

Perspektif Nano Science Dalam Ilmu Hayati

(The whole is greater and smarter than the sum of the parts)

Sutiman B. Sumitro

Guru Besar Biologi Sel
Jurusan Biologi, Fakultas MIPA,
Universitas Brawijaya
sutiman@ub.ac.id

Ringkasan

Dalam dekade belakangan mulai terasa bahwa dunia tempat hidup kita semakin tidak dapat diramalkan, pendekatan pemikiran linier yang selama ini diandalkan terasa tidak lagi efektif. Berbagai kejadian seperti munculnya penyakit baru, cara penyebaran penyakit, resistensi mikroba dan hama terhadap antibiotik dan pestisida, gempa bumi, pemanasan global, fenomena-fenomena semacam lumpur Lapindo maupun efek samping dari setiap penerapan teknologi yang bersifat antroposentrik telah menunjukkan bahwa alam sesungguhnya tidak sesederhana yang dipikirkan. Pemahaman yang lebih baik terhadap fenomena alam, ternyata justru semakin menyadari bahwa alam adalah misterius dan bersifat non linear, yang tidak dapat dipahami hanya dengan pendekatan disiplin ilmu seperti yang selama ini dilakukan oleh banyak pemikir di Universitas maupun lembaga penelitian ilmiah. Alam menunjukkan adanya fenomena (emergent) berbeda di setiap jenjangnya ketika diamati oleh manusia. Setiap jenjang ukuran memiliki pola dan partisipan interkoneksinya masing-masing. Hukum dan penampakannya pun tidak sam, mulai dari jenjang subatomic sampai dengan kejadian-kejadian dengan partisipan berupa benda dan gaya di luar angkasa. Hal ini membuat pihak merasakan perlunya memiliki pemikiran baru agar tidak salah dan tersesat ketika memahami dan berimajinasi tentang fenomena alam.

Kritik terhadap pandangan reduksionistik dalam Ilmu Hayati

Dalam kurun decade-dekade terdahulu, konsep-konsep teknologi hayati seperti pertanian, perikanan, kedokteran, dan teknologi pangan umumnya dikembangkan dengan cara berfikir analitik melalui kajian dengan melakukan penyederhanaan obyek penelitian. Ilmu statistik sering digunakan untuk ramalan dan menumbuhkan kepercayaan akan terjadinya sesuatu sebelum terjadi (reliabilitas). Manusia juga belajar untuk memilah bagian demi bagian (analisis) untuk dapat memahami sebuah fenomena. Dalam kurun tiga abad lebih manusia percaya diri untuk melakukan perencanaan, peramalan serta analisis. Muncul pula proses berfikir yang berbasis hubungan sebab-akibat dan mengenal standar ukuran yang secara kuantitatif maupun kualitatif diusahakan dapat dicatat, diukur dan diperbandingkan dengan mengembangkan konsep akurasi dan ketelitian. Cara ini dirasakan kurang memadai ketika dihadapkan pada kenyataan bahwa sistem kehidupan ternyata sangat-sangat kompleks dan tidak dapat sert-merta disederhanakan. Makhluk hidup dan sistem hidup memiliki keragaman yang tidak terhingga, cerdas melakukan perubahan dan responsif terhadap setiap induksi dari luar sistem. Setiap jenjang sistem organisasi

melakukan mekanisme perubahan yang dalam banyak hal tidak mudah diprediksi. Di sekeliling dan di dalam diri kita ada kompleksitas dan keragaman yang selalu berubah. Fenomena kematian, kemunculan dan pembaharuan, keteraturan dan kekosongan, pertumbuhan dan degradasi sampai saat ini masih sangat misterius dan susah dipahami dengan cara analitik dengan logika linier. Pola-pola struktural maupun fungsional yang terlihat selain kompleks juga sangat variatif. Fenomena kompleks dan beragam ini bekerja dalam kaidah-kaidah biologis ternyata tidak sederhana dan linier hanya mengikuti hukum dan asas kimiawi maupun fisikawi secara parsial.

Biologi sebagai ilmu empiris, melakukan pengembangan konsep melalui cara analisa dan penyederhanaan dimulai ketika ditemukan mikroskop untuk mengamati bagian tubuh terkecil yang disebut sel. Saat ini disadari bahwa komponen subseluler seperti protein, membrane, DNA ternyata mengandung kecerdasan yang tidak dapat dipikirkan dengan cara Newtonian. Makhluk hidup memang menunjukkan gejala dualistik: ada gerakan yang dapat diukur kecepatannya atau percepatannya, ada ukuran berat, besaran, gaya tarik dan mekanik, osmosis, namun kenyataannya hubungan besaran dengan proses tempat dan ukuran benda sering tidak bersifat linier. Kecerdasan yang dimaksud ternyata ada di tingkat molekul penyelenggara proses hidup di dalam sel seperti protein, DNA, RNA. Mereka tahu apa yang dilakukan, dengan siapa, kapan dan dimana harus bekerja. Di tingkat organisme burung Maleo yang ukuran tubuhnya jauh lebih kecil dari ayam memiliki telur yang jauh lebih besar dari ayam. Lubang kepompong untuk keluarnya kupu sangat-sangat kecil dibandingkan ukuran kupunya, sehingga seolah seperti tidak mungkin keluar dari kepompong. Ikan Salmon yang mengembara di laut mengenali dan balik kembali ke tempat kelahirannya di hulu sungai dengan cara melawan arus untuk berpijah dan beranak serta mati. Biji yang berkecambah menghasilkan bagian akar yang selalu tumbuh menuju pusat bumi, sedangkan bagian pucuk tumbuh ke atas. Di tingkat ekosistem kecerdasan terlihat melalui fenomena suksesi dari setiap kerusakan akibat dari pencemaran maupun bencana alam.

Pandangan Nano Sain dalam Ilmu Hayati

Pendekatan Nano Science adalah pendekatan baru di bidang ilmu hayati yang sering juga disebut Nano Biologi. Pandangan ini menitik beratkan pada ukuran materi biologis yang bekerja aktif pada skala di bawah 100 nm. Obyeknya berupa protein, DNA, RNA ataupun lipid dan karbohidrat yang umumnya berupa makromolekul kompleks. Bedanya dengan pembicaraan di bidang Biokimiawi, adalah adanya perspektif Fisika Modern. Nano Science pada awalnya adalah bidang kajian Material Science yang sarat dengan pemikiran berbasis Fisika Modern. Pemanfaatan konsep-konsep Fisika Modern dengan ilmu-ilmu hayati yang selama ini tidak pernah ada atau sangat jarang diajarkan di kalangan akademisi. Forumnya terpisah dengan jenis kompetensi yang amat berbeda sehingga jarang berkomunikasi. Di dalam bidang Ilmu Hayati misalnya, Kedokteran penggunaan Fisika Modern memang sudah sangat populer, namun hanya sebatas untuk pengembangan alat diagnosis (CT Scan, MRI, Ultrasonografi dll), namun masing-masing tetap pada *body of knowledge*-nya masing-masing. Ilmu-ilmu hayati yang memiliki obyek kompleks dan awal perkembangannya merupakan bidang kajian diskriptif, tetap sarat dengan bahasan ilmiah yang bersifat *Newtonian* dan cenderung tidak memanfaatkan Fisika Modern yang perkembangannya sesungguhnya sangat luar biasa.

Pemikiran Nano Biologi, dengan memasukkan Fisika Modern ini, terbukti dapat menggerakkan berbagai pemikiran yang selama ini tidak pernah ada. Benefit dari cara pandang ini adalah kemampuan memahami mekanisme kerja alam seperti apa adanya yang selama ini

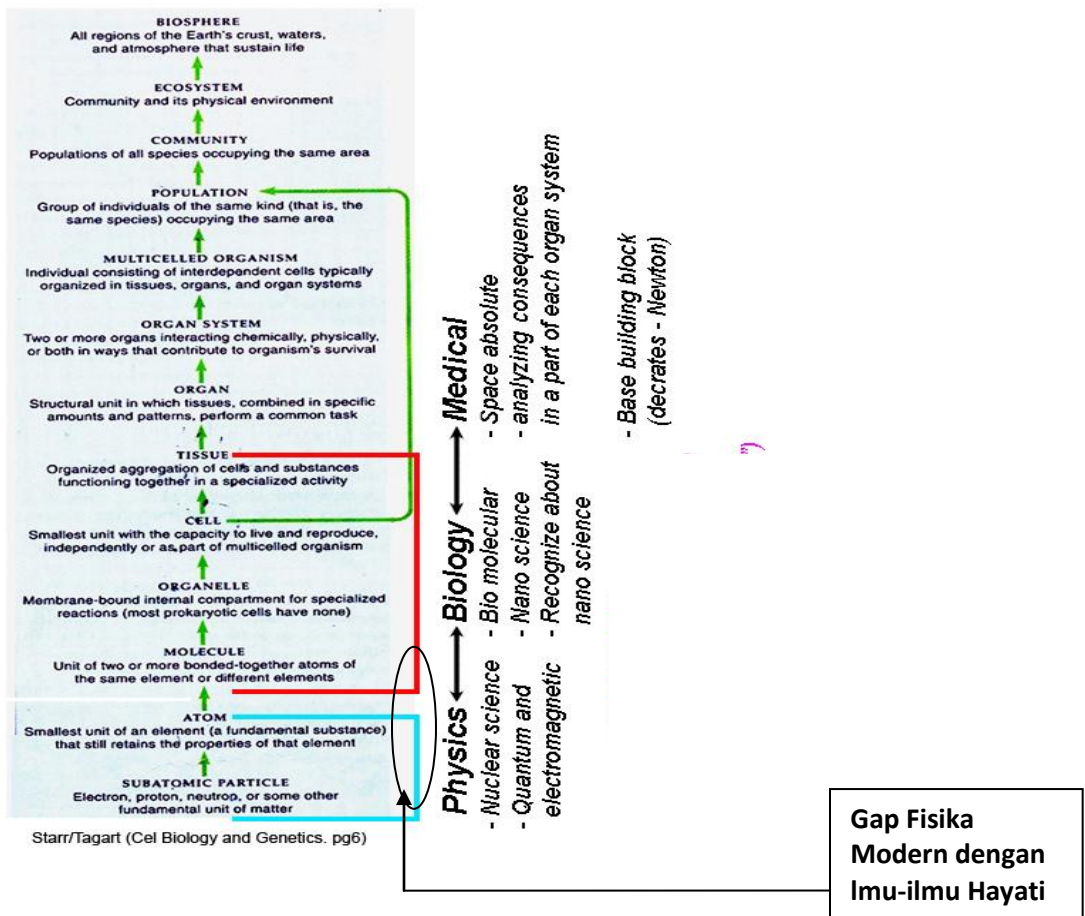
terabaikan dan tersederhanakan (efek cara pandang reduksionistik). Banyak hal seperti aliran darah, cara menembus sel darah merah ke relung-relung antara sel yang jauh lebih sempit dari ukurannya, dan banyak hal lain yang tidak dapat terpikirkan ketika hanya memakai pemikiran Newtonian.

Memahami molekul cerdas dalam sistem biologi

Molekul-molekul tersebut berupa protein, DNA, RNA, asam lemak. Dalam konsep Biologi Sel, molekul-molekul ini memiliki kecerdasan (smart) artinya mereka tahu kapan, dimana, dan dengan siapa ketika menjalankan fungsinya. Kecerdasan ini terkait dengan struktur molekul dan posisi atom-atomnya. Partner berbeda akan menghasilkan kegiatan dengan tujuan dan proses yang berbeda. Secara ilmiah fungsi kompleks molekul ini tidak cukup dibahas dengan hukum kimia (biokimia) namun juga harus melibatkan konsep fisika modern.

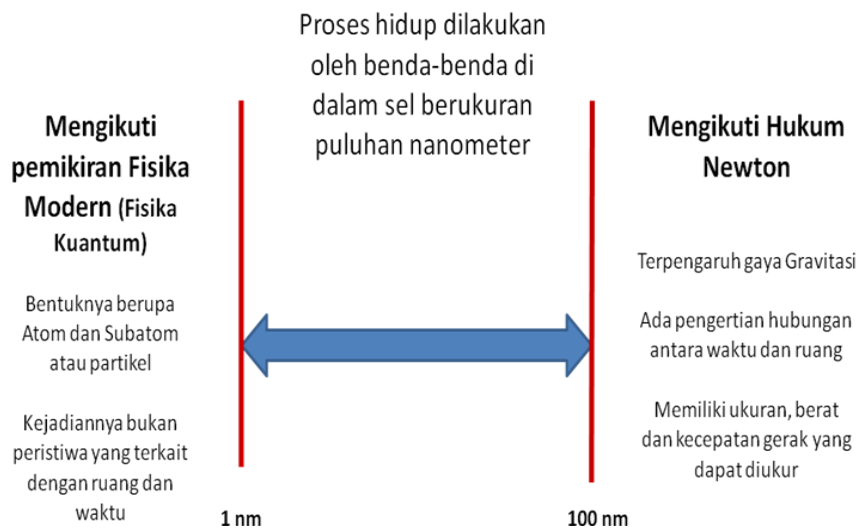
Biologi sebagai ilmu empiris dengan obyek makhluk hidup dengan fenomena kompleks, memang sejak awal pertama dikembangkan sampai dengan dekade terakhir, tidak pernah memasukkan bahasan berperspektif Fisika Modern. Di sinilah "gap" tersebut yang menyebabkan bahasan di bidang Ilmu Hayati berhenti di konsep Newtonian seperti tersebut di atas. Pada hal jelas bahwa sistem Biologi di jenjang atom dan subatom adalah ranah Fisika Modern. Proses hidup di dalam sel diselenggarakan oleh kompleks molekul yang ukuran struktur fungsionalnya puluhan nano meter.

LIFE'S ORGANIZATION



Mekanisme kerja makromolekul-makromolekul cerdas tersebut pada tataran energi bekerja pada skala di bawah 10 mV dan medan gaya magnetik berukuran beberapa puluh Gauss. Dengan demikian dalam nano Biologi, semua hal bila ingin dibuat ramah ke dalam system biologi harus diatur agar dapat berada pada tataran energy yang selevel sehingga dapat berkomunikasi. Perbedaan tataran energy inilah yang sering memunculkan masalah karena akan muncul miskomunikasi. Umumnya di alam, senyawa-senyawa dalam keadaan kompleks dan sudah memiliki tujuan penciptaannya dengan tataran energi selevel. Di dalam sains selama ini alam dipelajari dengan logika analitik (dipilah, diisolasi dan dikarakterisasi dalam bentuk komponennya berupa senyawa tunggal). Selanjutnya senyawa tunggal tadi dianggap bioaktif dengan target spesifik, yang sesungguhnya belum pernah ditakar mekanismenya alamiahnya. Semua hal bila dipisahkan dari kompleks alamiahnya cenderung berenergi tinggi dengan sasaran yang tidak spesifik, untuk itulah obat herbal mustinya lebih baik. Masalahnya obat herbal dan bahan alam tidak mudah distandarisasi dan ditakar sehingga tidak dapat memenuhi kaidah metodologi ilmiah dengan baik dan lebih lanjut susah diperdagangkan dalam industri Farmasi.

Bahasan tentang fenomena kelistrikan, magnetik, resonansi gelombang, transfer elektron pada obyek hidup merupakan bahasan yang harus dilakukan. Sudut pandang Nano Sains dengan obyek kajian berskala 1 sampai 100 nanometer, membawa pada ranah bafikir yang mendayamanfaatkan diskusi-diskusi Fisika Modern untuk fenomena magnetik, sistem transfer partikel subatomik sampai dengan konstelasi posisi atom terkait struktur senyawa kompleks. Kinerja enzim, DNA dan molekul-molekul kompleks lainnya, dapat lebih secara komprehensif didiskusikan dalam nuansa holistik melalui sintesa pemikiran berbasis karakter komponen-komponen tunggalnya setelah dianalisis dan diketahui sifat-sifatnya. Harapan ke depan, pandangan Nano Science ini amat berguna dalam memberikan nilai tambah bagi cara berfikir reduksionistik-analitik yang selama ini merupakan cara mengembangkan pengetahuan dalam bidang yang terkait kehidupan termasuk lingkungannya.



Simpulan:

Alam adalah teknologi sempurna, manusia ketika mencoba memahaminya dengan cara analisis dan reduksionistik menghasilkan teknologi berperspektif parsial, kontekstual dan antroposentrik. Nano Science di bidang Ilmu hayati memberikan peluang untuk membangun konsep teknologi yang lebih holistik dan alamiah. **“The whole is greater and smarter than the sum of the parts”**