel loss in winowing*) diukur dengan pengujian laboratorium (Minamas Plantation, 2010[b]) di Teluk Siak *Factory* dan Mandah *Factory* berskala interval bersamaan dengan pengamatan nilai opasitas *boiler* yang diukur dengan *smoke density meter* berskala interval. Analisis hubungan *losses* (variabel bebas) dengan opasitas *boiler* (variabel terikat) menggunakan analisis regresi linier dengan *software* SPSS versi 16.0, dimana melihat pengaruh secara simultan dengan uji Anova, pengaruh secara parsial dengan uji t, dan kekuatan hubungan dan pengaruh dengan melihat nilai R dan R^2.

Menganalisis dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan, dilakukan pengumpulan, metode dan analisis data sesuai Tabel 2.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 2. Metode Analisis Data Dampak SO_2 Terhadap Kapasitas Fungsi Paru

No	Parameter	Skala	Metode and Analisis
A	Variabel Terikat		
1.	Kapasitas Fungsi Paru	Data Nominal 1. Tidak normal: $VEP_1/KVP < 70\%$ 2. Normal: $VEP_1/KVP > 70\%$	Pengukuran spirometri/ *peak flow meter*
B	Variabel Bebas		
2.	Kadar SO_2	Data Nominal 1. Tidak memenuhi syarat: > 0,25 mg/m^3 2. Memenuhi syarat: < 0,25 mg/m^3	Pengukuran *gas detector*
C	Variabel Kontrol		
3.	Penggunaan APD	Data Nominal 1. Tidak menggunakan 2. Menggunakan APD	Observasi dan wawancara
4.	Usia	Data Nominal 1. Tua: ≥ 35 tahun 2. Muda: < 35 tahun	Data Sekunder TSF dan MDF
5.	Merokok	Data Nominal 1. Ya 2. Tidak	Observasi dan wawancara
6.	Masa Kerja	Data Ordinal 1. < 3 tahun ; 4. 9 – 12 tahun 2. 3 – 6 tahun ; 5. 12 – 15 tahun 3. 6 – 9 tahun ; 6. > 15 tahun	Data Sekunder TSF dan MDF
D	Analisis Data	Analisis *chi square*, p < 0,05 maka Ho ditolak, begitu sebaliknya	

Tabel 2 menjelaskan bahwa kadar SO_2 diukur dengan *gas detector* bersamaan dengan pengukuran kapasitas fungsi paru dengan *spirometri* atau *peak flow meter*. Data penggunaan APD *masker*, kebiasaan merokok diperoleh dari wawancara dan observasi. Data usia dan masa kerja didapat dari data sekunder perusahaan. Kadar SO_2 (skala nominal) dikategorikan tidak memenuhi syarat bila > 0,25 mg/m^3 dan memenuhi syarat bila ≤ 0,25 mg/m^3 (Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 2011). Kapasitas fungsi paru (skala nominal) dikategorikan tidak normal bila $VEP_1/KVP < 70\%$ dan normal bila $VEP_1/KVP > 70\%$, dimana VEP_1 = volume ekspirasi paksa detik pertama ; KVP = udara yang dihirup sebanyak mungkin dan kemudian dikeluarkan dengan dihentakkan serta melanjutkannya sampai ekspirasi maksimal (Menkes, 2008).

Variabel kontrol berupa penggunaan APD (skala nominal) dikategorikan tidak menggunakan dan menggunakan, usia (skala nominal) dikategorikan tua (≥ 35 tahun) dan muda (< 35 tahun), kebiasaan merokok (skala nominal) dikategorikan merokok dan tidak merokok, dan masa kerja (data ordinal), dikategorikan < 3 tahun, 3 – 6 tahun, 6 – 9 tahun, 9 – 12 tahun, 12 – 15 tahun, dan di atas 15 tahun. Untuk melihat hubungan kadar SO_2 udara ambien dengan kapasitas fungsi paru karyawan pabrik dengan variabel kontrol penggunaan APD, kebiasaan merokok, usia dan masa kerja karyawan, dianalisis menggunakan *chi square* dengan *software* SPSS versi 16.0.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kehilangan Produk (*Losses*) dan Opasitas *Boiler*

Tabel 3 menjelaskan bahwa rata – rata *oil loss in fiber cyclone* sebesar 5,61%O/WM (TSF) dan 5,42%O/WM (MDF), *kernel loss in fiber cyclone* sebesar 0,68%sampel (TSF) dan 0,52%sampel (MDF), *kernel loss in winowing* sebesar 4,87%sampel (TSF) dan 6,96%sampel (MDF). Nilai rata – rata opasitas sebesar 31,32% (TSF) dan 29,73% (MDF).

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Kehilangan Produk (*Losses*) dan Opasitas

Variabel (rata - rata)		Satuan	TSF	MDF
Oil loss in fiber cyclone	(X_1)	%O/WM	5,61	5,42
Kernel loss in fiber cyclone	(X_2)	%Sampel	0,68	0,52
Kernel loss in winowing	(X_3)	%Sampel	4,87	6,96
Opasitas	(Y)	%	31,32	29,73

Ket: X_1,X_2,X_3 = variabel bebas (*losses*) ; Y = variabel terikat (opasitas) ; O/WM = *oil/wet matter*

Hubungan Kehilangan Produk (*Losses*) dan Opasitas *Boiler*

Sesuai Tabel 4, Kekuatan hubungan antara *oil loss in fiber cyclone*, *kernel loss in fiber cyclone*, dan *kernel loss in winowing* dengan opasitas *boiler* di TSF dan MDF ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R), yakni sebesar 0,320 (hubungan rendah). Secara simultan *oil loss in fiber cyclone*, *kernel loss in fiber cyclone*, dan *kernel loss in winowing* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap opasitas *boiler* di kedua pabrik tersebut (hasil uji F sig. $\alpha > 0,05$). Begitu juga secara parsial *oil loss in fiber cyclone*, *kernel loss in fiber cyclone*, dan *kernel loss in winowing* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap opasitas *boiler* (hasil uji t sig. $\alpha > 0,05$). Besarnya pengaruh *losses* terhadap opasitas ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi (R^2). Analisis statistik kedua pabrik tersebut menunjukkan nilai R^2 sebesar 10,2%. Hasil ini menjelaskan bahwa kehilangan produk (*losses*) bukan merupakan faktor dominan dalam mempengaruhi opasitas *boiler*.

Tabel 4. Hasil Uji Regresi Linier

Regresi Linier	Teluk Siak *Factory* (TSF)			Mandah *Factory* (MDF)			Keterangan
	Sig. α	R	R^2	Sig. α	R	R^2	
Uji F	0,268	0,320	0,102	0,268	0,320	0,102	Secara simultan dan parsial, *losses* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap opasitas
Uji t – X_1	0,184	0,184	0,034	0,078	0,252	0,063	
Uji t – X_2	0,838	0,024	0,001	0,723	0,006	0,000	
Uji t – X_3	0,110	0,234	0,055	0,227	0,142	0,020	

Ket : X_1 = *oil loss in fiber cyclone* ; X_2 = *kernel loss in fiber cyclone* ; X_3 = *kernel loss in winowing*

Penyebab utama masih tingginya *oil loss in fiber cyclone* adalah tidak konsistennya proses pencacahan buah pada pisau *digester* dan mesin *screw press* (Devani dan Marwiji, 2014). Menurut Bachtiyar (2011), parameter kontrol yang harus dijaga pada mesin *press* untuk mengendalikan *losses* adalah biji pecah (*broken nut*) dengan nilai standar maksimal 18% dan kehilangan minyak dalam serabut (*oil losses in fibre cyclone*) dengan nilai standar adalah 6,8 – 7,5%. Parameter optimal mesin *press*

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

diperoleh pada saat temperatur *digester* 96,9^{o}C dan tekanan hidrolik 39,3 bar dengan respon *broken nut* sebesar 13,75% dan *oil dry* sebesar 7,01%. Menurut Minamas Plantation (2010[a]), pengendalian *oil loss in fiber cyclone* dan *kernel loss in fiber cyclone* dengan cara optimalisasi proses pelumatan berondolan di *digester* dan proses pengempaan di mesin press serta mengoptimalkan proses pemisahan di *depericarping* (parameter *volumetric* dan kecepatan angin, serta kinerja *fiber cyclone*). Pengendalian *kernel loss in winowing* dengan menjaga kestabilan umpan menuju *winower* dan memperhatikan *setting damper* dan *velocity box* untuk mendapatkan *kernel loss* dan kualitas *kernel* sesuai standar.

Teori pembakaran menyatakan bahwa kondisi kepekatan asap (opasitas) *boiler* dipengaruhi oleh keseimbangan jumlah bahan bakar dengan oksigen. Di PKS keseimbangan ini sangat tergantung dengan kontinuitas proses pengolahan kelapa sawit. Romanski (1980) menyatakan bahwa dalam menurunkan opasitas *boiler* perlu dioptimalkan pemeliharaan dan perawatan unit mesin dan praktik terbaik operasional *boiler*. Menurut Demay (1997), usia *boiler* dan peralatan kontrol didalannya sangat mempengaruhi efisiensi *boiler* tersebut. Saat ini rata – rata *boiler* beroperasi berumur 15 tahun setelah itu perlu dipertimbangkan untuk diganti.

Karakteristik Responden dan Hasil Pengujian Kadar SO_2 Udara Ambien

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik responden, dengan masa kerja di TSF dominan diatas 12 tahun (74%) dan di MDF dibawah 6 tahun (100%). Usia di TSF dominan berusia tua (62%) dan di MDF dominan berusia muda (94%). Tidak menggunakan APD 12% (TSF) dan 24% (MDF). Kebiasaan merokok 76% (TSF) dan 66% (MDF). Kapasitas fungsi paru tidak normal 66% (TSF) dan 64% (MDF). Kadar SO_2 di tempat kerja yang tidak memenuhi syarat sebesar 16% (TSF) dan 18% (MDF). Hasil uji kadar SO_2 udara ambien di TSF dan MDF disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Kadar SO_2 Udara Ambien Tempat Kerja di TSF dan MDF

Parameter Udara Ambien	Satuan	TSF	MDF	Baku Mutu
SO_2 Stasiun *Boiler*	mg/m^3	0,28	0,31	0,25
SO_2 Stasiun Janjangan Kosong	mg/m^3	-	0,36	0,25
SO_2 di Stasiun lain	mg/m^3	< 0,10	< 0,10	0,25

Tabel 5 menjelaskan bahwa dari 12 stasiun yang diteliti, hanya stasiun *boiler* dan janjangan kosong memiliki kadar SO_2 diatas baku mutu. Kadar SO_2 di MDF lebih rendah dibandingkan dengan TSF. Hal ini dapat disebabkan pengaruh dari emisi pembakaran janjangan kosong di tungku bakar. Janjangan kosong di MDF yang berlokasi di tanah gambut tidak dapat diaplikasikan ke kebun sehingga dilakukan pembakaran. Sedangkan janjangan kosong di TSF yang berlokasi di tanah mineral dapat diaplikasikan ke kebun sebagai pupuk organik.

Dampak Kadar SO_2 Udara Ambien terhadap Kapasitas Fungsi Paru

Tabel 6 menjelaskan dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru jika dikontrol dengan penggunaan APD, didapatkan data bahwa karyawan TSF yang tidak menggunakan *masker* terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 1 orang (50%) dan karyawan MDF sebanyak 8 orang (80%). Hasil uji statistik dengan *chi square* diperoleh p > 0,05 yang berarti bahwa tidak signifikan dampak kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 0,121) dan MDF (p 0,793).

Karyawan TSF yang menggunakan *masker* terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 2 orang (33%) dan karyawan MDF sebanyak 1 orang (25%). Hasil uji statistik dengan *chi square* juga diperoleh p > 0,05 yang berarti bahwa tidak signifikan dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 1,000) dan MDF (p 1,000). Penggunaan *masker* bukan merupakan faktor yang membedakan besar kecilnya dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan.

Tabel 6. Hubungan Kadar SO_2 dengan Kapasitas Fungsi Paru Dikontrol dengan Penggunaan APD

No	Penggunaan APD	Kadar SO_2	Kapasitas Fungsi Paru						Sig. P Value
			Tidak Normal		Normal		Jumlah		
			N	%	N	%	N	%	
A.	TSF								
1	Tidak Guna *Masker*	TMS	1	50	1	50	2	100	0,121
		MS	4	100	0	0	4	100	
2	Menggunakan Masker	TMS	2	33	4	67	6	100	1,000
		MS	0	-	0	-	0	-	
3	*Not Applicable*	TMS	0	-	0	-	0	-	-
		MS	26	68	12	32	38	100	
	Total		33	66	17	34	50	100	
B.	MDF								
1	Tidak Guna *Masker*	TMS	4	80	1	20	5	100	0,793
		MS	6	86	1	14	7	100	
2	Menggunakan *Masker*	TMS	1	25	3	75	4	100	1,000
		MS	0	-	0	-	0	-	
3	*Not Applicable*	TMS	0	-	0	-	0	-	-
		MS	21	62	13	38	34	100	
	Total		32	64	18	36	50	100	

Ket : TMS = Tidak Memenuhi Syarat ; MS = Memenuhi Syarat

Alat pelindung diri untuk karyawan pabrik merupakan suatu alat pelindung agar karyawan aman dari bahaya atau kecelakaan akibat melakukan suatu pekerjaan. *Masker* adalah salah satu APD yang digunakan untuk melindungi dari debu atau gas beracun lainnya agar tidak masuk ke dalam saluran pernapasan. Dengan menggunakan *masker* diharapkan karyawan terlindungi dari kemungkinan terjadinya gangguan pernapasan akibat terpapar udara dengan kadar debu atau gas beracun yang diatas ambang batas. Walaupun demikian dengan menggunakan *masker* tidak menjamin karyawan di industri terhindar dari kemungkinan terjadinya gangguan pernapasan.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Tabel 7 menjelaskan dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru jika dikontrol dengan usia, didapatkan data bahwa karyawan TSF yang berusia tua terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 1 orang (25%) dan karyawan MDF sebanyak 2 orang (67%). Hasil uji statistik dengan *chi square* diperoleh $p \leq 0,05$ yang berarti terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 0,050). Usia merupakan faktor yang membedakan besar kecilnya dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan (usia tua 62%). Sedangkan di MDF diperoleh $p > 0,05$ yang berarti tidak terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan MDF (p 1,000). Hal ini disebabkan karyawan MDF relatif masih muda (94%).

Karyawan TSF yang berusia muda terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 2 orang (50%) dan karyawan MDF sebanyak 5 orang (56%). Hasil uji statistik dengan *chi square* diperoleh $p > 0,05$ yang berarti bahwa tidak terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 0,539) dan MDF (p 0,566).

Tabel 7. Hubungan Kadar SO_2 dengan Kapasitas Fungsi Paru Dikontrol dengan Usia

No	Usia	Kadar SO_2	Kapasitas Fungsi Paru						Sig. P Value
			Tidak Normal		Normal		Jumlah		
			N	%	N	%	N	%	
A.	TSF								
1	Tua	TMS	1	25	3	75	4	100	0,050
		MS	20	74	7	26	27	100	
2	Muda	TMS	2	50	2	50	4	100	0,539
		MS	10	67	5	33	15	100	
	Total		33	66	17	34	50	100	
B.	MDF								
1	Tua	TMS	2	67	1	33	3	100	1,000
		MS	2	67	1	33	3	100	
2	Muda	TMS	5	56	4	44	9	100	0,566
		MS	25	66	13	34	38	100	
	Total		34	64	19	36	53	100	

Ket : TMS = Tidak Memenuhi Syarat ; MS = Memenuhi Syarat

Tabel 8 menjelaskan dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru jika dikontrol dengan masa kerja, didapatkan data bahwa karyawan TSF yang masa kerjanya 15 tahun keatas terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 1 orang (33%). Hasil uji statistik untuk karyawan 15 tahun keatas dengan *chi square* diperoleh $p < 0,05$ yang berarti bahwa terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 0,028). Masa kerja merupakan faktor yang membedakan besar kecilnya dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan. Sedangkan hasil uji statistik untuk karyawan 15 tahun kebawah dengan *chi square* diperoleh $p > 0,05$ yang berarti bahwa tidak terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

paru karyawan TSF. Karyawan MDF yang masa kerjanya 6 tahun kebawah terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 5 orang (56%). Hasil uji statistik untuk karyawan 6 tahun kebawah dengan *chi square* diperoleh p > 0,05 yang berarti bahwa tidak terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan MDF.

Usia berbanding lurus dengan lamanya masa kerja karyawan. Menurut Sandra (2013), umur (p 0,002) dan kadar SO_2 (p 0,030) mempunyai pengaruh signifikan dapat menimbulkan batuk kering dan sesak napas disertai batuk, dan dapat menurunkan fungsi paru Polantas. Usia berhubungan dengan proses penuaan organ tubuh. Semakin tua seseorang maka semakin besar kemungkinan terjadi penurunan fungsi paru. Kebutuhan tenaga terus meningkat sampai akhirnya menurun pada usia 40 tahun karena menurunnya kekuatan fisik. Dalam keadaan normal, usia mempengaruhi frekuensi pernapasan dan kapasitas paru (Suyono, 2009).

Tabel 8. Hubungan Kadar SO_2 dengan Kapasitas Fungsi Paru Dikontrol dengan Masa Kerja

No	Masa Kerja	Kadar SO_2	Kapasitas Fungsi Paru						Sig. P Value
			Tidak Normal		Normal		Jumlah		
			N	%	N	%	N	%	
A.	TSF								
1.	< 3 Tahun	TMS	0	-	0	-	0	-	1,000
		MS	1	50	1	50	2	100	
2.	3 - 6 Tahun	TMS	0	0	1	100	1	100	0,624
		MS	1	20	4	80	5	100	
3.	6 - 9 Tahun	TMS	0	-	0	-	0	-	1,000
		MS	4	80	1	20	5	100	
4.	12 - 15 Tahun	TMS	2	50	2	50	4	100	0,482
		MS	9	69	4	31	13	100	
5.	> 15 Tahun	TMS	1	33	2	67	3	100	0,028
		MS	15	88	2	12	17	100	
	Total		33	66	17	34	50	100	
B.	MDF								
1.	< 3 Tahun	TMS	4	57	3	43	7	100	0,758
		MS	14	64	8	36	22	100	
2.	3 - 6 Tahun	TMS	1	50	1	50	2	100	0,599
		MS	13	68	6	32	19	100	
	Total		32	64	18	36	50	100	

Ket : TMS = Tidak Memenuhi Syarat ; MS = Memenuhi Syarat

Tabel 9 menjelaskan dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru jika dikontrol dengan kebiasaan merokok, didapatkan data bahwa karyawan TSF yang merokok terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 3 orang (60%) dan karyawan MDF sebanyak 5 orang

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

(71%). Hasil uji statistik dengan *chi square* diperoleh p > 0,05 yang berarti bahwa tidak terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 0,111) dan MDF (p 0,592). Karyawan TSF yang tidak merokok terpapar kadar SO_2 yang tidak memenuhi syarat mengalami kapasitas fungsi paru tidak normal sebanyak 0 orang (0%) dan karyawan MDF sebanyak 0 orang (0%). Hasil uji statistik dengan *chi square* diperoleh p > 0,05 yang berarti bahwa tidak terdapat dampak signifikan kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru karyawan TSF (p 0,546) dan MDF (p 0,266). Kebiasaan merokok bukan merupakan faktor yang membedakan besar kecilnya dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan. Bukan berarti kebiasaan merokok tidak menyebabkan gangguan fungsi paru karena menurut Menteri Kesehatan (2008), asap rokok merupakan faktor risiko terpenting terjadinya penyakit paru obstuktif kronik (PPOK).

Tabel 9. Hubungan Kadar SO_2 dengan Kapasitas Fungsi Paru Dikontrol dengan Kebiasaan Merokok

No	Kebiasaan Merokok	Kadar SO_2	Kapasitas Fungsi Paru						Sig. P Value
			Tidak Normal		Normal		Jumlah		
			N	%	N	%	N	%	
A.	TSF								
1	Ya	TMS	3	60	2	40	5	100	0,111
		MS	29	88	4	12	33	100	
2	Tidak	TMS	0	0	3	100	3	100	0,546
		MS	1	11	8	89	9	100	
	Total		33	66	17	34	50	100	
B.	MDF								
1	Ya	TMS	5	71	2	29	7	100	0,592
		MS	21	81	5	19	26	100	
2	Tidak	TMS	0	0	2	100	2	100	0,266
		MS	6	40	9	60	15	100	
	Total		32	64	18	36	50	100	

Ket : TMS = Tidak Memenuhi Syarat ; MS = Memenuhi Syarat

Faktor kebiasaan olahraga walaupun tidak dianalisis dalam pengujian ini, namun saat pengambilan sampel responden ditanyakan juga tentang kebiasaan aktivitas olahraga dan seluruh responden menjawab tidak melakukan aktivitas olahraga secara rutin. Menurut Menteri Kesehatan (2008), penyakit tidak menular utama termasuk PPOK memiliki faktor risiko bersama (*common risk factors*), yakni penggunaan tembakau, diet tidak sehat dan seimbang, konsumsi energi yang berlebihan, dan tidak atau kurang melakukan aktivitas fisik. Menurut Virgo (2016), ada hubungan yang siginifikan antara kepadatan debu dengan gangguan fungsi paru jika dikontrol dengan aktivitas olahraga.

KESIMPULAN

Kekuatan hubungan *oil loss in fiber cyclone, kernel loss in fiber cyclone,* dan *kernel loss in winowing* dengan opasitas *boiler* di TSF dan MDF adalah korelasi rendah (nilai R

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

sebesar 0,320). Secara simultan dan parsial tidak terdapat pengaruh yang signifikan *oil loss in fiber cyclone, kernel loss in fiber cyclone,* dan *kernel loss in winowing* terhadap nilai opasitas *boiler* (uji F dan uji t sig.α > 0,05 di TSF dan MDF). Nilai R^2 sebesar 10,2% menunjukkan besarnya pengaruh *losses* terhadap opasitas. Analisis ini menjelaskan bahwa kehilangan produk (*losses*) bukan merupakan faktor dominan dalam mempengaruhi opasitas *boiler*.

Dampak kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru jika dikontrol dengan usia, dan masa kerja menunjukkan nilai yang signifikan ($p < 0,05$). Usia dan masa kerja merupakan faktor yang membedakan besar kecilnya dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan. Sedangkan dampak kadar SO_2 terhadap kapasitas fungsi paru jika dikontrol dengan penggunaan alat pelindung diri (APD) dan kebiasaan merokok menunjukkan nilai yang tidak signifikan ($p > 0,05$). Penggunaan APD dan kebiasaan merokok bukan merupakan faktor yang membedakan besar kecilnya dampak kadar SO_2 udara ambien terhadap kapasitas fungsi paru karyawan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Manajemen PT. Aneka Intipersada dan PT. Bhumireksa Nusasejati yang telah kooperatif menyediakan tempat dan meluangkan waktu dalam pengumpulan data penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bachtiyar, C. 2011. *Setting* Parameter Mesin *Press* dengan Metode Respon Permukaan Pada Pabrik Kelapa Sawit. Jurnal Riset Industri 5(2) : 153 – 160.

Bindar, Y dan M. Abdulkadir. 2014. Buku Saku Kriteria *Boiler* Ramah Lingkungan. Program Advis Kebijakan untuk Lingkungan Hidup dan Perubahan iklim Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.

Cahyono, W.E. 2011. Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa Daerah di Indonesia. Berita Dirgantara. 12(4) : 132 – 137.

Demay, J. 1997. *Wood Waste Boiler Survey*. *Washington State Department of Ecology Air Quality Program*. Olympia.

Devani, V dan Marwiji. 2014. Analisis Kehilangan Minyak pada *Crude Palm Oil* (CPO) dengan Menggunakan Metode *Statistical Process Control*. Jurnal Ilmiah Teknik Industri. 13(1) : 28 – 42.

Lou, J.C, M. Lee, and K.S. Chen. 1997. *Plume Opacity Correlation with Particle and Sulphate from Boiler*. *Journal of Environment Enginnering American Society of Civil Engineers*. 123(7) : 698 – 703.

Menteri Lingkungan Hidup. 2007. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 07 Tahun 2007 tentang Baku Mutu Sumber Tidak Bergerak. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau

Menteri Kesehatan. 2008. Keputusan Menteri Kesehatan No. 1022/Menkes/SK/XI/2008 tentang Pedoman Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif Kronik. Kementerian Kesehatan. Jakarta.

Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. 2011. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja. Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. Jakarta.

Minamas Plantation. 2010[a]. Pedoman Teknik Kelapa Sawit. Jakarta.

Minamas Plantation. 2010[b]. *Process Control Manual* Laboratorium. Jakarta.

Pearce. 2010. Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Romaski, J.E. 1980. *Reducing Opacity by Optimizing Maintenance and Operating Practices. Journal of The Air Pollution Control Association*. 30(7) : 748 – 754.

Sandra, C. 2013. Pengaruh Penurunan Kualitas Udara terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernapasan pada Polisi Lalulintas Polwiltabes Surabaya. Jurnal IKESMA. 9(1) : 1 – 8.

Suyono, J. 2009. Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja. EGC. Jakarta.

Virgo, G. 2016. Pengaruh Kadar Debu Ambien terhadap Kapasitas Fungsi Paru : Studi Komparatif antara Karyawan pada PT SR dan PT JR. Jurnal Ilmu Lingkungan. 10(2): 179 - 186.

Widarjono, A. 2009. Ekonometrika Pengantar dan Aplikasi Untuk Ekonomi dan Bisnis. Ekonisia. Jakarta.

© 2017 Program Studi Ilmu Lingkungan PPS Universitas Riau