



B. Aplikasi Teknologi Ramah Lingkungan



Ayo, Kita Pelajari

Aplikasi teknologi ramah lingkungan dalam bidang:

- Energi
- Transportasi
- Lingkungan
- Industri



Istilah Penting

- | | |
|--------------|------------------|
| • Biogas | • Geothermal |
| • Biofuel | • Fuel cell |
| • Sel surya | • Hydrogen power |
| • Hydropower | • Ocean power |
| • Wind power | • Biopori |
| | • Fitoremediasi |



Mengapa Penting?

Mempelajari materi ini akan membantu kamu memahami berbagai aplikasi teknologi ramah lingkungan sehingga kamu kelak dapat mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan.

Teknologi ramah lingkungan telah diterapkan dalam berbagai bidang antara lain di bidang energi, transportasi, lingkungan, dan industri. Agar kamu dapat memahami berbagai aplikasi teknologi ramah lingkungan dan menginspirasi kamu untuk mengembangkan teknologi ramah lingkungan tersebut, ayo pelajari materi berikut dengan penuh seksama!

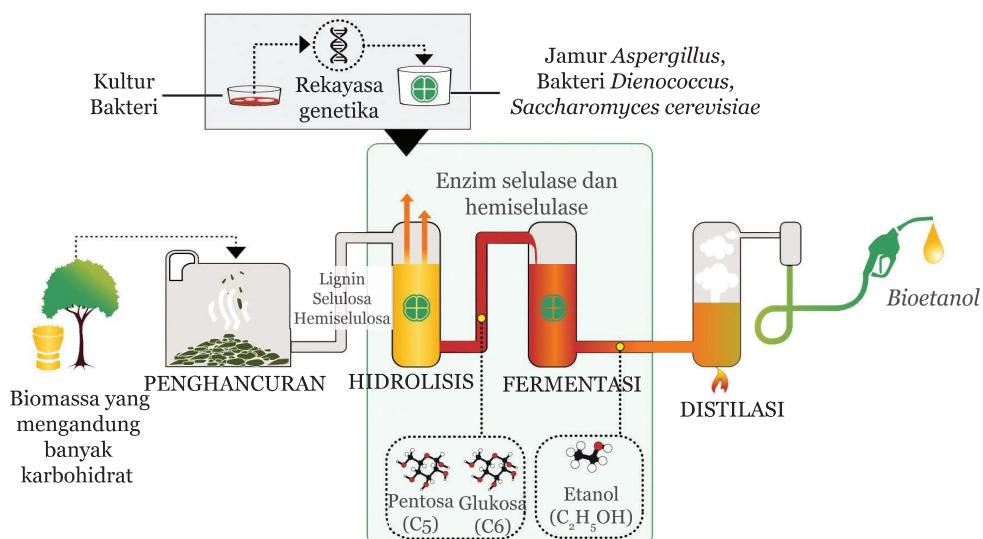
1. Teknologi Ramah Lingkungan Bidang Energi

Teknologi ramah lingkungan dapat diterapkan pada bidang energi sebagai upaya mencari sumber energi alternatif untuk masa depan. Berikut ini adalah contoh penerapannya.

a. Bahan Bakar dari Tumbuhan (*Biofuel*)

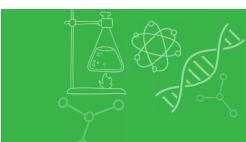
Biofuel adalah jenis bahan bakar alternatif yang berasal dari bahan-bahan organik. *Biofuel* termasuk sumber daya alam yang dapat diperbarui. Tahukah kamu apa yang membedakan *biofuel* dengan bahan bakar fosil? Keduanya memang berasal dari bahan-bahan organik, tetapi *biofuel* dapat diolah langsung dari bahan organik seperti tumbuh-tumbuhan, sedangkan bahan bakar fosil berasal dari hewan atau tumbuhan yang telah mati selama jutaan tahun yang lalu.

Ada dua jenis *biofuel* yaitu dalam bentuk etanol (C_2H_5OH) dan biodiesel. Etanol merupakan salah satu jenis alkohol yang dapat dibuat dengan fermentasi karbohidrat atau reaksi kimia gas alam. Beberapa tumbuhan yang mengandung karbohidrat tinggi seperti jagung, sorgum, dan singkong biasanya digunakan untuk menghasilkan etanol. Bagaimana proses pembuatan bioetanol? Perhatikan Gambar 10.5!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.5 Skema Pembuatan Bioetanol



Proses pembuatan bioetanol diawali dengan penghancuran bahan-bahan yang mengandung karbohidrat, sehingga memiliki ukuran yang kecil. Karbohidrat yang berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa kemudian dihidrolisis dengan bantuan enzim yang dihasilkan jamur dan bakteri, sehingga menghasilkan senyawa gula pentosa dan glukosa. Senyawa gula tersebut kemudian difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* sehingga menghasilkan etanol dan senyawa lainnya. Agar diperoleh etanol murni, selanjutnya dilakukan penyulingan (distilasi).

Berbeda dengan bioetanol, bahan baku pembuatan biodiesel berasal dari lemak nabati, misalnya dari minyak kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) atau minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) (Gambar 10.6). Di Indonesia, biodiesel sudah dikembangkan dan diproduksi sebagai bahan bakar kendaraan yang disebut dengan **biosolar**. Penggunaan bahan bakar dengan sumber alam yang dapat diperbarui akan sangat membantu kita untuk menjamin kelestarian lingkungan dan ketergantungan pada ketersediaan minyak bumi yang semakin menipis. Selain itu, sisa pembakaran dari *biofuel* juga lebih ramah lingkungan.



(a)



(b)

Sumber: (a) Dok. Kemdikbud, (b) oilmillplant.com

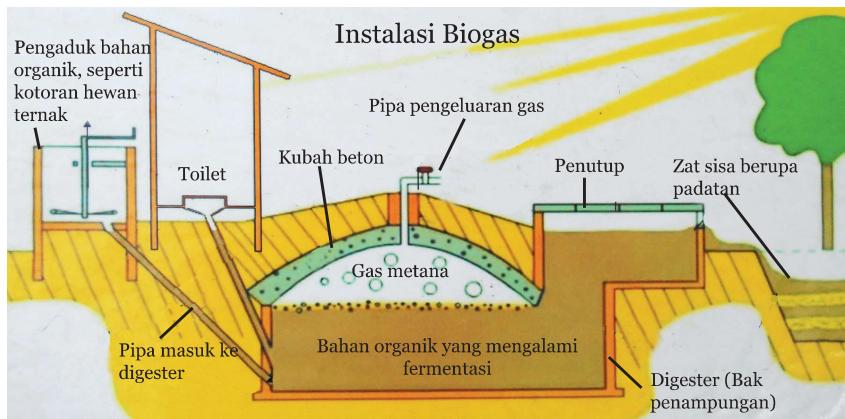
Gambar 10.6 (a) Tanaman Jarak (*Jatropha curcas* L.), (b) Biji dan Minyak Tanaman Jarak

b. Biogas

Biogas merupakan jenis bahan bakar alternatif yang diperoleh dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup di lingkungan tanpa oksigen). Bakteri anaerob bekerja dengan cara mengubah zat organik menjadi gas metana (CH_4) sebesar 75%, dan sisanya adalah gas karbon dioksida, hidrogen, serta hidrogen sulfida. Namun demikian, gas yang digunakan sebagai sumber bahan bakar adalah gas metana. Bahan organik yang banyak digunakan

dalam pembuatan biogas berasal dari kotoran dan urine hewan ternak. Saat ini biogas sudah banyak digunakan sebagai bahan bakar untuk kebutuhan rumah tangga di Indonesia.

Tahukah kamu teknik pembuatan biogas secara sederhana? Agar kamu dapat mengetahui teknik pembuatan biogas secara sederhana, perhatikan Gambar 10.7!



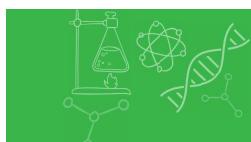
Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.7 Skema Pembuatan Biogas

Lingkungan yang memiliki peternakan dan tempat atau pabrik pengolahan makanan (tempat pembuatan tahu, tempe, ikan pindang, dan brem) merupakan tempat strategis bagi pembuatan biogas. Coba kamu pikirkan mengapa harus di tempat-tempat tersebut? Para pemilik pabrik dapat menyatukan semua limbah sisa produksi bahan makanan ke dalam saluran pembuangan untuk kemudian diolah menjadi biogas. Teknologi ini tidak hanya bermanfaat karena mampu menghasilkan sumber energi alternatif, tetapi juga dapat menjaga kebersihan lingkungan. Limbah organik dari hewan ternak dan industri pembuatan makanan tidak dibuang begitu saja, tetapi dijadikan biogas.

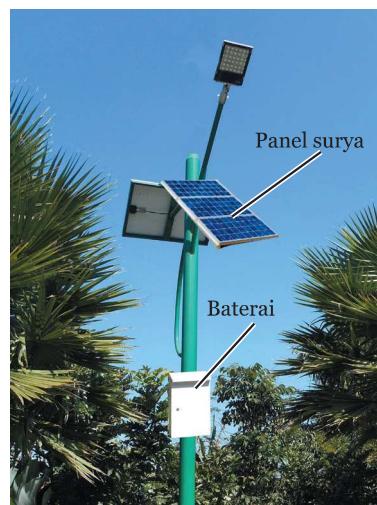
c. Sel Surya (*Solar Cell*)

Kita dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan *photovoltaic (PV) cell*, atau sering disebut *solar cell* atau sel surya. Pada umumnya sel surya memiliki ukuran yang tipis (hampir sama dengan selembar kertas). Sel surya terbuat dari silikon (Si) yang dimurnikan atau polikristalin silikon dengan beberapa logam yang mampu menghasilkan listrik.



Tahukah kamu bagaimana sel surya mengubah energi matahari menjadi listrik? Ketika cahaya matahari mengenai panel surya, cahaya menghasilkan emisi elektron pada komponen panel. Elektron ini kemudian dihubungkan dengan sistem tertentu sehingga dihasilkan listrik. Selanjutnya, listrik ini dialirkan dan disimpan pada baterai, sehingga dapat digunakan pada saat mendung atau malam hari. Perhatikan Gambar 10.8!

Kita dapat memasang panel surya pada atap rumah atau menyusunnya dalam lembaran-lembaran, dinding bangunan, atau pada permukaan benda lain. Teknologi terbaru pada panel surya ini adalah adanya motor elektrik yang dapat menjaga panel surya tetap menghadap cahaya matahari pada siang hari. Dengan demikian, mekanisme panel surya ini akan mengumpulkan energi 30-40% lebih banyak dari panel surya biasa.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.8 Panel Surya



Tahukah Kamu?

Pembangkit listrik tenaga surya sudah digunakan secara besar-besaran di Portugal, Spanyol bagian selatan, Jerman, Korea Selatan, dan Amerika Serikat. Saat ini, Indonesia mulai menggunakan teknologi ini sebagai sumber energi pada lampu penerangan di berbagai kota dan untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah yang belum mendapat aliran listrik. Kita sebagai anak bangsa tentunya harus banyak belajar mengenai teknologi ini sehingga teknologi ini dapat diterapkan di seluruh pelosok Nusantara. Harapannya, semua penduduk Indonesia dapat menikmati manfaat aliran listrik.

Panel surya memiliki beberapa keunggulan, di antaranya tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca, mampu menghasilkan energi cukup besar, dan mudah dipasang atau dipindahkan atau dikembangkan. Meskipun memiliki banyak keunggulan, panel surya juga memiliki beberapa kekurangan, di antaranya adalah membutuhkan sistem penyimpanan listrik dan komponen pada panel

surya ini termasuk jenis bahan yang berbahaya. Bahan tersebut harus didaur ulang dengan benar setelah pemakaian selama 20-25 tahun. Selain itu, biaya produksi panel surya masih tinggi (harganya mahal).

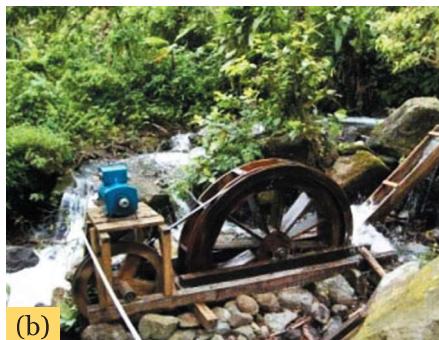
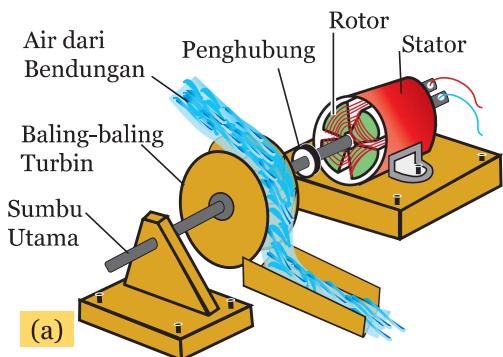


Ayo, Kita Diskusikan

Indonesia terletak di daerah khatulistiwa, sehingga sinar matahari mudah diperoleh. Menurutmu, apa yang harus dilakukan Indonesia agar dapat memanfaatkan energi matahari untuk pengembangan teknologi yang ramah lingkungan? Coba jelaskan pendapatmu!

d. Pembangkit Listrik Tenaga Air (*Hydropower*)

Tenaga air atau *hydropower* menggunakan energi gerak (energi kinetik) dari aliran air untuk menghasilkan listrik. Siklus air dari *hydropower* diawali dengan proses evaporasi atau penguapan air yang kemudian membentuk awan dan hujan. Air hujan yang terdapat pada dataran tinggi, selanjutnya mengalir ke daerah yang lebih rendah melalui sungai. Cara yang paling umum untuk memanfaatkan *hydropower* ini yaitu dengan membangun dan membendung sungai besar untuk membentuk tempat penampungan air. Air yang dibendung dialirkan melalui suatu pipa besar dengan debit atau laju tertentu untuk memutar turbin generator yang akan menghasilkan listrik. Secara umum, alat pembangkit listrik tenaga air terdiri atas generator dan turbin. Perhatikan Gambar 10.9!



Sumber: (a) Dok. Kemdikbud, (b) Industri.bisnis.com

Gambar 10.9 (a) Skema Pembangkit Listrik Sederhana Tenaga Air, (b) Pembangkit Listrik yang Telah diterapkan di Masyarakat



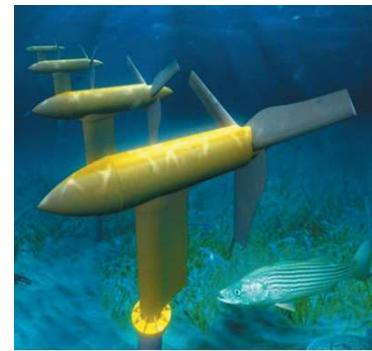
Generator terdiri atas dua bagian utama yakni stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam yang terdiri atas lilitan kabel dan suatu silinder, sedangkan rotor adalah bagian yang berputar mengelilingi poros. Poros pada rotor generator terhubung dengan rotor pada turbin. Ketika turbin bergerak berputar karena adanya aliran air maka lilitan dalam stator akan menghasilkan energi listrik. Jadi, cara kerja pembangkit listrik tenaga air ini mengubah energi gerak dari turbin menjadi energi listrik yang dihasilkan melalui generator.

Hydropower merupakan sumber energi terbarukan pertama yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Teknologi ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain dapat menghasilkan energi yang besar, membutuhkan biaya yang sedikit, dan sedikit menghasilkan emisi CO₂. Selain itu, teknologi *hydropower* ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain banyaknya lahan yang beralih fungsi dan pengalihan tempat tinggal penduduk, menyumbang emisi metana (CH₄) yang dilepaskan di udara akibat terurainya organisme yang mati dalam air, dan mengganggu ekosistem air di daerah muara.

e. Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut Air Laut dan Ombak (Ocean Power)

Kitajuga dapat menghasilkan listrik dari energi pasang surut air laut dan ombak. Di beberapa pantai, level ketinggian air dapat naik atau turun hingga 6 meter bahkan lebih. Bendungan dibangun melintasi bibir pantai untuk mengambil energi pada aliran air laut untuk digunakan sebagai *hydropower*.

Saat ini masih sedikit negara yang menerapkan teknologi ini. Pembangkit listrik tersebut berada di kota La Rance, Prancis (Gambar 10.11). Hal ini disebabkan pembangunan teknologi ini membutuhkan biaya yang sangat besar, alat mudah rusak akibat korosi oleh air laut, badai, dan di dunia hanya sedikit daerah yang cocok untuk dibangun teknologi ini. Selama bertahun-tahun, ilmuwan dan para teknisi telah mencoba untuk menghasilkan listrik dengan cara mengambil energi dari ombak sepanjang pantai. Mereka telah membuat teknologi berbentuk tabung yang terbuat dari baja dan mirip dengan rantai



Sumber: Miller & Spoolman, 2012

Gambar 10.10 Turbin
Pembangkit Listrik Tenaga
Ombak

ular yang dipasang di pantai Portugal. Alat ini akan naik dan turun akibat adanya ombak, dan dapat menghasilkan listrik. Apakah kamu tertantang untuk mengembangkan teknologi ini di Indonesia?



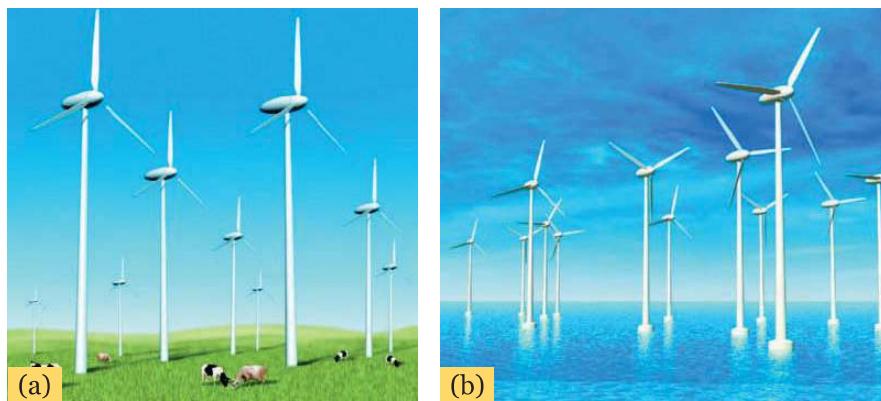
Sumber: www.energybc.ca

Gambar 10.11 Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut Air Laut di La Rance, Prancis

f. Pembangkit Listrik Tenaga Angin (*Wind Power*)

Perbedaan derajat dari sinar matahari yang menyinari bumi pada daerah ekuator dan daerah kutub menyebabkan terjadinya perbedaan panas di antara daerah tersebut. Bersama dengan adanya rotasi bumi, terjadilah aliran udara yang disebut angin. Angin tersebut dapat ditangkap oleh turbin angin dan dapat diubah menjadi energi listrik. Akhir-akhir ini, pembangkit listrik tenaga angin menjadi sumber energi dunia terbesar kedua setelah panel surya.

Ada dua jenis pembangkit listrik tenaga angin yang saat ini dikembangkan, yaitu pembangkit listrik tenaga angin yang dibangun di daratan dan yang dibangun di pantai, seperti yang tampak pada Gambar 10.12.



Sumber: Miller & Spoolman, 2012

Gambar 10.12 (a) Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang Dibangun di Daratan,
(b) Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang Dibangun di Pantai



Pembangkit listrik tenaga angin yang dibangun di daratan harus terletak di daerah yang jauh dari pemukiman dan sedikit populasi penduduk. Meskipun pembangkit yang dibangun di pantai membutuhkan biaya yang lebih besar, tetapi pembangkit ini memiliki potensi yang besar. Di pantai angin akan bergerak lebih cepat, lebih kuat, dan lebih stabil daripada angin yang bergerak di daratan.

Tidak seperti minyak dan batu bara, angin tersebar luas dan tidak pernah habis, dan pembangkit listrik tenaga angin bebas polusi. Pembangkit listrik tenaga angin merupakan teknologi paling murah untuk menghasilkan listrik. Jika teknologi ini diterapkan di Indonesia diperkirakan Indonesia tidak akan kekurangan listrik, bahkan listrik di Indonesia akan berlebih. Namun demikian, ada beberapa hal yang perlu dipikirkan ketika membangun pembangkit listrik tenaga angin di suatu daerah, di antaranya adalah keberadaan angin yang harus cukup besar dan stabil. Indonesia sudah mulai mencoba membangun pembangkit listrik tenaga angin, misalnya di Nusa Penida (pulau kecil di selatan Pulau Bali) dan juga di Nusa Tenggara Timur.

Kita sebagai anak bangsa, harus terus berupaya melakukan inovasi dalam mengembangkan teknologi pembangkit listrik tenaga angin. Coba perhatikan daerah tempat tinggalmu, apakah di tempat tinggalmu memiliki angin yang cukup besar dan stabil? Suatu saat nanti, kamu dapat membangun pembangkit listrik tenaga angin untuk mencukupi kebutuhan listrik di daerahmu.

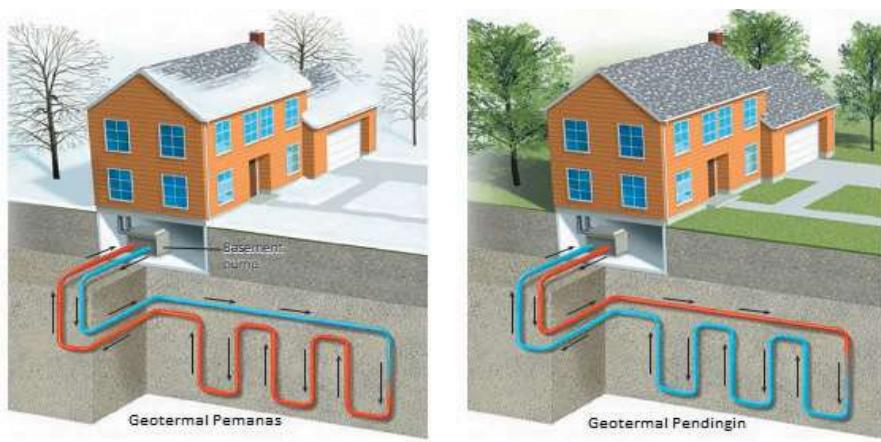
g. Geothermal

Energi geothermal merupakan panas yang tersimpan dalam tanah, lapisan dasar bumi, dan cairan dalam kerak bumi. Kita dapat menggunakan energi yang tersimpan ini untuk memanaskan dan mendinginkan bangunan serta menghasilkan listrik. Ilmuwan memperkirakan bahwa hanya dengan menggunakan 1% dari panas yang tersimpan sedalam 5 km dalam kerak bumi, akan menghasilkan energi 250 kali lebih banyak dari minyak dan gas alam yang tersimpan di seluruh lapisan bumi.

Salah satu cara untuk mengambil energi geothermal ini dengan menggunakan sistem pompa panas geothermal “*geothermal heat pump system*”. Sistem ini dapat memanaskan dan mendinginkan sebuah rumah dengan memanfaatkan perbedaan temperatur. Sistem ini banyak digunakan di negara yang memiliki empat musim, yaitu musim dingin,



musim semi, musim panas, dan musim gugur. Pada musim dingin, suatu pipa yang diletakkan dalam tanah dapat mengalirkan cairan yang membawa panas dari dasar bumi menuju sistem pendistribusian panas di rumah. Sebaliknya, pada musim panas, sistem ini bergerak berlawanan, memindahkan panas dari rumah dan menyimpannya dalam tanah. Perhatikan Gambar 10.13!



Sumber: Miller & Spoolman, 2012

Gambar 10.13 Aplikasi Geothermal dalam Skala Rumah

Kita juga dapat mengambil energi dari lapisan bumi yang lebih dalam dengan sistem yang disebut *hydrothermal reservoir*. Beberapa batuan di dalam bumi memiliki suhu sangat tinggi yang disebabkan oleh adanya pemecahan material radioaktif yang terkandung dalam batuan tersebut. Air dalam tanah bertemu dengan batuan panas sehingga terbentuk uap yang kemudian terakumulasi di antara bebatuan tersebut. Uap air yang terkumpul dalam jumlah besar akan menimbulkan tekanan yang tinggi. Jika kita mengebor bagian tersebut dengan bantuan pipa khusus, uap air akan keluar dengan kecepatan yang besar. Aliran uap inilah yang dapat digunakan untuk menggerakkan turbin sehingga dapat menghasilkan listrik.

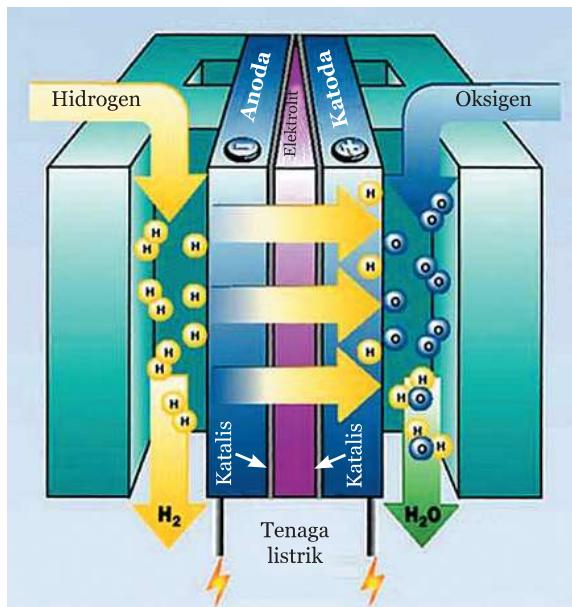
h. Fuel Cell dan Hydrogen Power

Matahari menghasilkan energi yang menjaga keberlangsungan hidup di bumi melalui penggabungan inti (fusi) atom-atom hidrogen. Hidrogen merupakan unsur kimia paling sederhana dan paling banyak di alam semesta. Perlu kamu ketahui bahwa hidrogen yang banyak di alam semesta bukanlah hidrogen bebas yang dapat langsung dimanfaatkan sebagai bahan bakar, tetapi hidrogen tersebut berada



dalam bentuk senyawa, misalnya hidrogen pada air (H_2O). Oleh karena itu, para ilmuwan menyatakan bahwa gas hidrogen (H_2) akan menjadi bahan bakar di masa depan.

Agar harapan itu dapat terwujud, ilmuwan saat ini fokus untuk mengembangkan sel bahan bakar “fuel cell” yang menggabungkan gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2). Reaksi antara gas H_2 dengan O_2 menghasilkan energi panas yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai sumber listrik. Reaksi antara keduanya dapat dituliskan sebagai berikut: $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O + \text{energi}$. Perhatikan Gambar 10.14!



Sumber: Miller & Spoolman, 2012

Gambar 10.14 Skema Hydrogen Power

Berdasarkan reaksi kimia tersebut, kita dapat mengetahui bahwa gabungan gas hidrogen dan gas oksigen menghasilkan uap air (H_2O) dan energi. Uap air yang dilepaskan ke atmosfer tidak berbahaya, sehingga tenaga hidrogen ini ramah lingkungan. Penggunaan secara luas hidrogen sebagai bahan bakar akan menghilangkan masalah polusi udara dan dapat mengurangi kerusakan iklim, karena dalam teknologi ini tidak dihasilkan CO_2 . Pengurangan polusi tentunya juga harus didukung dengan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi) atau energi nuklir yang menghasilkan CO_2 di bumi. Oleh karena itu, diharapkan dengan penggunaan H_2 ini di masa depan bumi akan lebih terjaga dari pencemaran udara.



Hidrogen juga menyediakan energi lebih banyak daripada bahan bakar lain. Kelebihan ini membuat hidrogen ideal digunakan sebagai bahan bakar pesawat terbang. Permasalahan yang saat ini dihadapi yaitu sedikitnya gas hidrogen murni (H_2) di bumi, sehingga hidrogen harus diproduksi melalui senyawa lain yang mengandung unsur (H), seperti CH_4 (metana). Kita dapat menghasilkan gas hidrogen (H_2) dengan memanaskan air, mengaliri listrik, atau melepas hidrogen dari metana (CH_4). Namun saat ini, untuk menghasilkan gas hidrogen dan alatnya membutuhkan energi dan biaya yang besar.



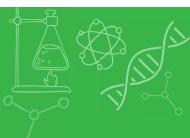
Tahukah Kamu?

Tahukah kamu bahwa *hydrogen power* ini sudah banyak dikembangkan terutama sebagai bahan bakar mobil? Penerapan teknologi ini dimulai pada tahun 1990, Amory Lovin seorang fisikawan Amerika dan mahasiswanya mendesain mobil ringan, aman, dan menggunakan bahan bakar hidrogen. Ini merupakan dasar dari mobil-mobil berbahan bakar hidrogen yang saat ini sedang dikembangkan oleh pabrik mobil. Bahkan di Jepang, teknologi ini sudah dikembangkan untuk menghasilkan listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik suatu kota kecil. Di Kanada, teknologi ini sudah diproduksi dengan skala yang tidak terlalu besar. Alat ini mampu menghasilkan H_2 dari air. Alat ini juga dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan berbahan bakar hidrogen.

Nah, bagaimana menurutmu? Tentunya kamu sangat tertarik untuk belajar teknologi ini bukan? Dengan mempelajari teknologi ini lebih lanjut dan lebih dalam tentunya kamu dapat menguasai teknologi ini dan mampu membuat mobil berbahan bakar hidrogen untuk masyarakat Indonesia.

2. Teknologi Ramah Lingkungan Bidang Transportasi

Teknologi ramah lingkungan dapat diterapkan pada bidang transportasi sebagai upaya menciptakan kendaraan yang tidak menghasilkan emisi atau limbah yang berbahaya bagi lingkungan. Berikut ini beberapa contoh kendaraan yang menerapkan teknologi ramah lingkungan.



a. Kendaraan Hidrogen (*Hydrogen Vehicle*)

Kendaraan hidrogen merupakan kendaraan yang menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar penggerak mesin. Di dalam kendaraan ini terpasang alat yang mampu mengubah energi kimia dari hidrogen menjadi energi mekanik. Alat tersebut bekerja dengan cara membakar hidrogen dalam mesin pembakaran internal atau dengan mereaksikan hidrogen dengan oksigen dalam *fuel cell* untuk menggerakkan motor listrik. Banyak perusahaan luar negeri yang telah mengembangkan kendaraan ini dan diharapkan dapat berkembang pesat pada tahun-tahun mendatang.

Mobil berbahan bakar hidrogen telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan. Kendaraan yang diproduksi ini mampu melaju dengan kecepatan 450 km/jam. Selain mobil berbahan bakar hidrogen, beberapa negara telah mengembangkan sepeda hidrogen, sepeda motor hidrogen, dan skuter hidrogen. Saat ini beberapa perusahaan pesawat terbang juga mengembangkan pesawat terbang berbahan bakar hidrogen. Perhatikan Gambar 10.15!



Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 10.15 Alat Transportasi Berbahan Bakar Hidrogen, (a) Mobil Hidrogen, (b) Pesawat Hidrogen, (c) Sepeda Hidrogen

b. Mobil Surya (*Solar Car*)

Mobil surya merupakan mobil yang energi utamanya berasal dari sinar matahari. Salah satu contoh mobil surya adalah bus surya (Gambar 10.16). Bus ini menggunakan sinar matahari untuk memberikan energi pada alat-alat listrik dalam bus dan energi yang digunakan sebagai penggerak pada mesin bus. Bus surya yang saat ini ada merupakan kendaraan yang menggunakan baterai



Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 10.16 Bus Surya

sebagai tempat penyimpanan listrik yang diperoleh dari cahaya matahari atau sumber yang lain. Pengembangan bus surya ini sejalan dengan berkembangnya teknologi panel surya atau *photovoltaic cell*. Pada bus surya ini terdapat panel surya yang terpasang pada atap bus. Panel surya ini dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh mesin bus.

Pengenalan bus ini sebagai alat transportasi umum bertujuan untuk mengembangkan alat transportasi yang ramah lingkungan. Negara yang pertama kali menerapkan bus surya ini yaitu Australia, tepatnya di kota Adelaide. Bus ini dikenal dengan nama *Tindo Solar Battery-Charged Bus* (*Tindo*=matahari) dan beroperasi semenjak tahun 2007. Bus ini 100% menggunakan energi matahari, dilengkapi dengan pendingin ruangan, dan mampu mengangkut 40 orang. Bus ini tidak memiliki panel surya pada atapnya, tetapi bus ini mendapatkan energi listrik dari stasiun bus pusat di Adelaide. Negara Cina juga telah mengembangkan bus surya ini, bus surya ini diterapkan di kota Qiqihar, dan mulai beroperasi pada bulan Juli 2012. Bus ini mendapatkan energi dari baterai lithium-ion (Li-ion) yang dapat diisi ulang menggunakan panel surya yang ada pada atap bus. Bus ini mampu mengangkut sebanyak 100 orang.

c. Mobil Listrik (*Electric Car*)

Mobil listrik merupakan mobil yang didorong oleh satu atau lebih motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau alat penyimpanan energi yang lain. Motor elektrik ini mampu memberikan tenaga putaran dengan cepat dan memberikan percepatan yang kuat, tetapi suaranya halus. Mobil listrik ini pertama kali dibuat pada tahun 1884 oleh seorang berkebangsaan Inggris, Thomas Parker. Mobil listrik ini baru berkembang pesat pada tahun 2008, semenjak ditemukannya teknologi pengaturan tenaga baterai dan mahalnya bahan bakar fosil. Keuntungan dari penggunaan mobil listrik ini antara lain mengurangi polusi udara, karena mobil ini tidak menghasilkan polutan dan mengurangi efek rumah kaca. Masih ingatkah kamu tentang efek rumah kaca? Coba kamu ingat kembali!

Perhatikan Gambar 10.17! Penggunaan teknologi mobil listrik secara massal masih mengalami beberapa hambatan, antara lain masih tingginya biaya produksi, minimnya infrastruktur isi ulang bahan bakar listrik, dan kekhawatiran pengemudi akan kehabisan listrik sebelum sampai di tujuan.





Sumber: (a) en.wikipedia.org, (b) www.dmv.com

Gambar 10.17 (a) Mobil Listrik Pertama Produksi Thomas Parker Tahun 1884,
(b) Mobil Listrik yang Sedang Diisi Ulang



Tahukah Kamu?

Tahukah kamu bahwa di Indonesia juga sudah mulai dikembangkan mobil tenaga listrik yang ramah lingkungan? Pada tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) telah mengembangkan purwarupa mobil listrik yang berkapasitas empat orang. Mobil tersebut sudah meraih banyak kejuaraan dunia di antaranya di Jepang dan Australia. Mobil ini dapat mencapai kecepatan 100 km/jam dan memiliki daya simpan baterai sebesar 5 KW.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.18 Mobil Listrik
Produksi ITS

3. Teknologi Ramah Lingkungan Bidang Lingkungan

Pernahkah kamu berpikir tentang penerapan teknologi ramah lingkungan di lingkungan sekitar? Teknologi tersebut memiliki banyak manfaat antara lain pelestarian lingkungan, pencegah banjir, dan memperbaiki wilayah tercemar. Nah, apakah kamu tertarik mempelajari materi bagian ini? Berikut ini akan dijelaskan beberapa contoh teknologi ramah lingkungan untuk bidang lingkungan.

a. Biopori

Biopori dikenal dengan istilah teknologi lubang resapan (TLR), merupakan teknik untuk membuat wilayah resapan air hujan. Teknik biopori memiliki prinsip yang sama dengan sumur resapan. Teknik ini diterapkan dengan menyediakan area yang dibuat berlubang-lubang kecil (berpori) yang nantinya akan menyerap air hujan dan kemudian disalurkan ke dalam tempat penampungan air. Biopori sangat bermanfaat bagi pelestarian keseimbangan lingkungan. Perhatikan Gambar 10.19!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.19 Teknologi Biopori untuk Penampungan Air Hujan serta Pemanfaatannya untuk Pembuatan Kompos

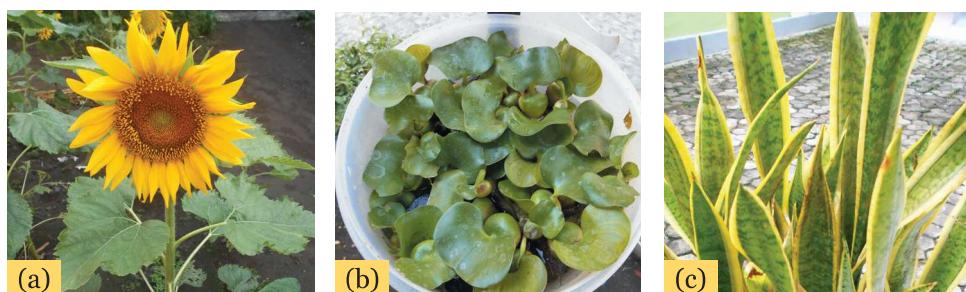
Selain dapat mencegah banjir pada musim hujan, biopori juga dapat menjamin ketersediaan air pada musim kemarau. Biopori juga dapat diandalkan untuk mencegah penyebaran penyakit yang disebabkan oleh adanya genangan air, seperti demam berdarah, malaria, dan kaki gajah. Kesuburan dan kelestarian organisme tanah juga dapat terjaga dengan teknologi ini. Lubang-lubang resapan air ini sekaligus juga dapat dimanfaatkan untuk membuat kompos, yakni dengan memberikan sampah organik seperti dedaunan atau sisa makanan.

b. Fitoremediasi

Masih ingatkah kamu materi bioremediasi? Fitoremediasi merupakan salah satu bentuk bioremediasi. Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Melalui fitoremediasi ini polutan (zat penyebab polusi) seperti logam berat, pestisida, minyak, dan zat

lain yang mengotori tanah, air, atau udara dapat dikurangi bahkan dihilangkan. Fitoremediasi baru berkembang pada awal tahun 1990, yaitu dimulai dari kesuksesan dalam memperbaiki daerah tercemar oleh zat radioaktif sesium (Cs), stronium (Sr), dan uranium (U) di Chernobyl, Rusia dengan menggunakan tumbuhan bunga matahari.

Keunggulan teknologi fitoremediasi ini antara lain: ramah lingkungan, biaya operasional rendah, mudah untuk diaplikasikan, aman digunakan, tanah dapat menjadi lebih subur, dan dapat membuat kualitas lingkungan menjadi lebih baik. Contoh tumbuhan yang dapat digunakan dalam fitoremediasi adalah bunga matahari (*Helianthus annus*), sawi (*Brassica rappae*), eceng gondok (*Eichornia crassipes*), padi (*Oryza sativa*), tembakau (*Nicotiana tobacco*), dan sansevieria (*Sansevieria trifasciata*).



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.20 Tanaman (a) Bunga Matahari (*Helianthus annus*), (b) Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), (c) Sansevieria (*Sansevieria trifasciata*), merupakan Tanaman untuk Fitoremediasi

c. Toilet Pengompos (Composting Toilet)

Composting toilet merupakan toilet kering yang menggunakan proses secara aerob untuk menghancurkan atau mendekomposisi feses yang dihasilkan manusia. Toilet pengompos dapat digunakan sebagai pengganti toilet air pada umumnya. Toilet ini biasanya ditambah dengan campuran serbuk gergaji, sabut kelapa, atau lumut tertentu untuk membantu proses aerob, menyerap air, dan mengurangi bau. Proses dekomposisi ini umumnya lebih cepat dari proses dekomposisi secara anaerob yang digunakan pada *septic tank*.

d. Pemurnian Air (Water Purification)

Percobaan mengenai pemurnian air pertama kali dilakukan pada abad ke-17. Sir Francis Bacon mencoba untuk mengambil garam dari air laut melalui saringan pasir. Meskipun percobaan ini belum



berhasil, percobaan ini dikenal sebagai awal dari proses pemurnian air. Pemurnian air merupakan suatu proses penghilangan zat-zat kimia, kontaminan biologis, partikel-partikel padat, dan gas-gas dari air yang terkontaminasi atau kotor. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghasilkan air yang dapat digunakan untuk keperluan tertentu. Secara umum, proses pemurnian air merupakan proses kajian fisika, kimia, dan biologi. Secara fisika, pada proses pemurnian air ada proses filtrasi atau penyaringan, sedimentasi atau pengendapan, dan distilasi atau penyulingan. Secara kimia, ada pemberian klorin (Cl_2), penyinaran dengan sinar ultraviolet (UV), dan pemberian karbon aktif. Karbon aktif, klorin, dan sinar ultraviolet dapat berperan sebagai pembunuh kuman yang ada dalam air.

1) Pemurnian Air Sederhana

Pemurnian air dapat dilakukan dengan membuat alat yang berbentuk tabung yang di dalamnya terdapat lapisan-lapisan bahan seperti pasir, kerikil, batu, arang, ijuk atau sabut kelapa, dan dapat juga ditambah dengan kapas atau kain katun. Pada penjernihan air dilakukan proses penyaringan kotoran padat yang larut dalam air dengan pasir, kerikil, dan ijuk atau sabut kelapa. Air yang tersaring kotorannya akan melewati arang yang dapat mengurangi kuman-kuman dalam air. Air kotor dapat dituangkan ke dalam tabung melalui bagian atas tabung, selanjutnya air mengalir pada bagian bawah tabung karena adanya gaya gravitasi atau dibantu dengan tekanan dari luar. Selama mengalir ke bagian bawah tabung, air akan mengalami proses penyaringan sehingga pada bagian bawah dapat diperoleh air bersih. Agar lebih memahami teknologi sederhana pemurnian air, ayo kita lakukan Aktivitas 10.2.

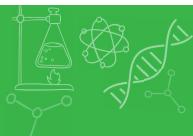


Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 10.2 Membuat Alat Pemurnian Air Sederhana

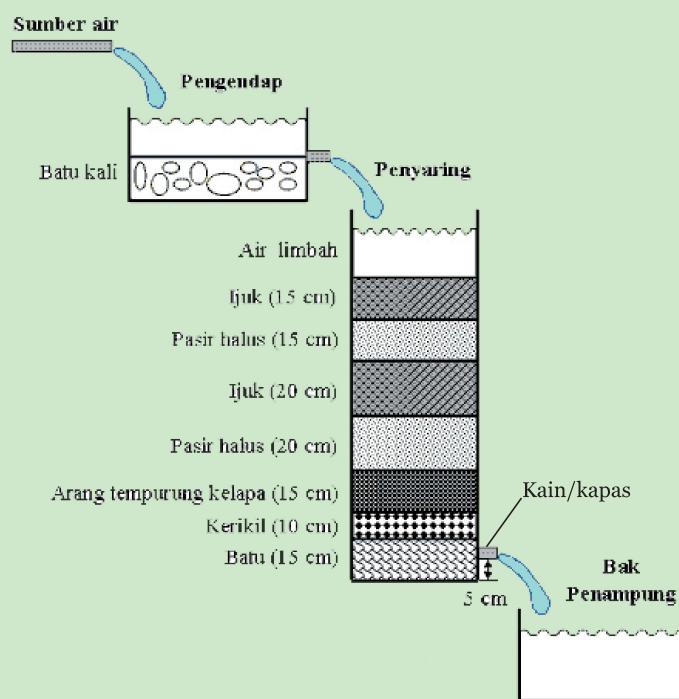
Apa yang kamu perlukan?

- 1 buah botol air minum ukuran besar (1 liter atau lebih)
- 2 gelas pasir
- 2 gelas kerikil



4. 1 gelas batu
5. Arang
6. Ijuk atau sabut kelapa
7. Kapas/kain
8. Tongkat bambu
9. Kawat
10. Waskom/wadah air
11. Karet gelang/tali
12. Air kotor

Perhatikan Gambar 10.21 untuk membuat alat pemurnian air sederhana.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.21 Skema Teknologi Pemurnian Air Sederhana

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Potonglah satu botol air mineral seperti pada Gambar 10.21.
2. Buatlah lapisan-lapisan bahan penyaring dengan cara memasukkan bahan-bahan ke dalam botol dengan urutan: batu → kerikil → arang tempurung kelapa → pasir halus → ijuk → pasir halus → ijuk. Agar lebih jelas coba perhatikan kembali Gambar 10.21!

3. Kamu dapat mengganti urutan-urutan lapisan bahan sesuai dengan kesepakatan kelompok.
4. Catatlah urutan-urutan lapisan yang kamu buat jika memang berbeda dengan petunjuk.
5. Pasang kapas atau kain pada bagian ujung botol, lalu ikat dengan karet atau tali.
6. Letakkan botol pada suatu penyanga.
7. Tuangkan air kotor ke alat yang sudah kamu siapkan. Amati air yang keluar dari alat tersebut.
8. Bandingkan kejernihan air yang keluar dengan air yang masuk.
9. Catatlah juga kecepatan dalam proses penyaringan. Kecepatan proses penyaringan dapat dihitung dengan membandingkan volume air yang tertampung dengan waktu tertentu (misalnya dalam waktu 15 menit).
10. Bandingkan kualitas air hasil saringan kelompokmu dengan kelompok yang lain.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

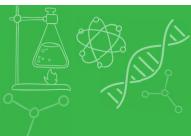
1. Bagaimana keadaan air pada saat dimasukkan ke dalam alat yang kamu buat dan pada saat ke luar dari alat tersebut? Coba kamu bandingkan! Gunakan data hasil pengamatan untuk memeroleh jawabannya!
2. Apakah kualitas air hasil kelompokmu berbeda dengan kelompok yang lain? Mengapa demikian?
3. Setelah membandingkan hasil percobaan kelompokmu dengan hasil percobaan kelompok lain, bagaimanakah hubungan kecepatan pemurnian air dengan kejernihan air yang dihasilkan?

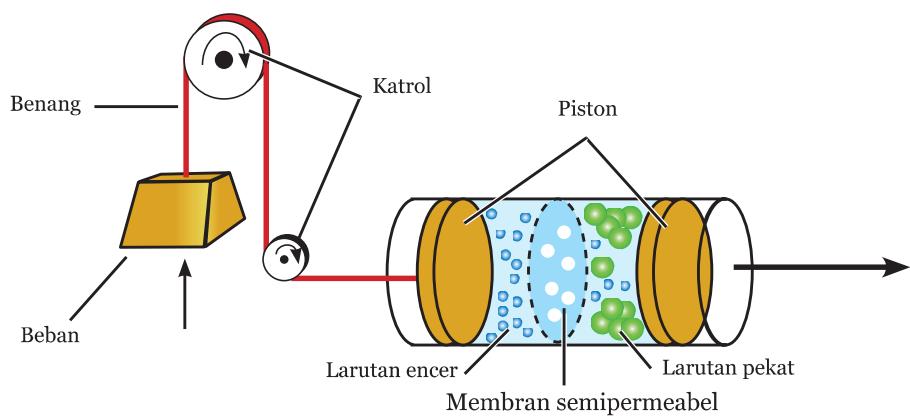
Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan?

2) Teknologi Osmosis Balik

Osmosis balik merupakan teknologi pemurnian air yang menggunakan prinsip kebalikan dengan prinsip osmosis. Osmosis balik menggunakan prinsip tekanan untuk mengatasi tekanan osmotik yang terjadi secara alami. Masih ingatkah kamu tentang konsep osmosis? Untuk mengingat kembali perhatikan Gambar 10.22 berikut!



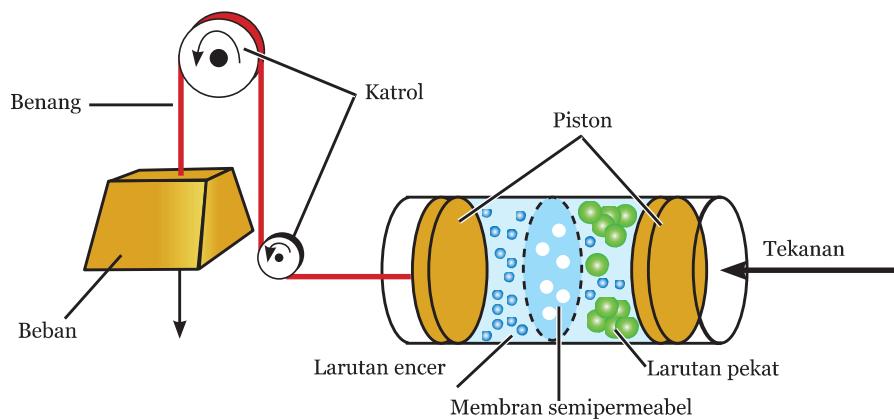


Sumber: Dok.Kemdikbud

Gambar 10.22 Set Percobaan Osmosis

Pada Gambar 10.22 terdapat sebuah tabung yang berisi larutan garam dan diberi sebuah pemisah membran semipermeabel. Membran semipermeabel adalah suatu membran yang hanya dapat dilewati oleh molekul tertentu, tetapi tidak dapat dilalui oleh zat lainnya. Contoh zat yang dapat melalui membran semipermeabel adalah air. Pada proses osmosis, pelarut (misalnya air) secara alami berpindah dari daerah yang memiliki konsentrasi zat terlarut (misalnya garam) rendah (encer) melalui suatu membran menuju daerah yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi (pekat). Pergerakan alami pelarut ini bertujuan untuk menyamakan konsentrasi zat terlarut pada kedua sisi bagian membran.

Perhatikan mekanisme osmosis balik pada Gambar 10.23 berikut! Pada osmosis balik, pelarut seperti air akan bergerak dari larutan yang pekat ke larutan yang encer.



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 10.23 Set Percobaan Osmosis Balik

Hal tersebut dapat terjadi karena adanya tekanan dari luar sehingga dapat membalik arah aliran secara alami. Adanya tekanan dari luar akan menyebabkan air dari larutan yang pekat mengalir ke arah larutan encer, sehingga dapat dihasilkan air yang tidak mengandung garam. Teknologi osmosis balik ini diterapkan dalam pembuatan air minum dari air laut, yakni dengan menghilangkan garam dan zat-zat lain yang tercampur dengan molekul air. Tahukah kamu di Indonesia pun sudah menerapkan teknologi ini? Di antaranya di daerah Bali dan Aceh.



Sumber: en.wikipedia.org

Gambar 10.24 Teknologi Osmosis Balik Skala Industri

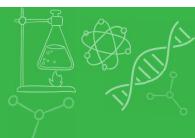
4. Teknologi Ramah Lingkungan Bidang Industri

Sebelumnya kamu sudah mempelajari berbagai contoh teknologi ramah lingkungan pada beberapa bidang. Apakah di bidang industri ada contoh teknologi yang ramah lingkungan? Agar kamu memahaminya pelajarilah materi berikut ini dengan semangat!

a) *Biopulping*

Biopulping adalah teknologi ramah lingkungan yang terinspirasi dari proses pelapukan kayu dan sampah tanaman oleh mikroorganisme. Proses pelapukan dilakukan secara alami oleh beberapa jenis mikroba dan jamur, sehingga sampah dari pohon-pohon yang telah mati akan kembali diserap oleh alam secara alami. Saat ini kendala besar yang dihadapi oleh para pemilik industri berbahan baku kayu seperti pabrik kertas adalah proses pengolahan limbah yang mengandung zat kayu (lignin) yang membutuhkan proses lama dan berbahaya terhadap kelestarian lingkungan sekitar. Biasanya limbah dari pabrik kertas akan diuraikan dengan menggunakan bahan kimia seperti soda api, sulfit, dan garam sulfida. Bahan kimia ini akan memberikan efek negatif jika digunakan secara terus menerus.

Terinspirasi dari kemampuan mikroba dalam proses pelapukan kayu, para ahli saat ini mulai mengembangkan proses pengolahan limbah dengan menggunakan mikroorganisme yang mampu



menguraikan lignin secara alami yang banyak ditemui secara bebas di alam. Contoh mikroorganisme yang digunakan yaitu dari jenis kapang (jamur) *Phlebia subserialis* dan *Ceriporiopsis subvermispora*. Perhatikan Gambar 10.25!



Sumber: (a) www.esf.edu, (b) photos.uc.wisc.edu

Gambar 10.25 Penggunaan Mikroorganisme untuk Menguraikan Kayu Secara Alami pada Teknologi *Biopulping*

