

# GAMBARAN DIATOMEA PADA PERAIRAN MUARA SUNGAI ROKAN KECAMATAN BANGKO DAN KECAMATAN BATU HAMPAR KABUPATEN ROKAN HILIR SEBAGAI DIAGNOSIS PENUNJANG IDENTIFIKASI LOKASI KORBAN MATI TENGGELAM

Muhammad Maliki<sup>1</sup>, Dedi Afandi<sup>2</sup>, Adnan Kasry<sup>3</sup>

## ABSTRACT

*Diatomea investigation in the body of drowning victims is one of important investigation to determination the drowning victims location. Diatomea is sould in the lung or another organ from the body of victims as prove of drowning intra-vitality it means the victims are still alive when they are in the water and they are dead because of it. Diatomea species determining can be concluded as a supporting diagnose to identify the location of drowning victims by comparing the diatomea in the victims body with diatomea species in the water this research is a descriptive research which is purposed for recognizing the species and the diatomea abundant in the Rokan's River Estuary of Bangko Sub-district and Batu Hampar Sub-district Rokan Hilir Regency this research sample is taken from five research of stasions as purposive sampling. This research was done in April and May 2013 at Rokan's River Estuary in Sub-district Bangko And Subdistrict Batu Hampar Rokan Hilir Regency. Diatomea investigation was done by using Binocular microscope. This determining was done by using Masaharu and Yunfang atlas the abundant was searched by counted and numbered by using American Public Health Associations (APHA) formula.*

*Diatomea was founded eight species they are: Aulocoseira sp, Diatoma sp, Nitzchia sp, Isthmia sp, Melosira sp, Navicula sp, Skeletonema sp, Bitdulphia sp. The abundant of diatomea is founded 11152,2 sel/L when the water comes up and I found 9132,6 sel/L when the water come down with the Diatoma sp as the most dominant diatomea as a mount as 4986,4 sel/L when the water comes up and with diatoma sp as the most dominant Diatomea as amount as 3799,8 sel/L.*

*Keyword : Rokan's river estuary drowning, species and abundant diatomea*

## PENDAHULUAN

Tenggelm (*drowning*) adalah suatu keadaan dimana terjadi gangguan oksigenisasi darah dalam paru-paru akibat masuknya cairan ke dalam saluran nafas melalui hidung dan mulut.<sup>1,2</sup> Tenggelm juga dapat diartikan sebagai kematian yang tidak wajar dimana terhalangnya jalan nafas oleh air / cairan sehingga terhisap masuk ke jalan nafas sampai ke alveoli paru-paru.<sup>3,4</sup>

Seseorang dikatakan tenggelam bila ia masih hidup ketika masuk ke dalam air dan mengalami kematian karenanya, dalam istilah tenggelam bukan saja dicakup masuknya badan secara keseluruhan tetapi juga masuk kepala saja atau muka saja ke dalam air.<sup>5</sup> Selain air juga akan masuk segala benda yang ada di dalamnya seperti bahan cemaran, lumpur, pasir, dan berbagai jenis plankton.<sup>6,7</sup> Plankton, khususnya diatomea, akan ikut masuk ke dalam sirkulasi sistemik dan disebarkan ke setiap organ tubuh dan akan menetap bahkan sampai mayat membusuk sekalipun.<sup>1,7</sup>

Salah satu pemeriksaan khusus pada korban mati tenggelam adalah pemeriksaan diatomea.<sup>8,9,10</sup> Ditemukannya diatomea dan alga lain pada paru atau pada organ lain dalam tubuh korban merupakan bukti intravitalitas korban tenggelam.<sup>11</sup> Artinya korban yang masih hidup masuk ke dalam air dan mengalami kematian karenanya.<sup>12</sup> Kegunaan dilakukan

pemeriksaan diatomea ini adalah untuk mengetahui ada atau tidaknya diatomea dan alga di dalam paru-paru korban dan membandingkan diatomea pada korban dengan diatomea pada perairan dimana korban ditemukan.<sup>13</sup> Apabila memiliki kesamaan maka dapat disimpulkan bahwa korban tersebut benar korban tenggelam di perairan tersebut.<sup>14</sup> Selain itu, pada keadaan mayat yang ditemukan sudah mengalami pembusukan maka diatomea dapat dijadikan alat identifikasi lanjut untuk mendiagnostik yang lebih bermakna.<sup>14</sup>

<sup>1</sup>Penulis untuk korespondensi: Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Alamat: Jl. Diponegoro No. 1, Pekanbaru, E-mail: muhammadmaliqi\_fk2009@yahoo.com

<sup>2</sup>Bagian Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Riau

<sup>3</sup>Bagian Ekologi dan Manajemen Lingkungan Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau

Di Kabupaten Rokan Hilir, terdapat perairan muara sungai Rokan yang secara keseluruhan dari hulu dan hilir itu melewati beberapa desa di Kecamatan Bangko.<sup>15</sup> Menurut Suwardi tidak kurang dari seribu jiwa penduduk yang menggantungkan hidupnya di muara ini baik sebagai nelayan, lintasan dan sebagai taman rekreasi. Hal itu menyebabkan tidak tertutup kemungkinan ada yang tenggelam akibat kecelakaan kerja, dimangsa oleh binatang buas (buaya), dan kecelakaan lainnya. Namun demikian kemungkinan tersebut tidak jarang dijadikan alat oleh beberapa pihak tertentu untuk mengaburkan kasus pembunuhan berencana dan mengarahkannya menjadi suatu kecelakaan.

Penelitian ke arah ini belum begitu banyak mendapat perhatian dalam ilmu kedokteran forensik, dan di setiap perairan sungai ataupun perairan muara memiliki jenis diatomea yang berbeda. Lokasi penelitian sudah cukup di kenal karena tidak jauh dari tempat tinggal peneliti oleh karena itulah penelitian akan dilakukan.

## TINJAUAN PUSTAKA

*Drowning* atau tenggelam adalah masuknya seseorang ke dalam air baik seluruh tubuh maupun kepala atau muka saja dan mengalami kematian karenanya.<sup>5</sup> Kematian dapat disebabkan oleh laringo spasme, refleks vegal, fibrilasi ventrikel, hipotermi dan *hydrocution*.

Tenggelam adalah kasus kecelakaan terbanyak kedua setelah kecelakaan lalu lintas yang menimpa anak-anak dan remaja. Angka kematian karena tenggelam sangat banyak, 5,6 dari setiap 100,000 penduduk dunia.<sup>3</sup> Dimana kelompok umur terbesar pada peristiwa tenggelam ini antara lain umur 10-19 tahun dan 85% dari kasus ini adalah laki-laki.<sup>3</sup>

Menurut Modi<sup>16</sup>, tenggelam dibagi menjadi beberapa jenis antara lain (1) wet drowning, (2) dry drowning, (3) secondary drowning, (4) immersion drowning. Pada korban tenggelam juga perlu dilakukan pemeriksaan untuk menentukan penyebab kematian korban, baik pemeriksaan luar maupun pemeriksaan dalam.<sup>16</sup>

Waktu yang diperlukan untuk terbenam dapat bervariasi dan tergantung dari beberapa hal berikut: keadaan di sekeliling korban, keadaan masing-masing korban, reaksi perorangan yang bersangkutan, keadaan kesehatan korban dan jumlah cairan yang masuk ke dalam saluran pernafasan. Korban tenggelam akan menelan air semakin lama semakin banyak, kemudian menjadi tidak sadar dalam waktu 2-12 menit (*fatal period*). Dalam periode ini, bila korban dikeluarkan dari air, ada kemungkinan masih dapat hidup bila upaya resusitasi berhasil.<sup>1,6</sup>

Korban yang tenggelam di air tawar, penyerapan air pada alveoli lebih cepat.<sup>3</sup> Sel darah yang pecah akan meningkatkan konsentrasi ion K, sehingga terjadinya fibrilasi ventrikel yang akan menurunkan tekanan darah.<sup>6</sup> Penurunan tekanan darah berdampak terhadap penurunan sirkulasi otak hingga terjadi anoksi.<sup>4</sup> Keadaan ini berlangsung cukup cepat. Sedangkan korban tenggelam di air asin akan masuk ke sirkulasi darah. Konsentrasi elektrolit air asin yang masuk ke sirkulasi lebih tinggi dari darah sehingga terjadinya penarikan air dari sirkulasi pulmonal ke jaringan intersisial yang menyebabkan edema pulmonal.<sup>20</sup> Keadaan ini sebagai penyebab terjadi hemokonsentrasi yang akan memperlambat sirkulasi sehingga terjadi payah jantung.<sup>21</sup> Waktu terjadinya proses ini berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan tenggelam di air tawar.<sup>21</sup>

Kualitas perairan yang di ukur yaitu: (1) suhu, (2) kecerahan, (3) kecepatan arus, (4) kekeruhan, (5) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), (6) COD (*Chemical Oxygen Demand*), (7) CO<sub>2</sub>, (8) pH, (9) DO (oksigen terlarut), (10) salinitas, (11) nitrat, (12) fosfat, (13) fitoplankton.

Diatomea adalah organisme monoseluler yang memiliki dinding silika yang keras, sehingga mempunyai daya tahan yang tinggi dan dapat hidup di tempat-tempat kering dalam bentuk inaktif.<sup>13</sup> Dengan adanya inert silika membuat diatomea tahan terhadap asam kuat sehingga struktur internalnya tidak mudah rusak.<sup>22,23</sup> Beberapa contoh bagian yang penting *Centrales (centric diatomea)* dan *Pannales (pennate diatomea)* yang sering di jumpai di perairan Indonesia.

Pemeriksaan diatomea dilakukan melalui pengambilan jaringan pada organ tubuh korban atau sumsum tulang.<sup>9</sup> Jaringan yang akan di periksa dihancurkan terlebih dahulu dengan cara memberikan asam, enzim pencernaan atau penghancur jaringan lainnya. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kepekaan pemeriksaan serta untuk mempermudah pencarian diatomea.<sup>13</sup> Penemuan diatomea pada pemeriksaan jaringan merupakan salah satu penanda bahwa korban meninggal akibat tenggelam.<sup>18</sup>

Pemeriksaan dengan hasil positif jika ditemukan 4-5/LPB atau 12-20/ sediaan pada jaringan paru atau ditemukannya satu diatomea pada sumsum tulang.<sup>8</sup> Pemeriksaan dengan hasil negatif atau tidak ditemukannya diatomea pada korban tidak menyingkirkan bahwa korban bukan tenggelam, karena ada beberapa tempat yang tidak terdapat diatomea seperti pada kolam renang.

Guna lebih memperkuat diagnosis dan lokasi kematian. Dilakukan perbandingan antara diatomea yang ditemukan dalam tubuh korban dengan yang ada di perairan dimana korban ditemukan.

## **METODE PENELITIAN**

Desain penelitian menggunakan metode deskriptif yang menggambarkan profil diatomea di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir sebagai penunjang diagnosis identifikasi lokasi korban mati tenggelam.

Peralatan yang digunakan adalah ember 10 L, planktonnet no 25, *water sampler*, botol sampel 25 ml, *ice box*, gelas objek *Sedgwick-Rafter*, *cover glass*, *Secchi disk*, mikroskop binokuler *Olympus*, alat tulis, kamera canon SLR D7. Bahan-bahan yang diperlukan adalah akuades dan pengawet lugol 1%.

Penetapan stasiun penelitian dilakukan berdasarkan perbedaan keadaan lingkungan sekitar daerah tepi Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir, sebagai berikut:

Stasiun I : Terdapat kawasan yang tidak ada kegiatan yang mempengaruhi keadaan perairan sebagai stasiun kontrol.

- Stasiun II : Terdapat pemukiman warga dan berada di bawah jembatan Pedamaran satu. Disekitarnya juga banyak terdapat pepohonan dan perkebunan kepala sawit.
- Stasiun III : Terdapat kawasan taman rekreasi, beberapa cafe dan restoran disekitarnya selain itu juga menjadi tempat nelayan menangkap ikan.
- Stasiun IV : Terdapat pemukiman warga dan berada di bawah jembatan Pedanaran dua. Di sekitarnya juga banyak terdapat pepohonan dan perkebunan kepala sawit.
- Stasiun V : Terdapat tempat nelayan menangkap ikan dan di sekitar nya juga banyak terdapat pepohonan dan perkebunan kebun sawit.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan alat transportasi pompong menuju stasiun pengambilan yang sudah ditentukan sebelumnya. Stasiun pengambilan sampel dibagi menjadi tiga titik sub-sampling (pinggir kiri, tengah dan pinggir kanan sungai). Air pada titik sub-sampling diambil pada kedalaman yang telah diukur sebelumnya dengan menggunakan *secchi disc* sebanyak 50 L dan kemudian di saring dengan menggunakan planktonnet no. 25. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 09.00-11.00 WIB karena penetrasi cahaya matahari untuk proses fotosintesis diatomea dianggap optimal pada jam tersebut. Air sampel hasil penyaringan pada masing-masing titik sub-sampling di setiap stasiun kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel 25 ml dan diberi lugol sebagai bahan pengawet. Botol sampel ini selanjutnya diberi label keterangan sub-sampling pada setiap stasiun serta waktu pengambilan sampel. Botol sampel tersebut kemudian disimpan di dalam *ice box*, setelah itu dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Pemeriksaan bentuk dan jenis diatomea pada sampel menggunakan buku identifikasi Masaharu<sup>20</sup> dan Yunfang<sup>21</sup> yang selanjutnya digambar.

Kualitas perairan yang diukur meliputi parameter fisika dan kimia. Parameter fisika meliputi suhu, kecerahan, kecepatan arus dan kekeruhan. Sedangkan parameter kimia meliputi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), CO<sub>2</sub>, pH, DO, salinitas, nitrat, dan fosfat. Pengukuran parameter kualitas perairan yang dapat dilakukan langsung di lokasi (*in situ*) dan bersamaan dengan pengambilan sampel air untuk diatomea (fitoplankton), kecuali untuk BOD dan COD dianalisis di laboratorium dan air sampelnya dimasukkan ke dalam botol sampel tersendiri (diberi label lokasi). Botol sampel tersebut dimasukkan ke dalam *ice-box* dan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis sesuai prosedur yang berlaku.

Kelimpahan diatomea dihitung dengan metode pencacahan secara acak dengan menggunakan *Sedgwick Rafter Counting Cell* (SRCC). Pada metode ini sampel air sungai diambil satu tetes (0,05 ml) dengan menggunakan pipet tetes di atas gelas objek *Sedgwick-Rafter*, kemudian ditutup dengan *cover glass*. Diatomea selanjutnya diamati di bawah mikroskop mulai dari sudut kiri atas *cover glass* hingga sudut kanan bawah *cover glass* dengan ulangan tiga kali. Hasil pengamatan kemudian dirata-ratakan dan jumlah angka yang berada dibelakang koma dibulatkan.

Setelah pengumpulan data selesai dilakukan, maka data-data tersebut selanjutnya diolah melalui proses editing dan tabulasi. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel yang memuat tentang bentuk, jenis dan kelimpahan diatomea dari masing-masing stasiun. Analisis data dilakukan secara univariat yaitu analisis secara deskriptif tentang bentuk, jenis dan kelimpahan diatomea yang ditemukan di daerah aliran muara sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir.

## HASIL PENELITIAN

### 1. Parameter Kualitas Air Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir

Nilai kualitas air muara sungai Rokan kawasan Batu Enam Kabupaten Rokan Hilir dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Nilai rata-rata kualitas air di perairan muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir pada saat pasang dan surut

Parameter	Satuan	Stasiun I Pasang (surut)	Stasiun II Pasang (surut)	Stasiun III Pasang (surut)	Stasiun IV Pasang (surut)	Stasiun V Pasang (surut)
Fisika :						
Suhu	(°C)	31.15 (31.10)	31.16 (30.40)	31.10 (30.60)	31.20 (31.30)	30.96 (32.00)
Kecerahan	(cm)	10.25 (19.00)	12.35 (18.00)	11.83 (15.70)	9.23 (20.30)	13.00 (18.80)
Kecepatan Arus	(m/detik)	1.11 (0.70)	1.37 (1.00)	1.39 (1.00)	1.60 (1.30)	0.70 (1.60)
Kekeruhan	(NTU)	7.33 (5.66)	10.67 (10.66)	9.33 (9.33)	12.33 (9.00)	8.67 (10.00)
Kimia :						
BOD5	(mg/L)	1.13 (1.58)	2.09 (1.90)	0.59 (2.26)	3.43 (0.87)	2.31 (1.96)
COD	(mg/L)	35.88 (58.33)	78.76 (97.50)	27.66 (29.16)	45.14 (46.66)	199.82 (208.33)
CO2	(mg/L)	12.15 (14.70)	6.16 (11.00)	10.00 (6.00)	14.01 (5.30)	11.33 (7.70)
pH	(mg/L)	5.63 (5.00)	6.00 (5.00)	6.15 (5.30)	6.00 (5.00)	6.00 (5.00)
DO	(mg/L)	2.71 (2.20)	3.08 (3.20)	2.45 (3.00)	3.60 (2.14)	4.90 (2.80)
Salinitas	(mg/L)	1.48 (1.30)	0.68 (0.30)	3.00 (0.00)	0.50 (1.30)	4.33 (0.70)
Nitrat	(mg/L)	0.08 (0.06)	0.07 (0.08)	0.06 (0.09)	0.07 (0.07)	0.06 (0.06)
Posfat	(mg/L)	0.02 (0.18)	0.13 (0.20)	0.07 (0.03)	0.02 (0.29)	0.07 (0.28)

Keterangan:

- BOD : *Biochemical Oxygen Demand*  
COD : *Chemical Oxygen Demand*  
DO : *Dissolved Oxygen*  
NTU : *Nephelometric Turbidity Units*

## 2. Bentuk Diatomea yang Ditemukan di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir

Identifikasi bentuk diatomea yang ditemukan pada penelitian di kawasan ini adalah elips, linier dan segi empat. Dimana, bentuk segiempat dan elips mendominasi bentuk diatomea di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir. Variasi bentuk diatomea yang ditemukan pada Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan bahwa bentuk diatomea Linier hanya ditemukan di Stasiun III. Bentuk diatomea sirkuler, segi tiga, heksagonal, oksagonal dan poligonal tidak ditemukan pada penelitian ini.

Bentuk diatomea segi empat ditemukan pada *Aulacoseira* sp dan *Diatoma* sp Bentuk diatomea linier ditemukan pada *Melosira* sp. Bentuk diatomea elips ditemukan pada *Nitzschia* sp dan *Navicula* sp. Pada penelitian ini didapatkan variasi bentuk diatomea segi empat ditemukan pada *Aulacoseira* sp dan *Diatoma* sp.

**Tabel 2** Bentuk diatomea yang ditemukan di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir pada saat pasang dan surut

Bentuk	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST
	I (P)	I (S)	II (P)	II (S)	III (P)	III (S)	IV (P)	IV (S)	V (P)	V (S)
Segi empat	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Elips	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+
Linier	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Sirkuler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segi tiga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heksagonal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oksagonal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poligonal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan:

- ST : Stasiun  
(p) : Pasang  
(s) : Surut  
(+) : Ditemukan  
(-) : Tidak ditemukan

**3. Jenis Diatomea yang Ditemukan di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir**

Ditemukan delapan jenis diatomea dari kelima stasiun yang telah ditetapkan sebelumnya pada penelitian ini. Diatomea yang telah ditemukan adalah *Aulacoseira* sp, *Diatoma* sp, *Nitzschia* sp, *Isthmia* sp, *Melosira* sp, *Navicula* sp, *Skeletonema* sp dan *Biddulphia* sp.

Sebaran ke delapan jenis diatomea yang telah ditemukan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Jenis diatomea yang ditemukan di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir pada saat pasang dan surut

Jenis	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST
	I	I	II	II	III	III	IV	IV	V	V
	(P)	(S)	(P)	(S)	(P)	(S)	(P)	(S)	(P)	(S)
<i>Aulacoseira</i> sp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Diatoma</i> sp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i> sp	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
<i>Isthmia</i> sp	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Melosira</i> sp	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+
<i>Skeletonema</i> sp	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Biddulphia</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

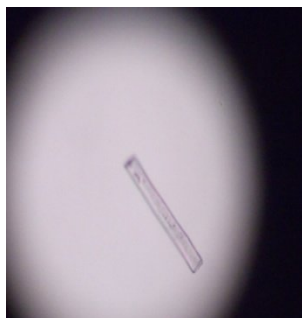
Keterangan:

- ST : Stasiun
- (p) : Pasang
- (s) : Surut
- (+) : Ditemukan
- (-) : Tidak ditemukan

Tabel 3 memperlihatkan *Aulacoseira* sp, *Diatoma* sp dan *Isthmia* sp dapat ditemukan di seluruh stasiun. *Nitzschia* sp dapat ditemukan di seluruh stasiun kecuali Stasiun II. *Navicula* sp hanya ditemukan di Stasiun II, IV dan V. *Skeletonema* sp hanya ditemukan di Stasiun IV dan V. *Melosira* sp hanya ditemukan di Stasiun III. *Biddulphia* sp hanya ditemukan di Stasiun V.



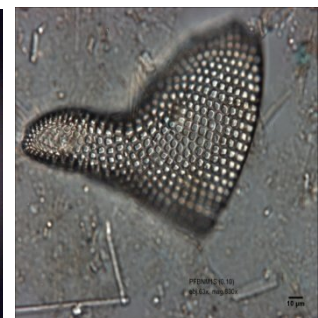
*Aulacoseira* sp



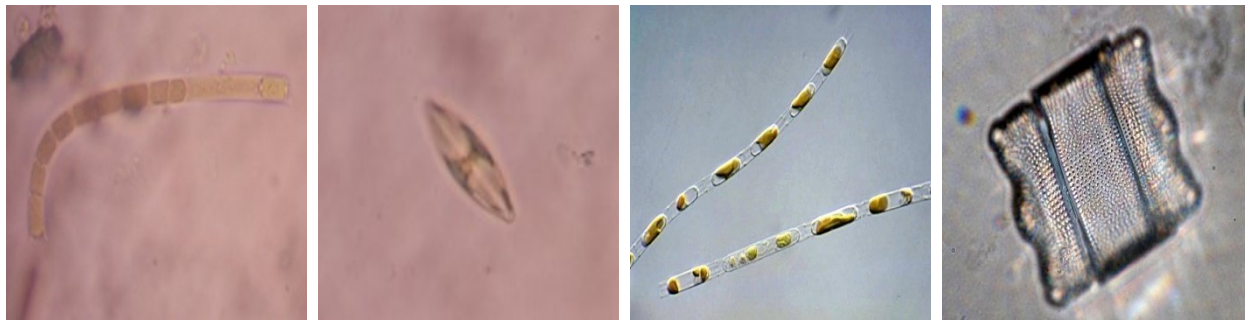
*Diatoma* sp



*Nitzschia* sp



*Isthmia* sp



*Melosira* sp

*Navicula* sp

*Skeletonema* sp

*Biddulphia* sp

#### 4. Kelimpahan Diatomea yang Ditemukan di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir

Data kelimpahan rata-rata diatomea di masing-masing stasiun dapat dilihat pada Tabel 4

**Tabel 4 Kelimpahan jenis diatomea yang ditemukan di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir**

Jenis	Kelimpahan (sel/L)					Total kelimpahan (sel/L) Pasang (Surut)
	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Stasiun V	
	Pasang (Surut)	Pasang (Surut)	Pasang (Surut)	Pasang (Surut)	Pasang (Surut)	
<i>Aulacoseira</i> sp	600,0 (400,0)	900,0 (900,0)	1200,0 (1066,6)	266,6 (133,3)	133,3 (233,3)	3099,9 (2733,2)
<i>Diatoma</i> sp	1166,6 (733,3)	1666,6 (1666,6)	1533,3 (633,3)	366,6 (266,6)	253,3 (500,0)	4986,4 (3799,8)
<i>Nitzchia</i> sp	133,3 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (233,3)	0,0 (66,6)	133,3 (299,9)
<i>Isthmia</i> sp	300 (233,3)	200,0 (100,0)	633,3 (100,0)	300,0 (300,0)	200,0 (200,0)	1633,3 (933,3)
<i>Melosira</i> sp	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	233,3 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	233,3 (0,0)
<i>Navicula</i> sp	0,0 (0,0)	0,0 (133,3)	0,0 (133,3)	366,6 (400,0)	233,3 (166,6)	599,9 (833,2)
<i>Skeletonema</i> sp	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	266,6 (133,3)	200,0 (233,3)	466,6 (366,6)
<i>Biddulphia</i> sp	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (166,6)	0,0 (166,6)
Total kelimpahan tiap stasiun (sel/L)	2199,9 (1366,6)	2766,6 (2799,9)	3599,9 (1933,2)	1566,4 (1466,5)	1019,9 (1566,4)	



## PEMBAHASAN

### 1. Nilai Kualitas Air

Pada hakekatnya, pemantauan kualitas air pada penelitian ini memiliki tujuan untuk membandingkan nilai kualitas air tersebut dengan baku mutu dan hasil penelitian lainnya dan menilai kelayakan sumber daya air tersebut untuk kepentingan tertentu.

#### 1.1 Suhu

Suhu air selama penelitian ini berkisar 30,96°C sampai 31,20 °C pada saat pasang dan berkisar 30,40°C sampai 32°C pada saat surut. Berdasarkan Baku Mutu Air Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas III deviasi 3, suhu muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir berada dalam keadaan normal. Suhu perairan tropis yang layak untuk kehidupan organisme perairan berkisar 25°C sampai 32°C.<sup>27</sup> Berdasarkan hal tersebut, suhu muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir tergolong sangat mendukung untuk kehidupan dan pertumbuhan organisme akuatik (perairan).

#### 1.2. Kecerahan dan kekeruhan

Kecerahan dan kekeruhan merupakan parameter kualitas air yang saling berkaitan yang tidak dapat dipisahkan karena saling mempengaruhi. Kecerahan air rata-rata pada penelitian ini berkisar antara 9,23 cm sampai 13,00 cm pada saat pasang dan berkisar antara 15,70 cm sampai 20,30 cm pada saat surut. Sedangkan kekeruhan air rata-rata berkisar antara 7,33 NTU sampai 12,33 NTU pada saat pasang dan berkisar antara 5,66 NTU sampai 10,66 NTU pada saat surut. Menurut Effendi<sup>23</sup>, nilai kecerahan dan kekeruhan air pada Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir ini berada di bawah nilai normal. Parameter kecerahan dan kekeruhan yang diukur berada di bawah batasan normal pada baku mutu yang berlaku. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya pengaruh dari kondisi lingkungan yang terdapat di sekitar perairan muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir seperti adanya aktivitas pembuangan sampah, penangkapan ikan, dan sebagai lintasan kapal tongkang.

Kecerahan yang rendah dan kekeruhan yang tinggi mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi organisme perairan serta terhambatnya penetrasi cahaya ke dalam air.<sup>22,29,30</sup>

#### 1.3. Kecepatan Arus

Parameter kecepatan arus yang diukur berada di atas batasan normal pada baku mutu yang berlaku. Kecepatan arus berkisar antara 0,70 m/detik sampai 1,60 m/detik pada saat pasang dan berkisar antara 0,70 m/detik sampai 1,60 m/detik pada saat surut. Kecepatan arus pada muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan dan kecepatan arus pada penelitian ini tergolong berarus cepat.<sup>31,32</sup>

#### 1.4. *Biological Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>)*

BOD pada seluruh stasiun berkisar antara 0,59 mg/L sampai 3,43 mg/L pada saat pasang antara 0,87 mg/L sampai 2,26 mg/L pada saat surut. Nilai BOD di muara Sungai Rokan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir menurut PP No. 82 Th. 2001 Kelas III tidak disyaratkan, namun bila dibandingkan dengan peruntukan kelas II saja (3mg/L), masih berada dibawah ambang batas.<sup>27</sup> Rendahnya nilai BOD ini mengindikasikan rendahnya bahan organik yang terdapat di perairan muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir. Berarti bahan organik yang masuk ke perairan muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir berasal dari kegiatan penduduk atau alam yang tidak banyak berpengaruh terhadap kualitas perairannya.

### 1.5. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD pada seluruh stasiun berkisar antara 27,66 mg/L sampai 199,82 mg/L pada saat pasang dan berkisar antara 29,16 mg/L sampai 208,33 mg/L pada saat surut. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2011 kelas III deviasi 3 COD maksimum adalah 50 mg/L.<sup>27</sup>

### 1.6. Derajat keasaman (pH), *dissolved oxygen* (DO) dan CO<sub>2</sub>

pH rata-rata pada seluruh stasiun berkisar antara 5,63 sampai 6,15 pada saat pasang antara 5,00 sampai 5,30 pada saat surut. DO pada masing-masing stasiun berkisar antara 2,45 mg/L sampai 4,90 mg/L pada saat pasang dan berkisar antara 2,14 mg/L sampai 3,20 mg/L pada saat surut. CO<sub>2</sub> pada seluruh stasiun antara 6,16 ml sampai 14,01 ml pada saat pasang antara 5,30 ml sampai 14,70 ml pada saat surut. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh kandungan CO<sub>2</sub>. Nilai pH berbanding terbalik dengan kadar CO<sub>2</sub> di perairan, sehingga pada saat kandungan CO<sub>2</sub> meningkat, maka pH akan turun dan sebaliknya. Sementara peningkatan kadar CO<sub>2</sub> akan menghalangi proses difusi DO yang akan mempengaruhi nilai DO dalam perairan.<sup>29,33</sup> Kadar kandungan CO<sub>2</sub> pada Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir masih tergolong rendah dimana nilai ambang batas toleransi adalah <5mg/L.<sup>28</sup> Berdasarkan PP No. 82 Th.2001 Kelas III, pH perairan muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir tergolong asam.

### 1.7. Salinitas

Salinitas pada masing-masing stasiun berkisar antara 0,50 mg/L sampai 4,33 mg/L pada saat pasang dan berkisar antara 0,00 mg/L sampai 1,30 mg/L pada saat surut. Berarti perairan muara sungai Rokan Kecamatan bangko dan Kecamatan Batu Hampar dapat digolongkan dalam perairan payau.

### 1.8. Nitrat (NO<sub>3</sub>)

Nitrat (NO<sub>3</sub>) pada masing-masing stasiun berkisar antara 0,06 mg/l sampai 0,08 mg/l pada saat pasang dan berkisar antara 0,06 mg/l sampai 0,09 mg/l. Nitrat termasuk unsur penting dalam sintesis protein organisme perairan. Namun pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tidak terbatas dan mematikan organisme perairan.<sup>34,35</sup> Kadar nitrat pada penelitian di Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir berada di bawah rentang nilai baku mutu sehingga perairan ini dikategorikan pada perairan kurang subur bagi pertumbuhan organisme perairan.<sup>27,32,36</sup> Rendahnya kadar nitrat di perairan ini antara lain karena kegiatan masyarakat seperti tempat pembuangan sampah, tempat penangkapan ikan dan sebagai lintasan kapal-kapal tongkang di sepanjang Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir yang tidak mendukung untuk stabilnya kandungan nitrat dalam perairan.

### 1.9. Fosfat

Fosfat pada masing-masing stasiun berkisar antara 0,02 mg/l sampai 0,13 mg/l pada saat pasang antara 0,03 mg/l sampai 0,29 mg/l pada saat surut. Fosfat merupakan salah satu unsur penting dalam perairan untuk proses metabolisme sel organisme. Unsur fosfor dalam senyawa fosfat berasal dari limbah organik dan anorganik (limbah industri, limbah domestik, deterjen, pupuk dsb).<sup>37,38</sup> Berdasarkan nilai baku mutu kadar fosfat pada perairan muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir berada di bawah nilai standar sehingga kurang subur untuk mendukung kehidupan organisme akuatik. Rendahnya kadar fosfat di perairan ini antara lain diduga karena kegiatan pembuangan sampah yang mengakibatkan penguraian bahan organik di perairan tidak berlangsung dengan baik.

## 2. Bentuk, Jenis dan Kelimpahan Diatomea

Bentuk diatomea yang ditemukan pada penelitian ini adalah elips, linier dan segi empat pada penelitian ini, bentuk sirkuler, segitiga, heksagonal, oksagonal dan poligonal tidak ditemukan (Tabel 2). Beberapa diatomea mempunyai variasi bentuk yang berbeda dalam satu jenis yaitu *Aulacoseira* sp, *Diatome* sp dan *Isthmia* sp. Hasil yang diperoleh pada saat penelitian ini berbeda antara satu kawasan dengan kawasan yang lain karena adanya perbedaan kegiatan di DAS di setiap kawasan tersebut yang berpengaruh terhadap kondisi lingkungan perairannya. Kondisi demikian diduga ikut berpengaruh terhadap perbedaan bentuk, jenis yang ditemukan di lokasi penelitian. Selain itu adanya pengaruh jarak antar kawasan turut mempengaruhi perbedaan utama hasil temuan diatomea pada perairan sungai tersebut. Hal ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa jenis maupun jumlah diatomea berbeda-beda pada setiap lokasi, tergantung pada kualitas air dan aktivitas masyarakat yang mempengaruhi.<sup>39,40</sup>

Penelitian di sepanjang muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir menemukan delapan jenis diatomea dari kelima stasiun yang telah ditetapkan sebelumnya. Diatomea yang telah ditemukan adalah *Aulacoseira* sp, *Diatoma* sp, *Nitzschia* sp, *Isthmia* sp, *Melosira* sp, *Navicula* sp, *Skeletonema* sp dan *Biddulphia* sp.

Jenis diatomea yang mendominasi pada penelitian ini adalah *Aulacoseira* sp, *Diatome* sp dan *Isthmia* sp. Jenis ini dapat ditemukan pada seluruh stasiun yang telah ditetapkan sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh faktor fisika dan kimia perairan di sepanjang muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir sesuai dengan pertumbuhannya seperti suhu, kecerahan, kecepatan arus, kekeruhan, BOD5, COD, CO2, pH, salinitas, nitrat dan fosfat. Hal ini sesuai dengan pendapat yang menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan penyebaran fitoplankton, baik itu faktor fisika maupun kimia, seperti suhu, cahaya, arus, oksigen terlarut, nutrisi dan pH.

*Melosira* sp hanya dapat ditemukan di Stasiun III, kemungkinan disebabkan diatomea ini tidak mampu bertahan jika berada pada perairan dengan nilai kadar nitrat dan fosfat yang lebih rendah dari kadar yang terdapat pada Stasiun III. Parameter kekeruhan juga mempunyai peranan penting dimana nilai kekeruhan paling rendah terdapat pada Stasiun III. Hal ini bisa disebabkan oleh parameter kecerahan karena penetrasi cahaya matahari diperlukan untuk proses metabolisme diatomea. Selain itu juga didukung oleh teori yang menyebutkan bahwa rendahnya penetrasi cahaya matahari akan mempengaruhi populasi organisme perairan tersebut.<sup>41</sup>

*Aulacoseira* sp, *Diatoma* sp dan *Isthmia* sp, dapat ditemukan di seluruh stasiun. Kemungkinan, kelima jenis diatomea tersebut mempunyai nilai batas toleransi yang tinggi terhadap parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini. Kelimpahan dan jenis diatom di ekosistem air tawar dipengaruhi oleh sifat fisika – kimia air seperti suhu, pH, kecerahan serta kecepatan arus.<sup>5</sup> Peningkatan atau penurunan salah satu parameter kualitas air yang mencolok akan menyebabkan perubahan yang sangat besar bagi parameter kualitas air lain dan kelangsungan hidup organisme perairan.<sup>35</sup>

## 3. Hubungan Bentuk, Jenis dan Kelimpahan dengan Kegiatan Sekitar Perairan

Hasil penelitian di perairan Muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir dapat menunjukkan tidak ada perbedaan yang mencolok dari struktur komunitas diatomea di setiap stasiun pengambilan sampel, khususnya ditinjau dari kelimpahannya (Tabel 4). Kelimpahan diatomea tertinggi terdapat pada Stasiun II dan kemudian diikuti oleh Stasiun III. Tingginya kelimpahan di Stasiun II dipengaruhi oleh tingginya tingkat

kecerahan dan didukung oleh ketersediaan nitrat dan fosfat yang lebih tinggi dari stasiun yang digunakan sebagai stasiun pemeriksaan diatomea kecuali Stasiun V. Nitrat dan fosfat merupakan bahan organik yang disintesis oleh fitoplankton dengan bantuan cahaya matahari untuk dijadikan sumber makanan.<sup>23</sup>

#### **4. Hubungan Bentuk, Jenis dan Kelimpahan Diatomea dengan Ilmu Kedokteran Forensik**

Perkembangan Ilmu Kedokteran Forensik dalam menangani kasus tenggelam telah memiliki banyak kemajuan seiring dengan perkembangan zaman. Forensik telah mampu mendiagnosis korban yang memang benar mati karena tenggelam atau tidak. Salah satu yang dilakukan forensik dalam penegakan diagnosis korban mati tenggelam adalah dengan penemuan diatomea pada tubuh korban. Hal ini merupakan salah satu tanda intravital yang menyatakan bahwa korban masih dalam keadaan hidup ketika masuk ke dalam air.

Forensik, dalam menangani kasus tenggelam, selama ini hanya memeriksa apakah terdapat diatomea pada tubuh korban atau tidak tanpa memeriksa bentuk dan jenis diatomea tersebut. Lokasi pasti korban tenggelam dapat ditentukan apabila terdapat kesamaan antara bentuk dan jenis diatomea pada tubuh korban dan sampel perairan berdasarkan keterangan yang didapat baik dari penyidik maupun dari saksi mata. Pemeriksaan terhadap bentuk dan jenis diatomea pada tubuh korban ini juga dapat membuktikan dan menyingkirkan kemungkinan penyebab kematian tersebut apakah suatu rekayasa pembunuhan atau murni sebuah kecelakaan.

Hasil temuan bentuk dan jenis diatomea pada tubuh korban disesuaikan dengan bentuk dan jenis diatomea di perairan sungai tempat korban ditemukan. Apabila hasil temuan bentuk dan jenis diatomea sesuai maka dapat disimpulkan bahwa korban diduga mati tenggelam di perairan tersebut. Kelimpahan diatomea di perairan sungai akan mempengaruhi jumlah temuan diatomea pada tubuh korban, dimana semakin rendah kelimpahan diatomea di perairan sungai maka jumlah temuan diatomea pada tubuh korban akan berkurang.

#### **KESIMPULAN**

1. Ditemukan tiga variasi bentuk diatomea dari seluruh stasiun yang telah ditetapkan di sepanjang muara Sungai Rokan Kawasan Batu Enam Kabupaten Rokan Hilir. Ke tiga bentuk diatomea tersebut adalah segi empat, elips dan linier. muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir didominasi oleh bentuk diatomea segi empat. Bentuk elips hanya dapat ditemukan di Stasiun III, IV dan V, sedangkan bentuk diatomea linier hanya dapat ditemukan di Stasiun III.
2. Ditemukan delapan jenis diatomea dari seluruh stasiun yang telah ditetapkan di sepanjang muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir, yaitu *Aulacoseira* sp, *Diatoma* sp, *Nitzschia* sp, *Izthmia* sp, *Melosira* sp, *Navicula* sp, *Skeletonema* sp, dan *Bitdulphia* sp.
3. Kelimpahan rata-rata diatomea dari seluruh stasiun yang telah ditetapkan di sepanjang muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir berkisar antara 1293,2 sel/L hingga 2783,3 sel/L.

#### **SARAN**

1. Hasil identifikasi diatomea pada penelitian ini belum memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai bentuk, jenis, dan kelimpahan diatomea di muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir yang hanya

dilaksanakan dalam rentang waktu dua minggu. Karenanya perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut pada waktu, keadaan, dan lokasi yang berbeda pada rentang waktu yang lebih lama minimal dalam periode waktu satu tahun. Penelitian tentang gambaran diatomea di muara Sungai Rokan Kecamatan Bangko dan Kecamatan Batu Hampar Kabupaten Rokan Hilir secara keseluruhan perlu dilakukan sebagai pangkalan data bagi Ilmu Kedokteran Forensik.

2. Gambar diatomea yang diperoleh dari hasil foto kamera canon SLR 7D pada penelitian ini kurang jelas, karena kurang kompatibel dengan mikroskop. Selain itu, hasil foto diatomea yang didapat terkadang berbeda dengan buku identifikasi yang digunakan sebagai referensi. Penelitian selanjutnya tentang gambaran diatomea ini perlu menggunakan kamera khusus atau yang kompatibel dengan mikroskop, serta memperbanyak referensi buku identifikasi sehingga mempermudah dalam mengidentifikasi jenis dan bentuk diatomea dari hasil foto yang ditemukan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. dr. Dedi Afandi, DFM, SpF dan Prof. Dr. Ir. H. Adnan Kasry selaku pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dari awal penelitian sampai selesainya penulisan skripsi ini dengan penuh kesabaran. Terima kasih kepada dr. Wiwit Ade Fidiawati, M. Biomed, SpPA selaku tim supervise, dr. Sri Melati Munir, SpP, dan Nur Elfajri, S.Pi, M.Si selaku penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini. Terima kasih kepada dr. Wiwik Rahayu, M. Kes selaku penasehat akademis yang selama ini telah banyak memberikan bimbingan dan semangat kepada penulis.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Timperman, J. The diagnosis of drowning, a review. *Forensic Sci* 1972; 1: 397-409.
2. Peabody, A.J. Diatoms and drowning, a review. *Med Sci Law* 1980; 20: 254-61.
3. Lunetta P, Penttla A, and Sajantala A. Drowning in Finland: "External Cause" and "Injury" Codes. 2009.
4. Piette, M.H.A. Drowning: Still a difficult autopsy diagnosis. Gent; 2004.
5. Spitz, W U. Drowning in *Medico-Legal Investigation of Death*, Eds. Spitz W U and Fisher R S, C C Thomas, Springfield; 1973.
6. B. Brinkmann, G. Fechner and K. Piischel. On the ultrastructural pathology of the alveolar system in experimental drowning. 1983. p.47-60.
7. Shepherd, S.M, and W.H. Shoff, 2009. *Drowning*. Emedicine Medscape. Available From: <http://emedicine.medscape.com/article/772753-overview>. (Accesed : 10 Februari 2012)
8. Idries, A.M. Penerapan ilmu kedokteran forensik dalam proses penyidikan. Edisi I. Jakarta : Sagung Seto; 2008.
9. Syaulia, L. Pengantar dan prinsip pemeriksaan kedokteran forensik. Available from: URL: [www.scribd.com/doc/35037823](http://www.scribd.com/doc/35037823) (Accesed : 12 Januari 2012)
10. Gee, DJ and A.A Watson. *Lecture notes on Forensic Medicine*, 5th ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1989
11. Stoermer E .F, Smol Jhon P. *The Diatomeaas: Applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press; 2010, Cambridge.
12. Idries A.M. *Pedoman ilmu kedokteran forensik*. Edisi I. Bina Rupa Aksara; 1997. Jakarta

13. Horton, Benjamin; S, Boreham and C, Hilier. The development and application of a diatom-based quantitative reconstruction technique in forensic science. University of Pennsylvania; 2006.
14. Suphan, S and Y, Peerapornpisal. Fifty three new record species of benthic diatoms from Mekong River and its tributary in Thailand. Chiang Mai University. 2010, Thailand.
15. Pemerintah Kabupaten Rokan Hilir . Available from : URL : <http://www.rokanhilir.go.id/> (Accessed : 1 Oktober 2011)
16. Modi, JP. Modi's Medical jurisprudence and toxicology, 2<sup>nd</sup> ed. Bombay: Tripathi; 1988
17. Al-Fatih II, Muhammad. 2007. Forensik klinik Indonesia. Available From: <http://www.klinikindonesia.com/forensik> (Accessed : 06 Maret 2012).
18. Budiyanto A, Widiatmo W, Sudiono S, Winardi T, Mun'im A Sidhi, dan Hertian S. Ilmu kedokteran forensik, Edisi II. Jakarta: bagian Kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia; 1997.
19. Murray CJL, Lopez AD. Mortality by cause for eight regions of the world: global burden of disease study. Lancet 1997;394:1269-76.
20. Masaharu, A. Illustration of the Japanese fresh-water Algae Tokyo : Unhidarokakubo; 1977
21. Yunfang. HMS. The freshwater biota in China. Yantai University Fishery College; 1995.
22. Punia, R.K. Diatoms: role in drowning. J Indian Acad Forensic Med. April- jun 2011, hal. 33(2)
23. Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelola Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
24. Kordi, M.G. 2005. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta Karya, Bandung.
25. Syafridiman, N.A Pamudan dan S. Hasibuan. 2005. *Pengelolaan Kualitas Air*. Mitra Mandiri. Pekanbaru. 132 hal.
26. Harahap, S. 1999. *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika dan Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 170 hal. (Tidak diterbitkan)
27. Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Sekretaris Negara Republik Indonesia. Jakarta.
28. Boyd, C.E. 1982. *Water Quality in Warm Water Fish Pond Auburn University*. Agriculture Experiment Station, Auburn.
29. Siagian, M. 2001. Planktonologi. Diklat Perkuliahan Fakultas Perikanan Universitas Riau. Pekanbaru. 177 hal. (tidak diterbitkan).
30. Nontji A. Plankton laut. Jakarta : LIPI Press; 2008. hal. 86-89.
31. Poernomo, M.A., Hanafi. 1982. *Analisis Kualitas Air untuk Keperluan Perikanan. Training Penyakit Ikan*. Staf Laboratorium Kimia. Pusat Penelitian Perikanan Darat, Bogor. 49 hal.
32. Alaerts, G., S.S. Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya. 269 hal.
33. Singh, R. S, Rajinder and M.K Thakar .Extraction methods Of diatoms a review. Punjabi University. 2006.

34. Yazwar. 2008. *Keanekaragaman Plankton dan Keterkaitannya dengan Kualitas Air di Prapat Danau Toba*. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatra Utara, Medan. (Tidak diterbitkan)
35. Krammer K, Lange-Bertalot M. 1991. *Bacillariophyceae*. Germany: Graph. Großbetrieb Friedrich Pustet, Regensburg.
36. Bellinger, Edward G., David C. Sigeo. 2010. *Freshwater Algae Identification and Use as Bioindicators*. University of Manchester. Manchester.
37. Sachlan M. 1980. *Planktonologi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau. Pekanbaru.
38. Kerr, Douglas J A. *Forensic medicine*. 5th ed. Edinburgh: R & R Clark; 1954.
39. Yuliana. 2007. *Struktur Komunitas dan Kelimpahan Fitoplankton dalam Kaitannya dengan Parameter FisikaKimia di Danau Laguna Ternate, Maluku Utara*. Jurnal Protein. Manado. 14(1):85-92.
40. Meutia, Anna. 2000. *Hubungan antara Kemelimpahan dan Keanekaragaman Diatom Epipelik dengan Kualitas Air di Sungai Banger Kota Pekalongan*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Jurusan Biologi Universitas Diponegoro, Semarang. (Tidak diterbitkan)
41. Siregar, Sofyan, Aras Mulyadi. 2008. *Struktur Komunitas Diatom Epilitik (Bacillariophyceae) pada Lambung Kapal di Perairan Dumai Provinsi Riau*. Repositori Universitas Riau. Pekanbaru. (Tidak diterbitkan)
42. Nofdianto. 1996. *Ekotipologi dan Fungsional Tumbuhan Air di Perairan Semayang, Kalimantan Timur*. Makalah. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
43. Qiptiyah, Halidah dan Rahman MA. 2008. *Struktur Komunitas Plankton di Perairan Mangrove dan Perairan Terbuka di Kabupaten Sinjay, Sulawesi Selatan*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Makasar. 5(2):137-143.