

## ARTIKEL PENELITIAN

# Pengaruh emisi debu semen terhadap permukaan okular pada masyarakat di sekitar pabrik PT. Semen Padang

Muhammad Syauqie<sup>1</sup>, Rizanda Machmud<sup>2</sup>, Husna Yetti<sup>2</sup>, Abdiana Abdiana<sup>2</sup>, Cimi Ilmiawati<sup>3</sup>

1. Bagian Ilmu Kesehatan Mata, Fakultas Kedokteran Universitas Andalas/RSUP Dr. M. Djamil Padang;  
2. Bagian Ilmu Kesehatan Masyarakat dan Kedokteran Komunitas, Fakultas Kedokteran Universitas Andalas; 3. Divisi Toksikologi Lingkungan, Bagian Farmakologi, Fakultas Kedokteran Universitas Andalas

**Korespondensi:** Muhammad Syauqie; e-mail: [m.syauqie@med.unand.ac.id](mailto:m.syauqie@med.unand.ac.id)

### Abstrak

**Latar Belakang:** Industri semen diketahui menghasilkan polutan berupa debu dan permukaan okular rentan terhadap efek iritatif dari debu semen, karena epitel konyungtiva dan kornea hanya dilapisi oleh lapisan tipis *tear film*. Paparan debu semen jangka panjang menyebabkan terjadinya inflamasi subklinis kronik yang dapat menimbulkan gejala *dry eye syndrome*. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk menilai status *tear film* pada masyarakat yang terpapar emisi debu semen dibandingkan masyarakat yang tidak terpapar. **Metode:** Studi potong lintang analitik pada dua populasi, yaitu kelompok terpapar dan tidak terpapar emisi debu pabrik semen. Semua sampel penelitian dari dua populasi menjalani pemeriksaan pH *tear film*, Schirmer, Ferning dan *tear break up time* (TBUT). **Hasil:** Terdapat peningkatan nilai pH *tear film* yang bermakna pada kelompok terpapar dan penurunan kualitas Ferning yang bermakna pada kelompok terpapar yang didominasi tipe III. Sedangkan hasil pemeriksaan Schirmer dan TBUT masih dalam batas normal dan tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara kedua kelompok. Pada pemeriksaan sitologi impresi pada kelompok terpapar didapatkan densitas sel goblet yang masih dalam batas normal dan juga tidak didapatkan metaplasia pada sel epitel konjungtiva. **Kesimpulan:** Terdapat peningkatan pH *tear film* dan penurunan kualitas lapisan musin *tear film* yang bermakna pada masyarakat yang terpapar emisi debu semen, tetapi tidak disertai kerusakan permukaan okular dan peningkatan kejadian *dry eye* yang bermakna.

**Kata kunci:** *Dry eye*; emisi debu semen; Ferning; pH; Schirmer; sitologi impresi; TBUT; *tear film*

### Abstract

**Background:** Cement industries known to emit dust with dangerous health effects, particularly the particulate matter (PM) known to have the highest toxicity level compared to other air pollutants. Ocular surface is vulnerable to irritative effect of cement dust because conjunctival and corneal epithelium are only layered by a thin lining of *tear film*. Long term exposure of cement dust may result in the occurrence of chronic subclinical inflammation which can affect conjunctival epithelium transdifferentiation and goblet cell density, subsequently may lead to the *dry eye syndrome*. **Objective:** This study assessed the *tear film* status of communities who had cement dust emission exposure compared with those without exposure. **Methods :** A cross-sectional study on communities living in exposed and unexposed areas of cement dust. All study subjects underwent *tear pH*, Schirmer, Ferning, and *tear break up time* (TBUT) tests. **Results :** A significant increase of *tear pH* value was found in the exposed group. A significant decrease of Ferning quality was found in the exposed group, dominated

by tipe III. Results of Schirmer and TBUT tests were normal and there where no significant difference between groups. From impression cytology examination on exposed group, goblet cells density was normal and no conjunctival cells metaplasia found. **Conclusions** :There are significant increase of tear pH value and significant decrease of mucin layer quality in the communities who had cement dust emission exposure but not accompanied by ocular surface damage and significant increase of dry eye in those communities.

**Keywords:** cement dust emission; dry eye; Ferning; impression cytology; pH; Schirmer; TBUT; tear film

## PENDAHULUAN

Udara yang bersih adalah kebutuhan dasar bagi kesehatan dan kesejahteraan manusia. Namun, polusi udara masih menjadi ancaman nyata bagi kesehatan di berbagai negara. Polusi udara yang berdampak menurunkan kualitas udara umum terjadi pada daerah perkotaan, sementara pada daerah industri, polusi udara berpotensi menyebarkan kabut beracun. Pada negara berkembang, masalah polusi udara lebih serius akibat jumlah penduduk berlebih, urbanisasi yang tidak terkontrol, serta perkembangan industrialisasi.<sup>1</sup> Industri semen menghasilkan polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan, seperti metana, debu, nitrogen oksida, sulfur oksida, dan karbon dioksida.<sup>2,3</sup> Beberapa polutan utama dari industri semen adalah debu/*particulate matter* (PM), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan oksida nitrat (NO<sub>x</sub>).<sup>4</sup> Diantara partikel yang dihasilkan, partikel debu yang dapat masuk ke sistem pernapasan lewat inhalasi, menyebabkan penyakit respiratorik dan kardiovaskuler, disfungsi sistem reproduksi dan saraf, serta kanker.<sup>1</sup>

Debu semen memiliki efek iritasi pada kulit, mata, dan sistem pernapasan. Mehraj *et al.* mendapatkan prevalensi gangguan kesehatan yang tinggi pada masyarakat yang tinggal dalam radius 3 km dari pabrik semen di Kashmir. Pada masyarakat yang terpapar oleh emisi debu pabrik semen, 96% mengalami gangguan pernafasan, 97% mengalami iritasi mata dan 95% mengalami alergi kulit. Konsentrasi partikel debu semen pada udara daerah terpapar juga sangat tinggi yaitu 1208 µg/m<sup>3</sup>.<sup>5</sup>

Permukaan mata dilapisi oleh lapisan cairan tipis yang disebut *tear film*. Orang yang berada di area berpolusi tinggi menyebabkan terjadinya perubahan subklinis permukaan mata. Racun dari polusi yang berkontak langsung terhadap struktur mata dapat mempengaruhi kornea akibat kontak langsung *tear film* dengan udara sekitar.<sup>6</sup> Pekerja industri semen yang di lingkungannya terdapat asap semen melaporkan adanya keluhan pada mata berupa rasa terbakar dan kebutaan parsial, pada kulit berupa iritasi kulit, dan pada paru berupa silikosis menyerupai fibrosis.<sup>7</sup> Penelitian

sebelumnya telah mendeteksi adanya abnormalitas *tear film* dan perubahan subklinis dari permukaan okular pada individu yang tinggal di kota dengan tingkat polusi udara yang tinggi.<sup>8</sup> Polutan udara dapat terlarut dalam *tear film* dan mensensitisasi subpopulasi sel limfosit menyebabkan reaksi inflamasi kronis setelah paparan yang lama. Paparan polutan jangka panjang dengan demikian menyebabkan terjadinya inflamasi subklinis kronik.<sup>9</sup> Gupta *et al.* memaparkan efek polusi udara pada mata penduduk yang tinggal di kota Delhi dan menemukan terdapatnya abnormalitas *tear film* pada penduduk yang tinggal di kota dibanding penduduk yang tinggal di luar kota tersebut.<sup>10</sup> Versura *et al.* melakukan analisis dari 100 individu yang terpapar ke berbagai tingkat polusi udara yang berbeda di Bologna dan hasil pemeriksaan sitologi impresi pada permukaan okular menunjukkan terdapatnya kejadian inflamasi yang lebih besar (69%) pada individu di perkotaan yang lebih terpapar terhadap polusi udara dibanding dengan individu di pedesaan yang kurang terpapar polusi (43%). Kejadian inflamasi tersebut juga disertai dengan penurunan jumlah sel goblet baik tanpa keratinisasi sel epitel konyungtiva (pada 21% individu di perkotaan dan 13% individu di pedesaan) maupun dengan keratinisasi ringan sel epitel konyungtiva (pada 5% individu di perkotaan dan 2% individu di pedesaan).<sup>11</sup>

Substansi kimiawi pada partikel debu dapat terlarut dalam *tear film* dan mensensitisasi subpopulasi limfosit

spesifik yang kemudian menyebabkan inflamasi kronik setelah paparan yang berkepanjangan.<sup>9</sup> Penelitian Novaes *et al.* melakukan pemeriksaan sitologi impresi dan menyimpulkan bahwa hiperplasia sel goblet terjadi sebagai respon terhadap peningkatan level polusi udara.<sup>12</sup> Berdasarkan temuan-temuan diatas, peneliti ingin menilai efek dari polusi udara akibat emisi debu semen terhadap kuantitas dan kualitas *tear film* serta status permukaan okular pada masyarakat yang terpapar dan tinggal di sekitar pabrik semen dibandingkan dengan masyarakat yang tidak terpapar emisi debu semen.

## METODE

Desain penelitian ini adalah *analytica cross-sectional study* pada dua populasi, yaitu kelompok terpapar (penduduk yang tinggal di area dengan radius  $\leq 3$  km dari lokasi pabrik PT Semen Padang) dan tidak terpapar (penduduk yang tinggal di area dengan radius  $\geq 10$  km) emisi debu pabrik semen. Protokol penelitian ini telah disetujui oleh Komite Etika Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Andalas (izin nomor: 031/KEP/FK/2015). Dari perhitungan besar sampel didapatkan jumlah sampel sebanyak 72 orang untuk masing-masing kelompok dan sampel diambil secara *simple random sampling*. Kriteria inklusi yaitu penduduk yang berusia antara 20 tahun hingga 60 tahun dan telah bermukim di daerah populasi penelitian minimal selama 2 tahun. Kriteria eksklusi yaitu penduduk yang merupakan karyawan pabrik semen di bagian produksi

dan pengepakan atau melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan penggunaan material semen, penduduk dengan penyakit infeksi dan inflamasi mata yang aktif, penduduk dengan riwayat operasi bola mata, penduduk yang menggunakan obat antihipertensi dan antihistamin, dan penduduk dengan riwayat penyakit diabetes melitus.

Semua subjek menjalani pemeriksaan pH *tear film*, Schirmer, Ferning, TBUT, dan sitologi impresi. Nilai pH diperoleh dengan menggunakan kertas indikator pH, di mana hasil dapat bersifat asam ( $\text{pH} \leq 6,5$ ), normal ( $\text{pH} 7,0$  dan  $7,5$ ) dan alkali ( $\text{pH} \geq 8,0$ ). Hasil uji Schirmer diperoleh dengan menggunakan kertas filter Schirmer, dilakukan tanpa anestesi topikal dan dibagi berdasarkan *grading*, yaitu *grade I* bila nilai Schirmer  $\leq 5$  mm, *grade II* bila nilai Schirmer antara 6-10 mm, dan *grade III* bila nilai Schirmer  $\geq 11$  mm. Musin diperoleh menggunakan spatula kaca dan diamati menggunakan mikroskop dan corakan Ferning dibagi menjadi tipe I, II, III, dan IV sesuai klasifikasi Rolando. Nilai TBUT diperoleh dengan menggunakan kertas strip fluorescein dan dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil pemeriksaan TBUT dibagi berdasarkan *grading* yaitu *grade I* bila nilai TBUT  $\leq 5$  detik, *grade II* bila nilai TBUT antara 6-10 detik, dan *grade III* bila nilai TBUT  $\geq 11$  detik.

Pemeriksaan sitologi impresi dilakukan dengan menggunakan kertas saring *millipore* dan dilakukan penilaian morfologi epitel konjungtiva dan densitas sel goblet dengan mikroskop berdasarkan

*grading* Nelson. Diagnosa *dry eye* ditegakkan bila terdapat gejala *dry eye* pada sampel penelitian yaitu nyeri pada mata, mata merah, mata perih, mata terasa mengganjal (sensasi benda asing), atau mata kering dan gatal disertai terdapatnya hasil uji Schirmer  $\leq 5$  mm atau uji TBUT  $\leq 5$  detik pada mata dengan hasil pemeriksaan terburuk. Hasil pemeriksaan dianalisa secara statistik dengan SPSS v.16 menggunakan uji Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, dan *Chi-Square* dan dianggap bermakna jika nilai  $p < 0,05$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2015 sampai dengan Juli 2016 di kampus Fakultas Kedokteran Universitas Andalas, Limau Manis, Padang. Subjek yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi berjumlah 144 orang (288 mata) dan memiliki karakteristik yang homogen (Tabel 1).

**Tabel 1.** Karakteristik subyek penelitian (n=144).

Karakteristik	Kelompok terpapar (n=72)	Kelompok tidak terpapar (n=72)
	n (%)	n (%)
<b>Jenis kelamin</b>		
Laki-laki	12 (16,7)	9 (12,5)
Perempuan	60 (83,3)	63 (87,5)
<b>Usia (tahun)</b>		
20-30	9 (12,5)	13 (18,1)
31-40	19 (26,4)	16 (22,2)
41-50	30 (41,7)	25 (34,7)
51-60	14 (19,4)	18 (25,0)

Waktu lama bermukim subyek penelitian (Tabel 2) di lokasi tempat tinggalnya pada penduduk di area terpapar dengan yang tidak terpapar hampir sama lamanya dan secara statistik tidak terdapat perbedaan yang bermakna (uji Mann-Whitney;  $p=0,310$ ), sehingga dapat disimpulkan terdapat waktu paparan yang sama terhadap udara dan lingkungan sekitar yang dialami oleh masing-masing kelompok subjek.

**Tabel 2.** Lama bermukim subjek pada lokasi penelitian.

Kelompok	Lama bermukim (tahun) Rerata $\pm$ SD	Nilai p (uji Mann-Whitney)
Terpapar (n=72)	20,0 $\pm$ 12,7	0,310
Tidak terpapar (n=72)	20,1 $\pm$ 17,4	

Hasil pemeriksaan pH *tear film* (Tabel 3) menunjukkan bahwa rerata nilai pH *tear film* kedua mata lebih tinggi pada kelompok terpapar daripada kelompok tidak terpapar dan perbedaan tersebut juga bermakna secara statistik ( $p=0,001$ ).

**Tabel 3.** Rerata nilai pH, Schirmer, dan TBUT kedua mata pada kelompok terpapar dan tidak terpapar.

Pemeriksaan okular	Kelompok terpapar (n=72) Rerata $\pm$ SD	Kelompok tidak terpapar (n=72) Rerata $\pm$ SD	Nilai p (uji Mann-Whitney)
<b>pH</b>			
Mata kanan	8,0 $\pm$ 0,4	7,7 $\pm$ 0,5	0,001
Mata kiri	8,0 $\pm$ 0,4	7,8 $\pm$ 0,4	0,001
<b>Schirmer (mm)</b>			
Mata kanan	14,4 $\pm$ 8,7	15,9 $\pm$ 10,5	0,642
Mata kiri	15,9 $\pm$ 9,7	17,1 $\pm$ 11,4	0,772
<b>TBUT (detik)</b>			
Mata kanan	12,9 $\pm$ 5,9	12,1 $\pm$ 5,3	0,493
Mata kiri	13,2 $\pm$ 5,4	13,1 $\pm$ 5,6	0,781

Selain nilai rerata pH yang lebih tinggi, proporsi penduduk dengan pH yang alkali juga lebih di kelompok terpapar dibandingkan kelompok tidak terpapar (Tabel 4) dan perbedaan tersebut juga bermakna secara statistik ( $p<0,001$ ). Partikel debu semen mengandung kalsium hidroksida yang bersifat alkali. Paparan terhadap debu semen pada permukaan okular akan menyebabkan peningkatan pH *tear film* di mana peningkatan nilai pH berkorelasi dengan volume debu semen yang terdeposit pada permukaan okular.<sup>13</sup>

**Tabel 4.** Perbandingan kategori pH, Schirmer, TBUT dan Ferning kedua mata antara kelompok terpapar dengan tidak terpapar.

Pemeriksaan okular	Kelompok terpapar (n=72) n (%)	Kelompok tidak terpapar (n=72) n (%)	Nilai p
<b>pH mata kanan</b>			
Alkali	54 (75)	30 (41,7)	<0,001
Normal	18 (25)	42 (58,3)	
<b>pH mata kiri</b>			
Alkali	54 (75)	31 (43,1)	<0,001
Normal	18 (25)	41 (56,9)	
<b>Schirmer mata kanan</b>			
Grade I	12 (16,7)	15 (20,8)	0,686
Grade II	18 (25,0)	20 (27,8)	
Grade III	42 (58,3)	37 (51,4)	
<b>Schirmer mata kiri</b>			
Grade I	11 (15,3)	17 (23,6)	0,310
Grade II	20 (27,8)	14 (19,4)	
Grade III	41 (56,9)	41 (56,9)	
<b>TBUT mata kanan</b>			
Grade I	2 (2,8)	4 (5,6)	0,551
Grade II	33 (45,8)	28 (38,9)	
Grade III	37 (51,4)	40 (55,6)	
<b>TBUT mata kiri</b>			
Grade I	0 (0)	1 (1,4)	0,511
Grade II	27 (37,5)	30 (41,7)	
Grade III	45 (62,5)	41 (56,9)	
<b>Ferning mata kanan</b>			
Tipe I	10 (13,9)	23 (31,9)	0,005
Tipe II	13 (18,1)	21 (29,2)	
Tipe III	31 (43,1)	19 (26,4)	
Tipe IV	18 (25,0)	9 (12,5)	
<b>Ferning mata kiri</b>			
Tipe I	11 (15,3)	23 (31,9)	0,029
Tipe II	16 (22,2)	21 (29,2)	
Tipe III	27 (37,5)	18 (25,0)	
Tipe IV	18 (25,0)	10 (13,9)	

Hasil pemeriksaan Schirmer *tear film* (Tabel 3) menunjukkan nilai Schirmer yang masih dalam rentang normal pada kedua kelompok, tetapi diperoleh nilai Schirmer kedua mata yang lebih rendah pada kelompok terpapar dibandingkan dengan kelompok tidak terpapar meskipun secara statistik perbedaan tersebut tidak bermakna ( $p=0,642$  dan  $p=0,772$ ). Selain itu juga tidak didapatkan perbedaan jumlah yang bermakna dalam proporsi responden dengan *grading* Schirmer yang rendah (Tabel 4) pada kedua kelompok ( $p=0,686$  dan  $p=0,310$ ). Saxena *et al.* melakukan penelitian untuk menilai pengaruh polusi udara terhadap *tear film* pada penduduk di New Delhi dan memperoleh penurunan hasil pemeriksaan Schirmer pada kelompok terpapar ( $13,42 \pm 6,67$  mm) dibandingkan pada kelompok kontrol ( $15,95 \pm 6,14$  mm) dan secara statistik perbedaan tersebut bermakna ( $p < 0,001$ ), tetapi nilai Schirmer pada kedua kelompok tersebut masih dalam rentang normal.<sup>8</sup> Sementara itu, Gupta *et al.* dalam penelitiannya mengenai pengaruh polusi udara terhadap *tear film* pada penduduk di New Delhi juga memperoleh hasil pemeriksaan Schirmer yang masih dalam rentang normal pada kelompok terpapar dan kontrol, tetapi didapatkan penurunan nilai Schirmer yang signifikan ( $p < 0,001$ ) pada kelompok terpapar ( $22,75 \pm 8,91$  mm) dibandingkan pada kelompok kontrol ( $30,30 \pm 7,92$  mm).<sup>6</sup>

Hasil pemeriksaan TBUT (Tabel 3) menunjukkan nilai TBUT yang masih dalam rentang normal pada kedua kelompok dan



diperoleh nilai TBUT yang tidak jauh berbeda antara kelompok terpapar dengan kelompok tidak terpapar dan secara statistik juga tidak didapatkan perbedaan yang bermakna ( $p=0,493$  dan  $p=0,781$ ). Selain itu juga tidak didapatkan perbedaan jumlah yang bermakna dalam proporsi responden dengan *grading* TBUT yang rendah (Tabel 4) pada kedua kelompok ( $p=0,551$  dan  $p=0,511$ ). Saxena *et al.* dalam penelitiannya memperoleh penurunan hasil pemeriksaan TBUT pada kelompok terpapar ( $12,97\pm 6,12$  detik) dibandingkan pada kelompok kontrol ( $19,23\pm 5,70$  detik) dan secara statistik perbedaan tersebut bermakna ( $p<0,001$ ), tetapi nilai TBUT pada kedua kelompok tersebut masih dalam rentang normal.<sup>8</sup> Sedangkan Gupta *et al.* dalam penelitiannya juga memperoleh hasil pemeriksaan TBUT yang masih dalam rentang normal pada kelompok terpapar dan kontrol, tetapi didapatkan penurunan nilai TBUT yang signifikan ( $p<0,05$ ) pada kelompok terpapar ( $11,17\pm 2,92$  detik) dibandingkan pada kelompok kontrol ( $12,13 \pm 3,24$  detik).<sup>6</sup>

Hasil pemeriksaan Ferning (Tabel 4) menunjukkan bahwa pada kelompok terpapar gambaran Ferning kedua mata yang diperoleh didominasi tipe III (43,1% pada mata kanan dan 37,5% pada mata kiri) dan tipe IV (25% pada mata kanan dan kiri). Sedangkan pada kelompok tidak terpapar gambaran Ferning kedua mata yang diperoleh didominasi tipe I (31,9% pada mata kanan dan kiri) dan tipe II (29,2% pada mata kanan dan kiri). Secara

statistik juga didapatkan perbedaan yang bermakna antara kedua kelompok tersebut ( $p=0,005$  dan  $p=0,029$ ). Sehingga dengan demikian diperoleh proporsi penduduk dengan gambaran Ferning yang abnormal yang lebih banyak pada kelompok terpapar dibandingkan kelompok tidak terpapar. Versura *et al.* dalam penelitiannya yang menilai hubungan antara polusi udara dengan *discomfort eye syndrome* pada penduduk di Bologna dan memperoleh proporsi penduduk dengan gambaran Ferning abnormal yang lebih besar (55%) di mana gambaran tipe III mendominasi (43%).<sup>11</sup> Penurunan kualitas pola Ferning tersebut dapat disebabkan presipitasi polutan udara ke dalam lapisan musin *tear film* di mana hal ini menyebabkan terjadinya iritasi dan inflamasi kronik. Inflamasi okular subklinis diduga dapat mempengaruhi transdiferensiasi epitel konyungtiva dan densitas sel goblet yang dapat menyebabkan gangguan produksi musin.<sup>11,14,15</sup>

**Tabel 5.** Gambaran sitologi impresi sel konjungtiva berdasarkan *grading* Nelson pada kelompok terpapar.

<i>Grading</i> sitologi impresi	Kelompok terpapar	
	n	%
Grade 0	28	53,8
Grade 1	19	36,5
Grade 2	4	7,7
Grade 3	1	1,9

Hasil pemeriksaan sitologi impresi berdasarkan *grading* Nelson (Tabel 5) menunjukkan bahwa sebagian besar merupakan *grade* 0 (53,8%) dan *grade* 1

(36,5%). Hanya sedikit ditemukan gambaran sitologi yang lebih berat, yaitu *grade 2* sebanyak 7,7% dan *grade 3* sebanyak 1,9%, tetapi tidak ditemukan adanya gambaran keratinisasi pada semua hasil pemeriksaan sitologi impresi. Gambaran *grade 2* dan *3* tersebut didapatkan pada responden yang telah tinggal di area terpapar selama lebih dari 15 tahun. Shrestha *et al.* juga mendapatkan gambaran sitologi impresi terbanyak yaitu pada *grade 0* dan *1* sebesar 51% pada pasien dengan *dry eye*.<sup>16</sup>

**Tabel 6.** Perbandingan prevalensi *dry eye* antara kelompok terpapar dengan kelompok tidak terpapar.

Kelompok	Diagnosis		Nilai P
	<i>Dry eye</i> n (%)	Normal n (%)	
Terpapar (n=72)	9 (12,5)	63 (87,5)	0,791
Tidak terpapar (n=72)	7 (9,7)	65 (90,3)	

Pada penelitian ini, didapatkan persentase penduduk dengan *dry eye* yang lebih tinggi pada kelompok terpapar dibandingkan dengan kelompok tidak terpapar (Tabel 6) tapi perbedaan tersebut secara statistik tidak bermakna ( $p=0,791$ ). Baik pada kelompok terpapar maupun tidak terpapar, jenis kelamin responden didominasi oleh perempuan dengan pekerjaan bersifat *indoor* (umumnya sebagai ibu rumah tangga) dan aktivitas di luar ruangan umumnya antara 2-5 jam/hari. Faktor hormonal dapat berperan dalam timbulnya *dry eye* yang dapat dilihat dari umur responden yang umumnya berkisar antara 45 hingga 60 tahun yang merupakan periode terjadinya menopause

pada wanita. Faktor hormonal berupa kadar androgen yang rendah dapat menyebabkan penurunan sekresi lapisan *aqueous* oleh kelenjar lakrimal.<sup>17,18,19</sup>

Pada penelitian ini tidak didapatkan penurunan kuantitas dan kualitas *tear film* pada kelompok penduduk yang terpapar emisi debu pabrik semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi debu semen hanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH dan gambaran *Ferning tear film*. Hasil tersebut dapat disebabkan partikel debu semen mengalami presipitasi ke dalam lapisan *musin tear film*. Partikel debu semen yang memiliki nilai pH hingga 9,2 akan menyebabkan peningkatan pH *tear film*. Peningkatan pH menjadi alkali tersebut akan menyebabkan penurunan viabilitas sel epitel permukaan okular termasuk sel goblet. Selain itu, substansi kimiawi pada partikel debu semen yang terlarut dalam *tear film* akan mensensitisasi limfosit yang kemudian menyebabkan terjadinya inflamasi kronik yang dapat mempengaruhi diferensiasi sel epitel dan densitas sel goblet pada permukaan okular.

Kerusakan pada sel epitel permukaan okular dan sel goblet akan menyebabkan penurunan sekresi *musin*.<sup>20</sup> Defisiensi lapisan *musin* akan menyebabkan penurunan kualitas gambaran *Ferning* yang terbentuk.<sup>21</sup> Defisiensi *musin* dan penurunan densitas sel goblet dapat menyebabkan instabilitas dan hiperosmolaritas *tear film*.<sup>22,23</sup>



Klasifikasi daerah paparan dilakukan berdasarkan radius lokasi penelitian dari pabrik semen sebagai sumber polusi. Hasil pengukuran kualitas udara ambien pada

lokasi yang diasumsikan terpapar dan tidak terpapar disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil pengujian kualitas udara ambien pengukuran 24 jam

Kelurahan	Parameter ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )					
	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	TSP
<b>Terpapar</b>						
Padang Besi	60,43	1832,31	192,22 *	21,44	16,51	29,91
Koto Lalang	61,25	1603,27	178,30*	31,39	23,54	39,38
Limau Manis Selatan	46,91	1832,31	187,05*	20,74	14,31	25,11
Koto Luar	54,82	1488,75	181,36*	31,13	18,10	57,64
Limau Manis	63,09	1832,31	169,88*	43,23	33,15	77,00
Kapalo Koto	58,65	1832,31	186,01*	35,57	21,05	54,79
<b>Tidak terpapar</b>						
Gunung Sarik	51,43	2061,35	179,74*	28,44	18,49	31,78
Sungai Sapih	60,79	1488,75	173,40*	74,34	67,26*	99,53
Kuranji	50,38	1145,19	176,29*	27,81	25,67	35,96
Kalumbuk	48,95	1145,19	179,06*	30,52	20,59	33,14
Lubuk Lintah	49,00	1946,83	180,44*	41,30	37,80	67,40

Baku Mutu Lingkungan (BML): SO<sub>2</sub> 365  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , CO 10000  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , NO<sub>2</sub> 150  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , PM<sub>10</sub> 150  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , PM<sub>2,5</sub> 65  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , TSP (Debu Total) 230  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

\* Diatas BML

Proses pembakaran pada tanur menghasilkan sebagian besar emisi atmosferik dari proses produksi semen berupa partikel debu, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, logam dan polutan minor lainnya. Distribusi partikel debu semen di atmosfer dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin selain dari ukuran partikel debu itu sendiri. Partikel debu yang berukuran > 10  $\mu\text{m}$  akan mengendap dan terakumulasi pada permukaan tanah, tumbuhan atau atap gedung sementara partikel debu yang berukuran  $\leq 10 \mu\text{m}$  akan tersuspensi dalam udara yang disebut sebagai aerosol. Emisi debu semen dapat terbawa oleh angin hingga jarak 10 km dari pabrik semen. Partikel debu yang berukuran besar

ditemukan mengendap dalam radius 3 hingga 4 km dari pabrik semen sementara partikel debu yang berukuran kecil dapat terbawa hingga jarak 8 sampai 10 km dari pabrik semen tergantung dari kecepatan dan arah angin. Partikel debu semen tersebut memiliki nilai pH hingga 9,2 dan paparan material semen pada permukaan okular akan menyebabkan peningkatan pH *tear film*. Peningkatan nilai pH tersebut berkorelasi dengan volume material semen yang terdeposit pada permukaan okular.

Manifestasi klinis yang terjadi sebanding dengan peningkatan nilai pH dan dapat minimal berupa defek epitel kornea, hingga berat berupa opasifikasi kornea dengan iskemik limbus.<sup>24,25,26</sup> Pada hasil

pengujian kualitas udara *ambient* pengukuran 24 jam di area sekitar PT. Semen Padang didapatkan konsentrasi partikel debu semen yang masih memenuhi Baku Mutu Lingkungan. Pada masyarakat yang tinggal di area terpapar juga didapatkan peningkatan pH *tear film* yang sedikit di atas rentang normal, sehingga belum menyebabkan kerusakan permukaan okular yang signifikan secara klinis. Hal ini sesuai dengan hasil pemeriksaan *tear film* dan sitologi impresi yang masih dalam batas normal pada masyarakat yang tinggal di area sekitar PT. Semen Padang.

Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu tidak dilakukannya pemeriksaan sitologi impresi pada penduduk yang tinggal di area tidak terpapar, sehingga tidak dapat dihubungkan perubahan densitas sel goblet dan metaplasia sel epitel konyungtiva pada kedua kelompok penelitian.

## KESIMPULAN

Terdapat peningkatan rerata nilai pH *tear film* dan penurunan kualitas lapisan musin *tear film* yang bermakna pada masyarakat yang terpapar emisi debu semen, tetapi tidak didapatkan adanya abnormalitas permukaan okular dan peningkatan kejadian *dry eye* yang bermakna. Hasil ini

menunjukkan kualitas udara ambien di daerah sekitar pabrik semen masih baik dan emisi partikel debu semen pada daerah tersebut masih dalam rentang Baku Mutu Udara Ambien Nasional, sehingga belum menyebabkan pengaruh yang berbahaya terhadap kesehatan mata.

## DUKUNGAN FINANSIAL

Penelitian ini didukung oleh hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi Universitas Andalas tahun 2015 kepada Rizanda Machmud.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh partisipan yang bersedia sebagai subjek, kepada seluruh enumerator, dan pihak kelurahan yang membantu terlaksananya penelitian ini

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penelitian ini didukung secara finansial secara parsial oleh hibah dari PT. Semen Padang. PT. Semen Padang tidak terlibat dalam disain, pengumpulan data, pemeriksaan, interpretasi hasil dan publikasi hasil penelitian dalam bentuk apapun.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front Public Health* [Internet]. 2020 Feb [cited ;8(14):1-13.

- Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7044178/> DOI: 10.3389/fpubh.2020.00014
2. Suhariyono G, Saeni MS, Bey A. Analisis Tingkat Bahaya Partikel Debu PM10 dan PM2,5 Terhadap Kesehatan Penduduk Di sekitar Pabrik Semen, Citeureup – Bogor. P3TM-BATAN. Prosiding Pertemuan dan Presentasi ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir; 2003 Jul 8; Yogyakarta. p. 116-24.
  3. Balogun B, Raj GC, Moses AK. Air pollution control in Cement Industries in India [Internet]. Finlandia: Lappeenranta University of Technology; 2016 [cited 2020 Sep 18]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/321001721\\_AIR\\_POLLUTION\\_CONTROL\\_IN\\_CEMENT\\_INDUSTRIES\\_IN\\_INDIA](https://www.researchgate.net/publication/321001721_AIR_POLLUTION_CONTROL_IN_CEMENT_INDUSTRIES_IN_INDIA) DOI: 10.13140/RG.2.2.17145.57448
  4. Schuhmacher M, Domingo JL, Garreta J. Pollutants emitted by a cement plant: health risks for the population living in the neighborhood. *Environ Res.* 2004 Jun;95(2):198-206.
  5. Mehraj SS, Bhat GA, Balkhi HM, Gul T. Health risks for population living in the neighborhood of a cement factory. *Afr J Environ Sci Technol.* 2013;7(12):1044-52.
  6. Gupta SK, Gupta SC, Agarwal R, Sushma S, Agrawal SS, Saxena R. A multicentric case-control study on the impact of air pollution on eyes in a metropolitan city of India. *Indian J Occup Environ Med.* 2007 Jan;11(1):37-40.
  7. Iyama WA, Egbunefu CO, Chioma CA, Amakiri S, Uzor L. Perception of the Effects of Cement Dust and Particulates on the Health and Safety of Factory Workers in Port Harcourt. *Journal of Health, Applied Sciences and Management.* 2018;2;29-40.
  8. Saxena R, Srivastava S, Trivedi D, Anand E, Joshi S, Gupta SK. Impact of environmental pollution on the eye. *Acta Ophthalmol Scand.* 2003 Oct;81(5):491-4
  9. Torricelli AA, Novaes P, Matsuda M, Alves MR, Monteiro ML. Ocular surface adverse effects of ambient levels of air pollution. *Arquivos brasileiros de oftalmologia.* 2011 Oct;74(5):377-81.
  10. Gupta SK, Gupta V, Joshi S, Tandon R. Subclinically dry eyes in urban Delhi: an impact of air pollution?. *Ophthalmologica.* 2002;216(5):368-71
  11. Versura P, Profazio V, Cellini M, Torreggiani A, Caramazza R. Eye Discomfort and Air Pollution. *Ophthalmologica.* 1999;213(2):103-9.
  12. Novaes P, do Nascimento Saldiva PH, Kara-José N, Macchione M, Matsuda M, Racca L, et al. Ambient levels of air pollution induce goblet-cell hyperplasia in human conjunctival epithelium *Environ Health Persp.* 2007 Dec;115(12):1753-6.
  13. Lim GCS, Yeh L, Lin H, Hwang C. Sequels, complications and management of a chemical burn associated with cement splash. *Chang Gung Med J.* 2006 Jul;29(4):424-9.
  14. Okawada N, Mizoguchi I, Ishiguro T. Effects of photochemical air pollution on the human eye--concerning eye irritation, tear lysozyme, and tear pH. *Nagoya J Med Sci.* 1979 Mar;41(1-4):9-20.
  15. Alves M, Novaes P, Morrayer MD, Reinach PS, Rocha EM. Is dry eye an environmental disease?. *Arq Bras Oftalmol.* 2014 Jun;77(3):193-200.
  16. Shrestha E, Shrestha JK, Shayami G, Chaudhary M. The conjunctival impression cytology between the diagnosed cases of dry eye and normal individuals. *Nepal J Ophthalmol.* 2011;3(5):39-44.
  17. Michael AL, Christophe B, Jules B, Murat D, Gary NF, K S. The definition and classification of dry eye disease: report of the Definition and Classification Subcommittee of the International Dry Eye Workshop. *Ocul Surf.* 2007;5(2):75-92.

18. Ebeigbe JA, Ebeigbe PN. The influence of sex hormone levels on tear production in postmenopausal Nigerian women. *Afr J Med Med Sci*. 2014 Sep;43(3):205-11.
19. Satici A, Bitiren M, Ozardali I, Vural H, Kilic A, Guzey M. The effects of chronic smoking on the ocular surface and tear characteristics: a clinical, histological and biochemical study. *Acta Ophthalmol Scand*. 2003 Dec;81(6):583-7.
20. Hori Y. Secreted Mucins on the Ocular Surface. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [Internet]. 2018 Dec [cited 2020 Sep 18];59(14):1-6. Available from: <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2717226> DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.17-23623>
21. Singh AK, Nagpal S, Tyagi R. A Study of Tear Ferning Patterns in Elderly Individuals with Dry Eye Disorder. *J Clin Diagn Res* [Internet]. 2018 May [cited 2020 Sep 18];12(5):1-4. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/325579941\\_A\\_Study\\_of\\_Tear\\_Ferning\\_Patterns\\_in\\_Elderly\\_Individuals\\_with\\_Dry\\_Eye\\_Disorder/fulltext/5e91c429a6fdcca7890abfa2/A-Study-of-Tear-Ferning-Patterns-in-Elderly-Individuals-with-Dry-Eye-Disorder.pdf](https://www.researchgate.net/publication/325579941_A_Study_of_Tear_Ferning_Patterns_in_Elderly_Individuals_with_Dry_Eye_Disorder/fulltext/5e91c429a6fdcca7890abfa2/A-Study-of-Tear-Ferning-Patterns-in-Elderly-Individuals-with-Dry-Eye-Disorder.pdf) DOI: 10.7860/JCDR/2018/27666.11497
22. Liu H, Begley C, Chen M, Bradley A, Bonanno J, McNamara NA, et al. A link between tear instability and hyperosmolarity in dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009 Aug;50(8):3671-9.
23. Moore JE, Vasey GT, Dartt DA, McGilligan VE, Atkinson SD, Grills C, et al. Effect of tear hyperosmolarity and signs of clinical ocular surface pathology upon conjunctival goblet cell function in the human ocular surface. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011 Aug;52(9):6174-80.
24. Branquinho C, Gaio-Oliveira G, Augusto S, Pinho P, Máguas C, Correia O. Biomonitoring spatial and temporal impact of atmospheric dust from a cement industry. *Environ Pollut*. 2008 Jan;151(2):292-9.
25. Arul A, Nelson R. Effect of Cement Dust Pollution on Morphology and Photosynthetic Pigments of Some Legume Plants Grown in Ariyalur District, Tamil Nadu. *Int J Adv Multidiscip Res*. 2015;2(12):59-65.
26. Soussia T, Guedenon P, Koumassi H, Lawani R, Edorh PA, Doutetien Gbaguidi C. Oculopathy within workers of Beninese cement industry of Xwlacodji (BCI) in Cotonou (Benin). *Int Res J Pub Environ Health*. 2014 Sep;1(7):158-64.