



EON

Epitome of Nature



**TS DR
NOR'AISHAH
HASAN**

SRIKANDI TEKNOLOGI

**OMEGA-3
PERANAN IKAN**

**MAKMAL
MEGA
PERANAN DALAM
BIOLOGI MOLEKUL**

**CANVA
MAKMAL
KOMPUTER MAYA?**

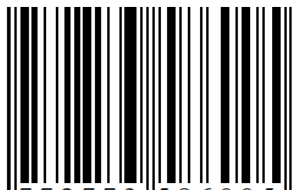
**TEKNOLOGI
PLASTIK
APAKAH KESANNYA?**

**RISK
MANAGEMENT IN
MICROBIOLOGY
LABORATORY**

**KENALI PENYAKIT
IKAN DALAM
MAKMAL**

**PLOGGING:
A NEW TREND IN
ENVIRONMENT?**

ISSN 2773-5869



9 772773 586005



Makalah Akademia

BIOLOGI MOLEKUL DAN MAKMAL MEGA

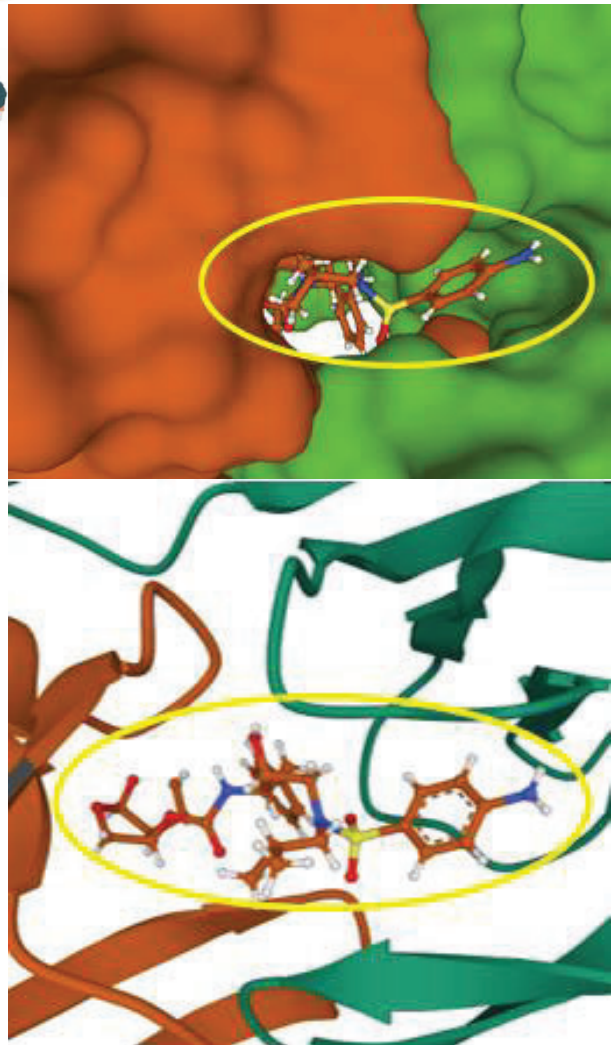
Oleh
DR AMIRUL ADLI ABD AZIZ

Pusat Pengajian Biologi, UiTM
Cawangan Negeri Sembilan, Kampus
Kuala Pilah, Pekan Parit Tinggi, 72000
Kuala Pilah, Negeri Sembilan

adliaziz@uitm.edu.my

EDITOR: DR AIDA SYAFINAZ MOKHTAR

Tanpa perkembangan dalam bidang ini, penyakit berjangkit yang sangat berbahaya seperti polio, cacar, demam campak, wabak bubonik dan sebagainya sudah tentu masih menjadi pembunuh utama masyarakat di zaman ini. Namun, pembangunan intervensi perubatan hasil daripada kajian bidang ini telah berjaya membasmi penyakit-penyakit ini di pelusuk dunia sehingga generasi zaman ini sudah tidak perlu risau akan ancaman penyakit tersebut lagi.



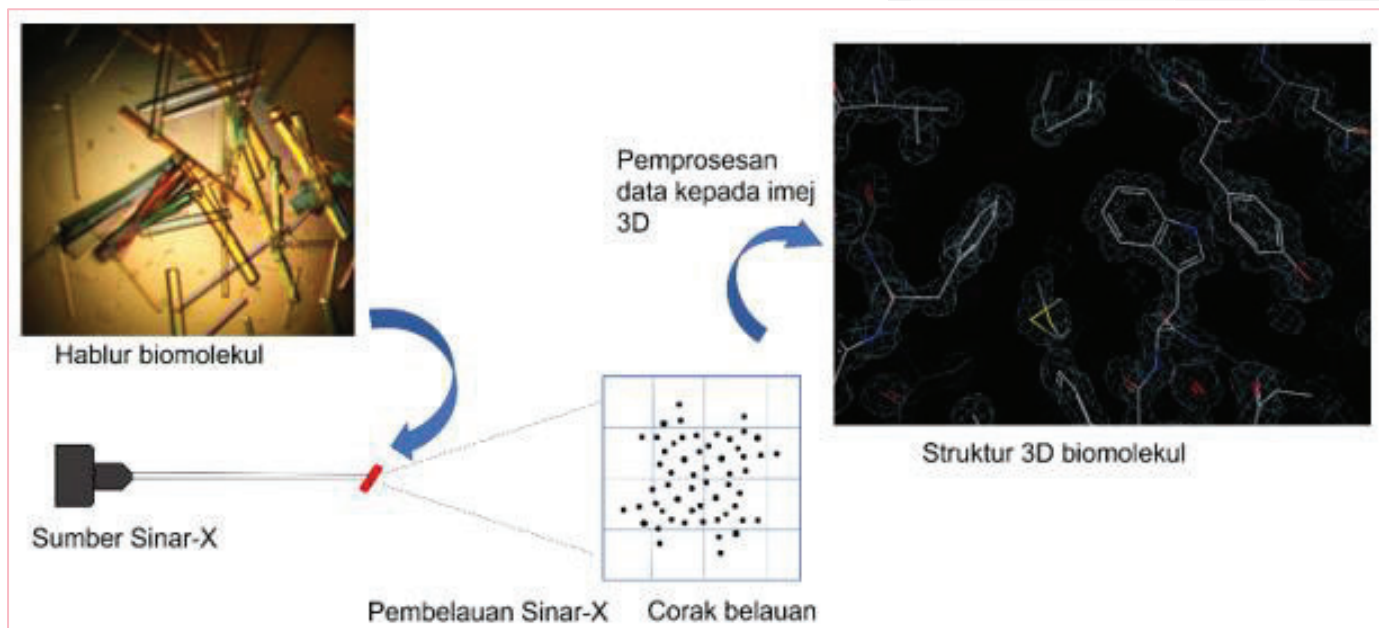
Gambar 1. Struktur 3D menunjukkan interaksi antara ubat antiviral *Darunovir* (bulatan kuning) dengan *HIV-1 Protease*, salah satu enzim utama dalam pembiakan virus HIV yang menjadi ejen wabak AIDS, hasil daripada eksperimentasi teknik pembelauan sinar-X. Gambar dihasilkan daripada Protein Databank (PDB) PDBID: 6DH3 menggunakan Mol*(WebGL).

Bidang kajian biologi

molekul telah menempa nama di institusi penyelidikan dan industri seluruh dunia berikutan keperluan tinggi terhadap penyelesaian masalah utama global saban hari. Daripada isu keselamatan makanan dan perubahan iklim kepada kesihatan umum dan pembangunan mampan, bidang ini mampu memberi pengetahuan yang dalam terhadap ilmu-ilmu asas yang berpotensi untuk diaplikasikan menerusi teknologi arus moden yang kemudiannya dapat memacu inisiatif penyelesaian masalah global.

Kepentingan Bidang Biologi Molekul

Pemahaman terhadap struktur dan interaksi antara biomolekul aktif mikroorganisma dan virus pembawa penyakit terhadap sasarannya di dalam tubuh manusia dapat membantu dalam merekabentuk molekul kecil yang boleh merencat aktiviti mikroorganisma tersebut, justeru menjadi salah satu cara penyelesaian untuk mengubati dan merawat sesuatu penyakit. Ubat-ubatan yang lazim digunakan seperti antibiotik, antikulat, antiviral dan vaksin berjaya merawat penyakit berjangkit tidak lain tidak bukan hasil daripada penghayatan dan eksplorasi ilmu dalam bidang biologi molekul.



Rajah 1. Prosedur asas Teknik Pembelauan Sinar-X, dimana hablur biomolekul (atas, kiri) yang terhasil dipancarkan dengan sinar-X untuk mendapatkan corak belauan yang kemudiannya diproses untuk mendapatkan struktur 3D biomolekul tersebut (atas, kanan).

SINAR-X DAN CABARANNYA DALAM KAJIAN BIOLOGI MOLEKUL

Antara satu cabang kecil dalam bidang biologi molekul adalah kajian terhadap struktur biomolekul untuk memahami fungsi dan interaksi molekul tersebut. Biomolekul seperti DNA, enzim, karbohidrat dan sebagainya menjadi tunjang utama kajian di mana fungsi biomolekul ini dapat diketahui melalui pemahaman terhadap struktur, interaksi, ciri-ciri permukaan, pergerakan dan dinamik biomolekul tersebut. Namun, bagaimana caranya untuk kita melihat dan menganalisa sesuatu yang amat kecil dan bersaiz atomik yang tidak dapat dilihat dengan mata kasar? Malah saiz molekul-molekul ini di dalam skala nanometer sehinggakan mikroskop cahaya juga tidak mempunyai kebolehan untuk melihatnya.

Maka, perkembangan di dalam teknologi sinar-X telah digunapakai untuk mengatasi masalah ini. Apabila biomolekul tersebut dapat disusun dengan rapi dalam bentuk hablur dan dikenakan sinar-X, jarak antara atom-atom di dalam molekul tersebut berpadanan dengan jarak gelombang sinar-X, maka akan berlaku satu fenomena iaitu pembelauan sinar-X. Pembelauan sinar-X oleh hablur biomolekul ini akan menghasilkan corak yang tertentu dalam bentuk susunan titik atau “bayang-bayang” yang mempunyai maklumat mengenai susunan-susunan atom dalam molekul tersebut.

Melalui pemrosesan data belauan dan pengiraan matematik yang kompleks, titik-titik ini tadi kemudiannya diolah dan diproses menghasilkan struktur tiga dimensi molekul tersebut untuk analisa selanjutnya. Pada permulaan penggunaan teknologi pembelauan sinar-X ini, instrumen berskala kecil yang dibangunkan mampu dimuatkan di dalam makmal bersaiz sederhana. Instrumen ini menggunakan katod kuprum sebagai generasi pertama sumber radiasi sinar-X untuk dikenakan ke atas sampel hablur biomolekul tersebut.

Walaupun bagaimanapun, penggunaan sumber radiasi berskala kecil ini adalah terhad kepada sinar-X yang tidak begitu kuat, maka corak belauan yang terhasil kurang berkualiti. Namun, melalui kemajuan ilmu fizik radiasi dan bidang kejuruteraan bahan, sumber radiasi sinar-X kini telah memasuki generasi kedua dan ketiga, dengan tertubuhnya makmal-makmal mega berteknologi tinggi.

MAKMAL MEGA BERTEKNOLOGI TINGGI

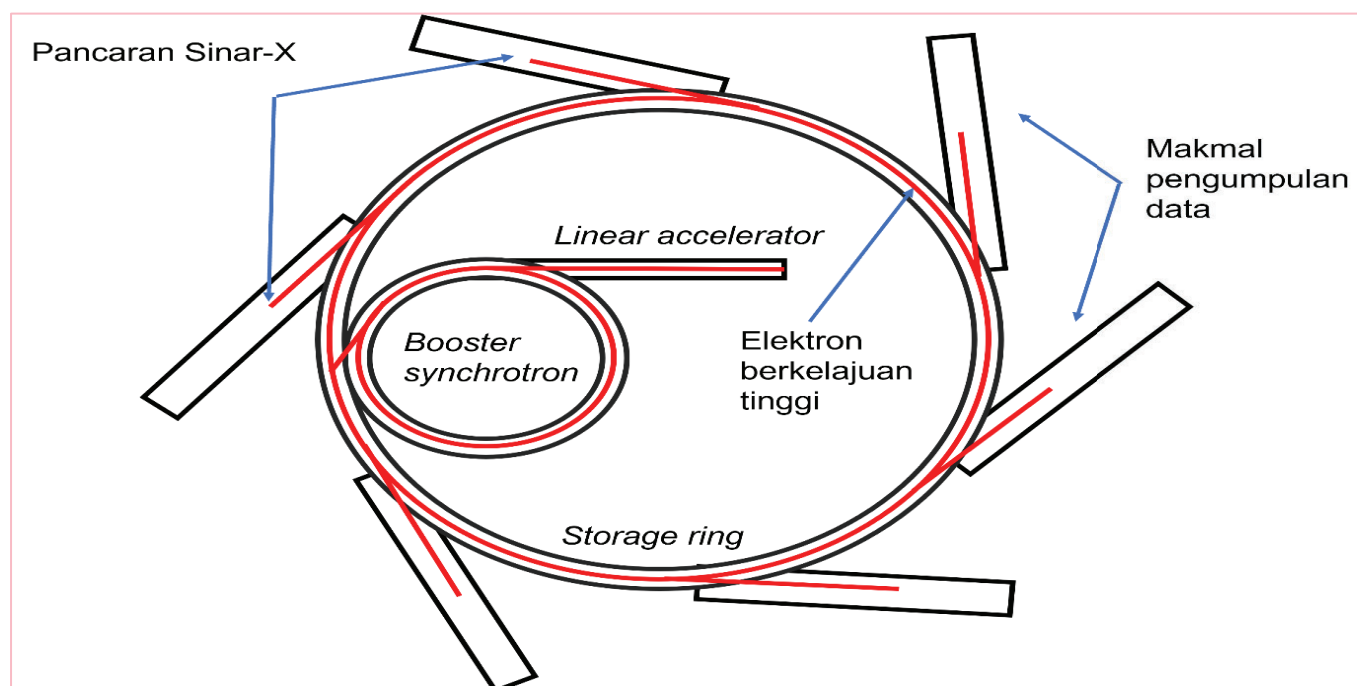
Synchrotron adalah makmal mega berbentuk cincin yang mengandungi pemecut zarah yang mampu menghasilkan sinar-X yang lebih kuat dengan panjang gelombang yang boleh diubah mengikut keperluan eksperimen. Tiga struktur utama sebuah synchrotron adalah *Linear Accelerator (Linac)*, *Booster synchrotron* dan *Storage Ring*.

Linac mempunyai sebuah *electron gun* untuk menghasilkan pancaran elektron yang akan ditujukan kepada *Booster synchrotron* untuk ditambahkan pecutan sehingga mencapai tenaga sehingga 6 billion *electron volt* (GeV) sebelum disuntik ke dalam *Storage Ring*. Sepanjang pecutan elektron bertenaga tinggi di dalam *Storage Ring* ini, terdapat magnet-magnet besar yang membengkokkan trajektori elektron dan dihantar ke *undulator* untuk penghasilan sinar-X yang padu ke makmal-makmal sekeliling storage ring tersebut. Makmal-makmal ini adalah tempat di mana hablur biomolekul ini diletakkan ke dalam instrumen yang akan memancarkan sinar-X dari *Storage Ring* tadi ke sampel untuk pengumpulan data pembelauan sinar-X. Makmal ini juga dilengkapi dengan komputer dan pengkalan data berkuasa tinggi bagi pemprosesan data yang dikumpul untuk menghasilkan struktur tiga dimensi biomolekul yang dikaji. Terdapat beberapa makmal mega berupa synchrotron ini di serata dunia yang melibatkan kajian pelbagai bidang yang bertujuan untuk menyelesaikan isu-isu utama zaman ini. Antara yang terkenal adalah *European Synchrotron Radiation Facility* (ESRF, Perancis), *Advance Photon Source* (APS, Amerika Syarikat), *Super Photon ring-8* (SPring8, Jepun) dan *Diamond Light Source* (DLS, United Kingdom).

Selain daripada bidang sains hayat, penyelidik daripada bidang lain-lain seperti sains bahan, sains persekitaran, sains kimia serta pengamal industri turut boleh menjalankan kajian mereka menggunakan sumber radiasi synchrotron ini. Pembangunan makmal-makmal mega ini telah banyak menyumbang kepada perkembangan ilmu-ilmu asas mengenai sains hayat yang menjadi rujukan utama dalam pembangunan ubat-ubatan serta langkah-langkah menangani dan merawat penyakit, bukan sahaja kepada manusia sejagat malah juga untuk tumbuh-tumbuhan dan haiwan dalam memastikan kelangsungan hidup dan kesejahteraan ekosistem.

GENERASI BARU SUMBER RADIASI SINAR-X

Kemajuan pesat dalam penambahbaikan instrumentasi pembelauan sinar-X telah memberi laluan kepada kemunculan sumber radiasi sinar-X generasi baru yang dinamakan *X-ray Free Electron Laser* (XFEL). Sumber ini mengadaptasikan teknologi laser di mana sinar-X yang terhasil lebih koheren dan boleh difokuskan sehingga sepuluh magnitud lebih kuat daripada sumber radiasi generasi sebelumnya.



Rajah 2. Struktur binaan asas sebuah synchrotron dimana elektron dipancarkan oleh *Linac* kepada *Booster synchrotron* menghasilkan elektron berkelajuan sangat tinggi ke dalam *Storage ring*. Apabila trajektori elektron ini diubah menggunakan magnet di *storage ring*, sinar-X akan terhasil dan dipancarkan ke makmal-makmal pengumpulan data.



Diamond Light Source (DLS)
Oxford, United Kingdom
Ukur lilit: ~560m



Advance Photon Source (APS)
Illinois, Amerika Syarikat
Ukur lilit: ~1104m



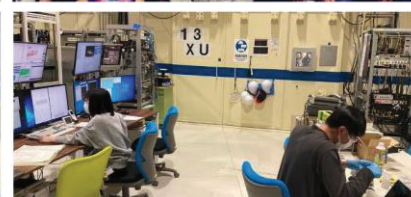
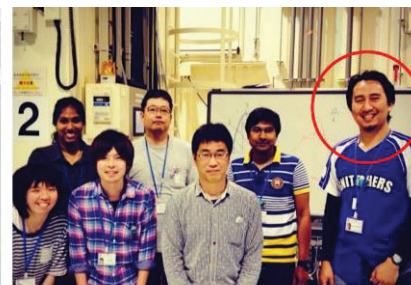
Super Photon ring-8 (SPRING-8)
Hyogo, Jepun
Ukur lilit: ~1436m

Gambar 2. Antara contoh makmal mega synchrotron yang berteknologi dan berkeupayaan tinggi dalam menyediakan perkhidmatan sinar-X bagi kegunaan pelbagai bidang sains dan industri merentas sempadan. Kredit: Google Maps

Selain itu, sinar-X yang terhasil juga mampu mengambil data dalam ruang masa femtosaat ($1/1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$ saat!!), di mana kajian berasaskan masa yang sangat singkat seperti aktiviti enzim, dan pergerakan atom dalam molekul dapat dianalisa dengan mudah lalu memberi laluan kepada penyelidikan asas yang berkeupayaan menjawab soalan-soalan utama dalam menyelesaikan masalah dunia. Antara institusi yang dilengkapi dengan teknologi ini adalah SACLA-XFEL di SPRING8, LCLS di APS dan European XFEL.

PROSPEK MASA DEPAN

Kita telah lihat bagaimana kemajuan teknologi seiring dengan penghayatan ilmu telah membuka jalan kepada pembinaan makmal-makmal mega ini yang dilengkapi dengan instrumen yang sangat besar dan canggih. Sumber radiasi sinar-X generasi terbaru, XFEL, sangat berpotensi untuk diaplikasikan dalam kajian daripada pelbagai bidang justeru menggalakkan penyelidikan merentas sempadan dalam usaha mencari inisiatif baru untuk membina masa depan yang aman dan sejahtera untuk manusia dan alam sejagat.



Gambar 3. Kiri, atas dan bawah; Makmal SACLA-XFEL (petak kuning) yang terletak di perkarangan yang sama dengan SPRING8, Hyogo, Jepun. Kanan, atas; Dr. Muadz Ahmad Mazian (bulatan merah), Pensyarah Kanan Biologi, UiTM Kampus Kuala Pilah sewaktu keberadaannya sebagai penyelidik di sana. Kanan, bawah; Suasana harian di dalam makmal semasa pengumpulan data dilakukan. Kredit: Google Maps dan Dr. Muadz Ahmad Mazian.

RUJUKAN

1. Lockbaum, G.J., Leidner, F., Rusere, L.N., Henes, M., Kosovrasti, K., Nachum, G.S., Nalivaika, E.A., Ali, A., Yilmaz, N.K., & Schiffer, C.A. (2019) Structural Adaptation of Darunavir Analogues against Primary Mutations in HIV-1 Protease. *ACS Infectious Diseases*. 5 (2), 316-325.
2. Ishikawa, T. (2019) Accelerator-based X-ray sources: synchrotron radiation, X-ray free electron lasers and beyond. *Phil. Trans. R. Soc. A*.3772018023120180231.
3. Huang, N., Deng, H., Liu, B., Wang, D., & Zhao, Z. (2021). Features and futures of X-ray free-electron lasers. *The Innovation*. 2. 100097.

Nota: Dr. Amirul Adli bin Abd Aziz juga merupakan ahli aktif BioMECs, salah satu Special Interest Group (SIG) di UiTM Cawangan Negeri Sembilan, Kampus Kuala Pilah.