

# **MAKALAH TOKSIKOLOGI HIDROKARBON**

**DosenPengampu : Berti Yolida, S.Pd., M.Pd**

**Rini Rita T Marpaung, S. Pd, M. Pd**



**DisusunOleh :**

**AlvinaAuliaSyafitri (1913024027)**

**Niawati (1913024047)**

**HannyNurfazrinaYonesta (1913024043)**

**Muhammad Ikhlas Jaya (1913024053)**

**PRODI PENDIDIKAN BIOLOGI  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

## PEMBAHASAN

### 2.1 Pengertian Toksikologi

Toksikologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang efek merugikan berbagai bahan kimia dan fisik pada semua sistem kehidupan. Dalam istilah kedokteran, toksikologi didefinisikan sebagai efek merugikan pada manusia akibat paparan bermacam obat dan unsur kimia lain serta penjelasan keamanan atau bahaya yang berkaitan dengan penggunaan obat dan bahan kimia tersebut. Toksikologi sendiri berhubungan dengan farmakologi, karena perbedaan fundamental hanya terletak pada penggunaan dosis yang besar dalam eksperimen toksikologi. Setiap zat kimia pada dasarnya adalah racun, dan terjadinya keracunan ditentukan oleh dosis dan cara pemberian. Salah satu pernyataan Paracelsus menyebutkan “semua substansi adalah racun; tiada yang bukan racun. Dosis yang tepat membedakan racun dari obat”. Pada tahun 1564 Paracelsus telah meletakkan dasar penilaian toksikologis dengan mengatakan, bahwa dosis menentukan apakah suatu zat kimia adalah racun (dosis sola facit venenum). Pernyataan Paracelsus tersebut sampai saat ini masih relevan. Sekarang dikenal banyak faktor yang menyebabkan keracunan, namun dosis tetap merupakan faktor utama yang paling penting.

Secara sederhana dan ringkas, toksikologi dapat didefinisikan sebagai kajian tentang hakikat dan mekanisme efek berbahaya (efek toksik) berbagai bahan kimia terhadap makhluk hidup dan sistem biologik lainnya. Ia dapat juga membahas penilaian kuantitatif tentang berat dan kekerapan efek tersebut sehubungan dengan terpejannya (exposed) makhluk tadi.

Efek toksik atau efek yang tidak diinginkan dalam sistem biologis tidak akan dihasilkan oleh bahan kimia kecuali bahan kimia tersebut atau produk biotransformasinya mencapai tempat yang sesuai di dalam tubuh pada konsentrasi dan lama waktu yang cukup untuk menghasilkan manifestasi toksik. Faktor utama yang mempengaruhi toksisitas yang berhubungan dengan situasi pemaparan (pemajanan) terhadap bahan kimia tertentu adalah jalur masuk ke dalam tubuh, jangka waktu dan frekuensi pemaparan.

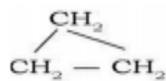
### 2.2 Pengertian Hidrokarbon

Senyawa Hidrokarbon banyak terdapat di alam terutama pada minyak bumi dan gas alam. Berbagai bahan bakar yang biasa digunakan sehari-hari, seperti arang

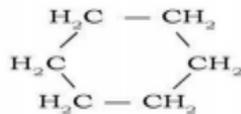
kayu, bensin, gas elpiji, batu bara, minyak tanah dan solar, lilin untuk penerangan, aspal dijalan dan kantong plastik untuk kemasan. Apalagi golongan makanan, seperti nasi, roti, ikan dan lainnya. Semua itu merupakan sebagian dari beragamnya jenis senyawa karbon.

Senyawa Hidrokarbon adalah senyawa karbon yang hanya mengandung unsur karbon dan hidrogen. Senyawa hidrokarbon dapat berupa hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon siklik. Berdasarkan ikatan yang terjadi di antara atom C nya, hidrokarbon alifatik yang mengandung ikatan tunggal disebut hidrokarbon jenuh contohnya alkana dan yang mengandung ikatan rangkap disebut hidrokarbon tak jenuh contohnya alkena dan alkuna. Hidrokarbon siklik yang jenuh disebut sikloalkana dan hidrokarbon siklik yang tidak jenuh disebut hidrokarbon aromatik, contohnya benzena.

Contoh Hidrokarbon Sikloalkana

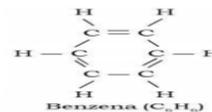


Siklopropana (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)



Sikloheksana (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>)

Contoh Hidrokarbon Aromatik



Benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

a. Alkana

Bahan bakar yang kita gunakan dalam keperluan sehari-hari termasuk golongan alkana, contohnya minyak tanah, bensin, dan LPG. LPG (Liquified Petroleum Gas) merupakan campuran gasmetana, etana, propana, dan butana yang dicairkan dengan tekanan tinggi hingga mencair agar memudahkan dalam pengangkutannya. Hasil pembakarannya tidak membentuk jelaga dan panasnya cukup tinggi sehingga masakan lebih cepat matang. LNG (Liquified Natural Gas) banyak mengandung metana. LNG jarang digunakan di Indonesia. LNG dari Indonesia banyak diekspor ke luar negeri misalnya ke negara Jepang.

b. Alkena

Plastik merupakan barang yang sangat dibutuhkan untuk alat rumah tangga, perlengkapan sekolah, pembungkus barang atau makanan, serta banyak lagi yang lainnya. Ini disebabkan plastik harganya murah, indah warnanya, tidak mudah rusak, dan ringan. Bahan-bahan pembuat plastik merupakan senyawa kimia yang termasuk golongan alkena. Alkena termasuk senyawa tak jenuh.

c. Alkuna

Gas berbau khas yang biasa digunakan oleh tukang las adalah senyawa dari alkuna yang disebut etuna atau asetilena yang sehari-hari disebut gas karbit. Gas ini

dihasilkan dari reaksi antara karbit ( $\text{CaC}_2$ ) dengan air. Persamaan reaksinya ditulis:



karbit etuna air kapur Jika etuna direaksikan dengan oksigen akan menghasilkan kalor yang sangat tinggi sehingga dapat melelehkan besi pada proses pengelasan.

### **2.3 Pengertian Toksikologi Hidrokarbon**

Toksikologi Hidrokarbon merupakan kajian tentang hakikat dan mekanisme efek toksik berbagai bahan senyawa organik yang hanya mengandung karbon dan hydrogen terhadap makhluk hidup dan sistem biologis lainnya.

### **2.4 Sifat Toksikologi**

Sifat toksik dari suatu senyawa ditentukan oleh dosis, konsentrasi racun di reseptor, sifat zat tersebut, kondisi bioorganisme atau sistem bioorganisme dan bentuk efek yang ditimbulkan.

### **2.5 Kerja Toksikologi**

Suatu kerja toksik pada umumnya merupakan hasil dari sederetan proses fisika, biokimia, dan biologi yang sangat rumit dan kompleks. Proses ini umumnya dikelompokkan kedalam tiga fase, yaitu fase eksposisi, fase toksokinetik, dan fase toksodinamik.

### **2.6 Jalur Masuk Toksik**

Ada 3 jalur utama bahan toksik masuk kedalam tubuh manusia yaitu melalui saluran pencernaan atau makanan (gastro intestinal), jalur pernapasan (inhalasi) dan melalui kulit (topikal). Bahan toksik masuk kedalam saluran pencernaan umumnya melalui makanan atau minuman dan kemudian diserap didalam lambung. Bahan toksik yang masuk melalui saluran pernapasan menuju paru-paru akan diserap oleh alveoli paru-paru. Pada umumnya kulit lebih impermeabel dan karenanya merupakan barrier (penghalang) yang baik bagi bahan toksik masuk kedalam tubuh. Namun beberapa bahan kimia dapat diserap oleh kulit dalam jumlah yang cukup banyak sehingga menimbulkan efek sistemik. Suatu zat kimia dapat diserap lewat folikel rambut atau lewat sel-sel kelenjar keringat. Setelah bahan toksik tersebut diserap dan masuk kedalam darah, kemudian didistribusikan keseluruh tubuh dengan cepat.

Namun demikian sebagian bahan toksik dapat dikeluarkan oleh mekanisme tubuh secara alami melalui urine, empedu dan paru-paru. Dan sebagian lagi bisa mengalami biotransformasi dan bioaktivasi. Yang lebih berbahaya adalah jika terjadi proses bioaktivasi dimana bahan toksik diubah menjadi bahan yang lebih toksik oleh metabolisme tubuh.

## **2.7 Faktor yang mempengaruhi efek toksik**

Faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas terdiri dari:

### **a. Faktor intrinsik racun**

Faktor intrinsik racun merupakan faktor yang berasal dari racun itu sendiri. Faktor-faktor ini yaitu: a. Faktor kimia Ada banyak senyawa kimia, yang membedakan senyawa kimia yang satu dengan yang lain adalah sifat kimia-fisika dan struktur kimianya. Contohnya metanol dan etanol. Kedua senyawa ini sama turunan dari alkohol dan memiliki sifat fisika dan kimia hampir sama salah satunya yaitu cairan tidak berwarna dan mudah menguap, tetapi efek toksik yang dihasilkan antara keduanya lebih toksik metanol. Struktur kimia dari metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan etanol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Faktor kimia merupakan interaksi bahan kimia didalam tubuh dan menimbulkan efek. Efek yang terjadi dapat dibedakan dalam : Efek aditif yakni pengaruh yang saling memperkuat akibat kombinasi dari dua zat kimia atau lebih. Efek sinergi yaitu suatu keadaan dimana pengaruh gabungan dari dua zat kimia jauh lebih besar dari jumlah masing-masing efek bahan kimia. Potensiasi yaitu apabila suatu zat yg seharusnya tidak memiliki efek toksik akan tetapi apabila zat ini ditambahkan pada zat kimia lain maka akan mengakibatkan zat kimia lain tersebut menjadi lebih toksik. Efek antagonis yakni apabila dua zat kimia yg diberikan bersamaan, maka zat kimia yg satu akan melawan efek zat kimia yg lain. b. Kondisi pemaparan Kondisi pemaparan dibagi menurut waktu menjadi 4, yaitu: Akut: pemaparan bahan kimia selama kurang dari 24 jam. Contohnya, kecelakaan kerja/keracunan mendadak. Sub akut : pemaparan berulang terhadap suatu bahan kimia untuk jangka waktu 1 bulan atau kurang. Misalnya, proses kerja dengan bahan kimia kurang dari 1 bulan. Subkronik : pemaparan berulang terhadap suatu bahan kimia untuk jangka waktu 3 bulan. Misalnya, proses kerja dengan bahan kimia selama 1 tahun/lebih. Kronik : pemaparan berulang terhadap bahan kimia untuk jangka waktu lebih dari 3 bulan. Misalnya, bekerja untuk jangka waktu lama dengan bahan kimia

## **b. Faktor intrinsik makhluk hidup**

### **1. Keadaan Fisiologi**

- Berat badan

Berat badan berpengaruh pada masuknya racun dalam tubuh. Jika berat badannya besar terpapar racun dalam dosis minimal tidak akan menimbulkan efek, karena berat badan besar memiliki cadangan lemak yang banyak. Sedangkan berat badan yang kecil terpapar racun dalam dosis minimal akan menimbulkan efek, karena cadangan lemak yang terlalu sedikit dalam berat badan yang kecil. Jenis kelamin Hormon antara laki-laki dan perempuan berbeda. Zat kimia dapat mempengaruhi kondisi hormon. Contohnya, Nikotin seperti pada rokok dimetabolisme secara berbeda antara laki-laki dan perempuan.

- Umur

Umur berpengaruh pada dosis obat, jika dosis yang diberikan pada pengguna tidak sesuai maka akan terjadi toksisitas. Contohnya, tetrasiklin yang diberikan pada anak 1 tahun dapat menyebabkan warna gigi menjadi coklat. Dan, Ciprofloksasin jika di konsumsi pada anak dibawah umur makan akan menghambat pertumbuhan, sehingga tidak dapat tumbuh tinggi. Kecepatan aliran darah kehamilan Penggunaan zat pada kehamilan dimana terjadi perkembangan janin pada kandungan dapat mempengaruhi kondisi perkembangan organ yang terbentuk.

- Status gizi

Mempengaruhi aktifitas enzim metabolisme terutama apabila kekurangan protein dan vitamin. Ketidakcukupan sintesis protein mengakibatkan hipoalbuminemie sehingga berkurangnya tempat pengikatan zat racun didalam darah dan perubahan distribusi racun di dalam tubuh sehingga peningkatan ketoksikan suatu racun.

### **2. Keadaan Patologi**

Keadaan patologi meliputi kondisi dan jenis penyakit menjadi faktor penting dalam menentukan keefektifan metabolisme senyawa toksik. Berkaitan dengan aneka ragam penyakit yang dapat mengurangi aliran darah

ke tempat metabolisme seperti komplikasi jantung, syok dan hipotensi, atau yang berpengaruh langsung terhadap fungsi organ atau jaringan tempat metabolisme, misalnya hepatitis, sakit kuning obstruktif, sirosis, kanker hati, merusak ginjal, tukak duodenum dan lain sebagainya. Penyakit ginjal merupakan gudang penyimpanan racun yang sangat poten. Ginjal juga tempat terpenting bagi eliminasi, berturut-turut sebagai tempat metabolisme dan ekskresi. Pada umumnya racun yang bersifat basa akan lebih mudah diekskresi apabila urinya bersifat asam, sebaliknya racun yang bersifat asam lebih mudah diekskresi bila urin bersifat basa. Pengetahuan ini tentunya sangat penting bagi terapi penawar racun. Ginjal menerima kurang lebih 25 % curah jantung, karena itu, ginjal mampu menyaring dan terpejani dengan senyawa racun dalam jumlah yang cukup besar. Ekskresi ke dalam air kencing atau urin melibatkan salah satu dari tiga mekanisme : filtrasi dari darah melalui pori glomerulus, difusi dari aliran darah ke dalam tubulus (sekresi aktif), dan sekresi aktif ke dalam cairan tubular atau reabsorpsi pasif non ion ke dalam aliran darah.

### **c. Toleransi dan resistensi**

Kemampuan makhluk hidup untuk memperlihatkan respon yang kurang terhadap dosis xenobiotika yang diperlihatkan sebelumnya dengan dosis yang sama. Toleransi terhadap zat kimia sangat penting dalam toksikologi, sebab kita menggambarkan suatu mekanisme dengan jalan mana spesimen biologi tertentu dilindungi dari serangan efek berbahaya dari zat kimia. Toleransi antara zat kimia yang serupa adalah suatu mekanisme dari adaptasi atau kekebalan terhadap efek berbahaya zat kimia yang diperoleh secara alami, dan mungkin bertanggung jawab terhadap variasi dalam reaksi zat kimia-biologi diantara anggota spesies tertentu. Resistensi : Lebih tahan terhadap dosis toksik suatu xenobiotika dari pada yang ditunjukkan oleh individu lainnya

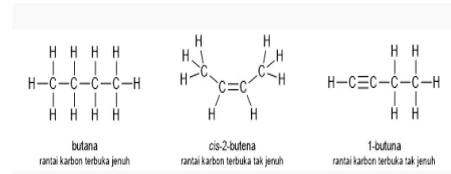
## **2.8 Klasifikasi Hidrokarbon**

Berdasarkan jenis ikatan antara atom karbon, senyawa hidrokarbon dapat dibedakan menjadi hidrokarbon jenuh dan tak jenuh. Seluruh ikatan antar atom karbon pada hidrokarbon jenuh merupakan ikatan kovalen tunggal. Pada hidrokarbon tak jenuh, terdapat satu atau lebih ikatan rangkap ataupun ikatan rangkap tiga. Berdasarkan

bentuk rantai karbon dan jenis ikatannya, senyawa hidrokarbon dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

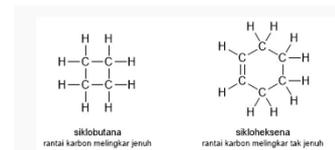
- Hidrokarbon alifatik

yaitu hidrokarbon dengan rantai terbuka dengan ikatan tunggal (jenuh) ataupun ikatan rangkap (tak jenuh). Contoh:



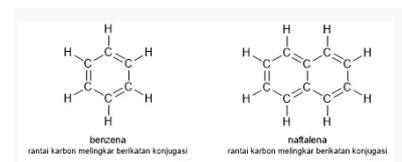
- Hidrokarbon alisiklik

yaitu hidrokarbon dengan rantai tertutup atau melingkar.



- Hidrokarbon aromatik

yaitu hidrokarbon rantai melingkar dengan ikatan konjugasi, yaitu ikatan tunggal dan ikatan rangkap yang berselang-seling.



## 2.9 Dampak Toksikologi Hidrokarbon

HydroCarbon (HC) Pada mesin, emisi Hidrokarbon (HC) terbentuk dari bermacam-macam sumber. Tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna, tidak terbakarnya minyak pelumas silinder adalah salah satu penyebab munculnya emisi HC. Emisi HC pada bahan bakar HFO yang biasa digunakan pada mesin-mesin diesel besar akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan mesin diesel yang berbahan bakar Diesel Oil (DO). Emisi HC ini berbentuk gas metan (CH<sub>4</sub>). Gas ini sangat berpengaruh pada kesehatan jika terpapar dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan lama. Meski tidak secara langsung, namun sedikit demi sedikit menyebabkan gangguan pada pernapasan akibat gas metan yang cukup tinggi, bisa menyebabkan asfiksia. Yakni kondisi tubuh manusia kadar oksigennya cukup rendah. Efeknya diawali dengan napas menjadi cepat, denyut nadi meningkat, mual, muntah, koordinasi otot menurun, penurunan kesadaran, gagal napas dan yang terburuk adalah kematian. Lalu ada polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) merupakan salah satu struktur senyawa organik yang tersusun dari atom hidrogen, karbon, yang tersusun dalam satu atau dua lebih struktur cincin/aromatik. Berbagai macam senyawa PAH yaitu, banyak dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan-bahan organik seperti kebakaran hutan, pembakaran bahan bakar fosil, letusan gunung merapi dan pengolahan makanan yang tidak tepat. Karena sifatnya yang

lipofil dan karsinogenik, maka pencemaran PAH di lingkungan terutama dalam makanan tidak boleh dianggap ringan. PAH dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui berbagai cara antara lain terhirup bersama dengan respirasi, terabsorpsi melalui pori-pori kulit dan masuk bersamaan dengan makanan-minuman yang dikonsumsi. Oleh karena itu pentingnya bagi kita untuk dapat memperhatikan hal-hal yang kecil seperti ini. PAH yang bersifat karsinogenik bersifat racun bagi tubuh manusia, dapat merusak system hormonal serta dapat mempengaruhi system imunitas tubuh. Beberapa golongan PAH, seperti Benzoapyrene, diketahui dapat mengganggu fungsi reproduksi. Pada dosis yang cukup tinggi, Benzoapyrene mampu menghancurkan sel telur sehingga tidak dapatdibuahi oleh sperma. selain itu Benzo[a]pyrene yang dikonsumsi oleh tikus hamil ternyata mampu pindah ke jaringan plasenta dan masuk ke dalam jaringan embrio dan memicu terjadinya resorpsi kembali janin oleh rahim atau kematian pada janin.

Selain itu juga utamanya bagi kanker, disebabkan karena adanya senyawa Hidrokarbon polisiklik aromatic tertentu yang bersifat karsinogenik dan mutagenik, artinya ada yang bersifat kanker. Senyawa ini dapat menghasilkan tumor pada tikus dalam waktu yang sangat singkat meskipun hanya sedikit yang dioleskan pada kulitnya. Hidrokarbon karsinogenik ini tidak hanya terdapat pada tar batu bara, melainkan juga pada jelaga dan asap tembakau dan dapat terbentuk dalam daging bakar. Efek biologisnya telah diketahui sejak lama, yaitu sejak 1775, ketika jelaga didefinisikan sebagai penyebab kanker zakar para pembersih cerobong. Kejadian kanker bibir dan jantung juga dijumpai pada pengisap rokok. Bahkan PAH telah dipercaya sebagai salah satu penyebab utama kanker paru-paru. Dr Hecht dan rekan menuturkan senyawa PAH yang disebut dengan fenantrena dalam rokok cepat membentuk zat beracun dalam darah yang menyebabkan mutasi hingga memicu terjadinya kanker.

## **2.10 Contoh Kasus keracunan hidrokarbon**

- Kasus Keracunan pada Anak di IRD RSUD DR. Soetomo Surabaya Tahun 2011 Penelitian ini sebanyak 9 anak berusia di bawah 5 tahun mengalami keracunan secara tidak sengaja (kecelakaan). Hal ini sesuai dengan hasil yang didapat oleh Budhathoki dkk. di manadari hasil penelitian 2/3 anak yang berusia 5 tahun teracuni secara tidak sengaja (kecelakaan) (Budhathoki, 2009). Begitu pula dengan hasil peneltian yang dilakukan di Oslo, di mana dari hasil pengamatan selama 2 tahun, 81%

sampel anak berusia 8 tahun teracuni karena kecelakaan (tidak sengaja) (Erguvan, 2007). Hidrokarbon merupakan penyebab terbanyak keracunan pada penelitian ini (41,7%). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian di Nepal, di mana sebagian besar penyebab keracunan adalah kerosen (Hidrokarbon) yaitu sebanyak 43% (Opawoye, 1998). Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Singh dkk. sebanyak 25,3% disebabkan karena hidrokarbon (Reith, 2001). Hal ini mungkin disebabkan karena hidrokarbon masih banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, seperti memasak dan penerangan. Penyebab keracunan tersering kedua pada penelitian ini adalah organofosfat, yaitu sebanyak 33,3%. Di mana hasil penelitian Budhathoki dkk. menunjukkan bahwa sebagian besar karena organofosfat (45,1%) (Budhathoki, 2009). Sedangkan penelitian yang dilakukan di India oleh Singh dkk. menunjukkan 10% karena organofosfat (Singh, 1995). Pada penelitian ini gejala klinis yang paling sering dialami oleh anak dengan keracunan adalah muntah, lebih dari 50% mengalami gejala ini. Gejala lain yang sering adalah nyeri perut, sesak, kesadaran menurun, hipersalivasi, miosis dan kejang. Karena hidrokarbon merupakan penyebab utama keracunan pada penelitian ini, maka tanda-tanda klinis yang paling sering menyerupai tanda-tanda klinis keracunan hidrokarbon. Rusaknya ekosistem mangrove di kawasan tarakan kalimantan utara akibat keracunan PAH atau Hidrokarbon aromatik Asap hasil kebakaran pom bensin pertamina di Indramayu secara tidak langsung masyarakat menghirup racun dari asap tersebut yang mengandung karbon monoksida dan hidrogen sianida.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dharmawati, Ira. Neurinda, P.K. Arina, S. 2012. “ Profil kasus keracunan pada anak di IRD RSUD Dr. Suetomo Surabaya tahun 2011” . *Jurnal Ners, Vol 7 No. 1* : 94-98
- HSP Academi. 2011. Toksikologi bahan kimia. 29 Maret 2021. <http://healthsafetyprotection.com/toksikologibahankimia/#:~:text=Ada%20jalur%20utama%20bahan,dan%20kemudian%20diserap%20didalam%20lambung>
- Kurniawan, Allen., Yanuar, C. W., Indah, M. N. R., dkk. 2018. Hidrokarbon Aromatik Polisiklik pada Lahan Tercemar Limbah Minyak Bumi: Tinjauan Pertumbuhan MikroOrganisme, Proses Metabolisme dan Biodegradasi. *Jurnal ilmu lingkungan. Volume 16 Issue 1*: 9-24
- Mulfiani, Sri. 2018. Efektifitas Strategi Constextual Teaching And Learning Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Hidrokarbon Di Sman I Kluet Tengah Aceh Selatan. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan: Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam
- Purbonegoro, Triyono. 2017. “Faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas bahan pencemar terhadap organisme perairan”. *Jurnal Oseana, Vol XLII No. 2* : 12-22
- Purnama, S.G., Purnama, I.G.H. (2017). Diktat kuliah toksikologi lingkungan. Bali. Universitas Udayana.
- Rachmawani, D., Fredinan, Y. Cecep, K. Mennnofatria, B. Ety, P. 2016. “Dampak hidrokarbon aromatik terhadap ekosistem mangrove di kawasan Binalatung kota Tarakan Kalimantan Utara”. *Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol 23 No. 3* : 295-303
- Susianto, Nirwan. 2021. Senyawa hidrokarbon. 29 Maret 2021. <https://www.studio.belaja.com/senyawa-hidrokarbon/#:~:text=Berdasarkan%20jenis%20ikatan%20antara%20atom,rangkap%20ataupun%20ikatan%20rangkap%20tiga>.
- Yulianto. Nurul, Amaloyah. 2017. *Toksikologi lingkungan*. Jakarta. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia.
- Zuhelmi, T.P. 2015. Dampak negatif polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) pada hidup. 29 Maret 2021. <http://uptltsit.unila.ac.id/2015/03/16/dampak-negatif-polisiklik-aromatik-hidrokarbon-pah-pada-hidup/>