

Studi Literatur Review : Integrasi Kurikulum Pembelajaran Cerdas Biosensor Menggunakan Teknologi *Internet of Things*

Ike Yuni Wulandari
Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio

Program Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Indonesia
ikeyunipp@gmail.com, ikeyuni@unnur.ac.id

Lukman Medriavin Silalahi
Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana

Ema
Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio

Muhtar
Fakultas Teknik
Universitas Tanri Abeng

Narwikant Indroasyoko
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengembangan teknologi biosensor di era industri 4.0 guna memperluas wawasan siswa dalam pengembangan kerjasama antar bidang keilmuan. Metode yang digunakan berdasarkan studi *literature review* ini mencari kutipan tentang aplikasi biosensor dan pemanfaatannya, pentingnya teknologi digitalisasi, *internet of things* dan *big data* untuk pengembangan analisis biosensor sehingga dapat menciptakan produk inovatif secara berkelanjutan dan ringan secara finansial. Kajian analisis ini menghasilkan temuan penting bahwa perlu dilakukan kolaborasi kurikulum bidang teknik, kesehatan dan bidang keilmuan lain sehingga siswa dapat memahami interkoneksi konten antara disiplin ilmu yang berbeda terkait *smart learning biosensor* dan menerapkan pembelajaran mereka ke lingkungan industri.

Kata kunci - *teknologi biosensor; integrasi kurikulum; pembelajaran cerdas biosensor; Internet of Things*

1. PENDAHULUAN

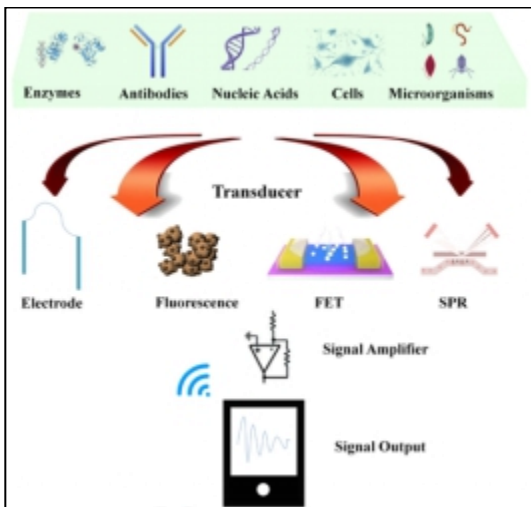
Pendidikan teknik telah merespon perubahan di bidang teknologi dan kebutuhan industri dengan cepat untuk menyesuaikan program kurikulum yang dirancang, sehingga kurikulum dapat menjembatani kesenjangan antara program pendidikan dan hasil yang diharapkan. Teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dapat digunakan untuk mengidentifikasi kurikulum yang diperlukan secara efektif, salah satunya adalah pemanfaatan di bidang *Internet of Things* (IoT) [1]. Baru-baru ini implementasi konsep IoT dan *big data* telah mendorong biosensor memasuki tahap baru, dan telah diterapkan di berbagai bidang, misalnya dalam bidang ketahanan

pangan, perawatan kesehatan, diagnosis penyakit, pemantauan lingkungan, keamanan hayati dan juga untuk menjembatani antara akuisisi data dan analisis data [2]. Pada [3] telah melakukan penelitian terkait hubungan antara universitas dan industri yang sering menjadi fokus sistem inovasi dan kebijakan teknologi. Hasilnya menjelaskan bahwa aplikasi praktis telah memotivasi pengembangan program penelitian terutama di sektor bioteknologi karena penelitian ilmiah dalam disiplin ilmu mengandung aspek penyelidikan dasar yang menghasilkan suatu penemuan dan aplikasi praktisnya. Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan memperkenalkan kemajuan terbaru bidang biosensor yang meliputi pembahasan aplikasi biosensor dan teknologi IoT dalam beberapa tahun terakhir.

1.1 Biosensor

Pada prinsipnya, biosensor terdiri dari tiga bagian penting yaitu komponen biologi, transducer dan alat pembaca biosensor. Komponen biologi berfungsi sebagai sensor elektroaktif yang berperan pada reaksi setengah sel elektrokimia sehingga potensial yang ditimbulkan menjadi sensitif dan selektif terhadap ion tertentu. Sedangkan alat pembaca biosensor ini merupakan sinyal processor elektronik yang berfungsi menampilkan hasil dalam bentuk sinyal dan sudah banyak digunakan dalam aplikasi sensor, tetapi sensitivitasnya harus diperhatikan karena merupakan instrumen yang peka terhadap zat biologis yang dapat mengubah konsentrasi menjadi sinyal deteksi. Hal ini memerlukan perhatian khusus karena memegang peranan yang sangat penting saat merancang biosensor [4][5].

Secara skematis bagian dari biosensor terdiri dari bahan sensitif sebagai elemen *biorecognition*, elemen transduser fisik atau kimia, transmisi sinyal dan elemen penguat, yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Biosensor secara umum

Pengklasifikasian biosensor berdasarkan jenis unit transdusernya adalah sensor bioelektroda, biosensor semikonduktor, biosensor termal, biosensor foto dan biosensor kristal piezoelektrik. Biosensor berdasarkan jenis elemen identifikasinya dapat dibedakan menjadi sensor enzim, sensor asam nukleat, sensor mikroba, sensor sel, sensor jaringan dan sensor imun. Sedangkan biosensor berdasarkan jenis elemen pengenalan dapat dibedakan menjadi bioafinitas biosensor, biosensor metabotropic dan biosensor katalitik [6][7]. Aplikasi biosensor meningkat seiring dengan kemajuan teknologi, tetapi secara umum masih didominasi untuk bidang medis dan lingkungan hidup. Pada aplikasi komersial skala besar, transducer biosensor telah ditawarkan yang meliputi biosensor serat optik, biosensor termal, biosensor elektrokimia, piezoelektrik, biosensor semikonduktor, biosensor massa dan akustik. Dan di pasar global, perusahaan besar yang dikenal memegang peranan di bidang biosensor adalah Bayer, Johnson & Johnson, Abbott, Siemens Medical, Medtronic dan Roche.

Peneliti biosensor berpendapat bahwa penggunaan teknologi biosensor dapat menghemat biaya untuk menguji kontaminan makanan, mendiagnosis masalah kesehatan manusia, mengontrol proses biologis manusia, deteksi dini penyakit menular, pengobatan penyakit kronis, memantau respon tubuh terhadap penyakit saat perawatan dan lainnya [8]. Salah satu aplikasi biosensor di bidang kesehatan adalah pemanfaatan kebutuhan konsumen sebagai indikator detak jantung meskipun gagal mendeteksi penanda biofisik sehingga perlu dilakukan upaya pengembangan biosensor lebih lanjut [9][10].

1.2 Internet Of Things

Popularitas teknologi telah meningkat pesat, dan menyadarkan konsumen akan pentingnya kesehatan dan kebugaran, didukung dengan peningkatan penggunaan smartphone dan teknologi internet mengakibatkan biosensor mendapatkan perhatian yang cukup besar [11]. Teknologi biosensor dapat dihubungkan dengan komunikasi data berbasis *deep learning* untuk mengirimkan informasi pada platform smartphone atau terminal cerdas lainnya. Fleksibilitas, hemat daya, keandalan yang tinggi, perlindungan keamanan dan biaya rendah merupakan keuntungan pemanfaatan teknologi nirkabel yang berfokus pada adopsi pasar massal misalnya, Bluetooth, rfid, wi fi dan Zigbee [12] [13][14].

Saat ini, teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan *big data* untuk mendorong kemajuan bidang kesehatan telah mengimplementasikan *Artificial Intelligent* di bidang biosensor untuk menghadapi peluang dan tantangan barunya. Teknologi masa depan telah memperkenalkan inovasi material, elemen biorecognition, pemrosesan data, akuisisi sinyal dan transportasi, telah banyak dibahas sebagai masa depan biosensing. Beberapa manfaat teknologi IoT di bidang kesehatan di antaranya adalah untuk mendeteksi radang sendi melalui deteksi gerakan tubuh manusia pada platform *big data* [15]. Saat pandemi sekarang ini, teknologi biosensor juga dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi adanya corona virus melalui diagnostic molekuler pada platform *deep learning* [16]. Di bidang keamanan pangan, teknologi biosensor dapat dimanfaatkan dengan cara mengidentifikasi *smart food* pada platform *cloud computing* [17].

Setelah mengetahui pengembangan teknologi terkait IoT, dapat disepakati bahwa kesehatan merupakan aspek utama kehidupan dan menentukan kualitas hidup karena orang yang sehat lebih produktif dan secara langsung mempengaruhi peningkatan perekonomian. Berbagai solusi konektivitas nirkabel yang dikembangkan dapat memberikan IoT kemampuan untuk berkomunikasi satu sama lain dengan mudah dan menjadi sistem kesehatan yang berpusat pada pasien yang cerdas dan untuk menyediakan layanan kesehatan yang lancar bagi semua orang [18].

1.3 Kurikulum Pembelajaran

Istilah kurikulum memiliki beberapa definisi, salah satunya menyatakan bahwa kurikulum merupakan suatu permasalahan yang harus dikembangkan, dianalisis dengan cermat yang memerlukan perencanaan dan koordinasi yang tepat, dinilai dari empat sudut pandang yang paling umum

mengenai permasalahannya yaitu tujuan, isi, metode dan evaluasi [19].

Memasuki era informasi, yang merupakan hasil transformasi manusia dari era industri hingga memasuki milenium ketiga, perubahan ini membutuhkan metode pendidikan baru yang tidak sinkron dengan metode pengajaran yang telah lampau. Hal ini cukup penting bagi unsur pendidikan untuk mengikuti perubahan terbaru melalui kurikulum. Beberapa pendekatan baru telah membawa perubahan dalam proses belajar-mengajar [20]. Ada sikap eklektik di sekolah-sekolah seiring dengan penggunaan teknologi untuk belajar mengajar, baik melalui metode pembelajaran jarak jauh [21], merdeka belajar [22] maupun pembelajaran simulasi [23]. Semua itu harus mencakup karakteristik kurikulum berupa [19] :

1. Penyediaan penggunaan kurikulum kombinasional.
2. Peningkatan keandalan isi kurikulum.
3. Peningkatan minat pelajar.
4. Pengetahuan dengan struktur yang sesuai.
5. Peningkatan efisiensi kurikulum.
6. Peningkatan kemampuan belajar siswa.
7. Peningkatan fleksibilitas kurikulum

2. METODE

Pada penelitian ini, metode yang dilakukan berdasarkan studi literatur review. Literature review merupakan sintesis ruang lingkup yang dilakukan secara kualitatif dan tidak memerlukan ekstraksi data rinci atau analisis data kuantitatif [24]. Dalam literatur yang ada, terdapat 5 artikel yang diidentifikasi dengan memeriksa daftar referensi dan kutipan online tentang aplikasi biosensor dan pemanfaatannya di berbagai bidang yang dipublikasikan selama setahun terakhir, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini. 5 artikel ini dipilih karena telah dipublikasikan di jurnal bereputasi, Taylor & Francis Online, dan melibatkan teknologi biosensor untuk mendeteksi penyakit, virus, keracunan makanan sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan industri dan kesehatan dan bersinergi dengan kemajuan teknologi masa depan untuk mengembangkan strategi yang mendukung kemajuan di berbagai bidang.

Tabel 1. Aplikasi Biosensor

Tema	Metode	Hasil
Deteksi jamur candida auris [25]	Alumina anodik nanopori diisi dengan indikator fluoresen rhodamin B dan pori-pori tersebut diblokir dengan oligonukleotida berbeda untuk mengenali DNA genomik <i>C. auris</i>	Teknologi biosensor ini memungkinkan memperoleh hasil diagnostik dalam sampel klinis dalam satu jam tanpa ekstraksi DNA
Mendeteksi bakteri patogen [26]	Material nanokomposit digunakan sebagai probe untuk menangkap sinyal bakteri patogen <i>E. coli</i> O157:H7 melalui barometer genggam dengan cara mendeteksi sinyal tekanan gas dalam botol tertutup	Biosensor mampu menjadi alat potensial untuk menentukan keberadaan bakteri patogen di suatu tempat
Deteksi pestisida [27]	Biosensor fotoelektrokimia dibuat pada elektroda indium tin oxide (ITO) menggunakan bahan fotolistrik bismut vanadat (BiVO4) dan asetilkolinesterase (AChE)	Teknologi biosensor dapat mendeteksi residu pestisida dalam makanan.
Pemanfaatan bidang biomedis [28]	Merancang material nanographene dengan cara memperpanjang konjugasi graphene untuk meningkatkan aktifitas biosensor	Menemukan ekspansi material nanographene secara luas pemanfaatan biomedis di bidang deteksi kanker, pengiriman obat, pembuatan jaringan, perancah, terapi foto-termal, aktivitas antimikroba sehingga dapat menekan biaya dan ramah lingkungan
Diagnosis kanker atau infeksi virus [29]	Ligan menangkap interaksi dengan analit, mengukur interaksi secara real time dengan resonansi plasmon permukaan sehingga menghasilkan informasi tentang kinetika dan afinitas	Teknik yang digunakan saat ini memakan waktu lama dan memerlukan perangkat yang lebih sensitive dan portable

Beberapa tema di atas yang membahas teknologi biosensor untuk pemantauan kesehatan, peningkatan mutu industri makanan dan pengembangan peternakan akan menghadapi banyak tantangan utama yang harus didukung oleh solusi teknologi saat ini, khususnya memanfaatkan IoT. Saat ini, sebagai IoT, *big data* dapat berpindah dari konsep ke implementasi biosensor sebagai solusi menghadapi peluang pengembangan baru dengan karakteristik teknis yang sesuai kemajuan teknologi. Hal ini penting karena sebagian besar negara kekurangan tenaga profesional, khususnya di bidang medis [30]. Sehingga solusi untuk mengelola dan memonitor jutaan perilaku dan kesehatan orang adalah memanfaatkan *big data* dan teknologi IoT yang dapat memuat privasi, keamanan dan interoperabilitas serta tantangan khusus di berbagai sektor yang terkait dengan pasien [31].

3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan kumpulan data di atas, kami kemudian menganalisis untuk menemukan signifikansi studi tinjauan pustaka ini. Ada dua pertanyaan penelitian dari tinjauan tersebut, yaitu: (1) Bagaimana teknologi IoT digunakan untuk mendeteksi kesehatan pasien? (2) Bagaimana IoT dapat mempengaruhi kualitas hidup di bidang kesehatan? Mengenai pertanyaan pertama, semua penulis di atas sepakat bahwa teknologi digitalisasi, *big data* dan IoT dapat mendorong layanan kesehatan. Misalnya, petugas kesehatan dapat memobilisasi layanan yang tersedia dengan cepat, membuat diagnosis yang akurat dan aman, memonitor peralatan medis digital dengan keamanan dan skalabilitas teknologi internet yang tepat sehingga menghindari kekhawatiran tentang aplikasi pemantauan yang tidak memadai yang dapat menyebabkan masalah kesehatan dan keselamatan pasien. Teknologi IoT menyediakan akses baru untuk layanan kesehatan yang lebih efektif bagi dokter dan perawat dengan dukungan instrument peralatan kesehatan karena dapat menggambarkan berbagai parameter keluhan kesehatan yang dapat dibaca oleh beragam sensor.

Yang kedua, kualitas hidup bidang kesehatan saat ini tidak dapat dipisahkan dari perkembangan teknologi IoT. Pelayanan kesehatan memudahkan pasien dalam mengakses informasi, memudahkan layanan konsultasi sehingga dapat menghemat tenaga dan waktu pasien dan mempercepat penanganan keluhan pasien. Tenaga medis mendapatkan kemudahan dalam mendiagnosa penyakit, menyimpan data rekam medis, monitoring kondisi pasien secara online. Dengan teknologi IoT juga, dapat menjangkau pelayanan kesehatan lebih luas, dan dapat mencegah penularan penyakit di saat pandemic covid saat ini. Oleh karena itu, teknologi IoT sangat mendukung kualitas hidup di bidang kesehatan

4. KESIMPULAN

Temuan penting dari penelitian ini adalah perlunya kolaborasi kurikulum pendidikan antar disiplin ilmu untuk mengimplementasikan gagasan terbaik pengembangan kurikulum terkait teknologi dan

kesehatan. Perkembangan teknologi dapat dimanfaatkan seluas-luasnya di bidang kesehatan yang dapat meningkatkan kualitas hidup bidang kesehatan. Pada saat yang sama, mengaktifkan fleksibilitas siswa untuk bekerja sama dengan siswa lain di bidang disiplin ilmu yang berbeda menggunakan teknologi akan menjadi produktif karena dapat meningkatkan pengalaman dan memperluas kemandiriannya. Tidak heran jika kajian kurikulum menjadi bagian penting dari pendidikan karena dapat menghasilkan berbagai dampak positif pelayanan kesehatan. Mengingat kompleksitas tersebut, kami merekomendasikan agar pengembangan kurikulum pendidikan dirancang melalui pendekatan adaptif untuk mengantisipasi permasalahan dan kondisi yang ada melalui perkembangan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Somasundaram M, Latha P, Pandian SS. Curriculum Design Using Artificial Intelligence (AI) Back Propagation Method. *Procedia Computer Science*. 2020 Jan 1;172:134-8.
- [2] Wang L, Zhang Y, Wu A, Wei G. Designed graphene-peptide nanocomposites for biosensor applications: A review. *Analytica chimica acta*. 2017 Sep 8;985:24-40.
- [3] Siontorou CG, Batzias FA. A methodological combined framework for roadmapping biosensor research: a fault tree analysis approach within a strategic technology evaluation frame. *Critical reviews in biotechnology*. 2014 Mar 1;34(1):31-55.
- [4] Patel SK, Parmar J, Trivedi H, Zakaria R, Nguyen TK, Dhasarathan V. Highly sensitive graphene-based refractive index biosensor using gold metasurface array. *IEEE Photonics Technology Letters*. 2020 May 6;32(12):681-4.
- [5] Rahman MM, Rana MM, Rahman MS, Anower MS, Mollah MA, Paul AK. Sensitivity enhancement of SPR biosensors employing heterostructure of PtSe₂ and 2D materials. *Optical Materials*. 2020 Sep 1;107:110123.
- [6] Garzón V, Pinacho DG, Bustos RH, Garzón G, Bustamante S. Optical biosensors for therapeutic drug monitoring. *Biosensors*. 2019 Dec;9(4):132.
- [7] Sawant SN. Development of biosensors from biopolymer composites. In *Biopolymer composites in electronics 2017 Jan 1* (pp. 353-383). Elsevier.
- [8] Haleem A, Javaid M, Singh RP, Suman R, Rab S. Biosensors applications in medical field: A brief review. *Sensors International*. 2021 May 13:100100.
- [9] Bariya M, Nyein HY, Javey A. Wearable sweat sensors. *Nature Electronics*. 2018 Mar;1(3):160-71.
- [10] Salim A, Lim S. Recent advances in noninvasive flexible and wearable wireless biosensors. *Biosensors and Bioelectronics*. 2019 Sep 15;141:111422.

- [11] Akinwande D, Kireev D. Wearable graphene sensors use ambient light to monitor health.
- [12] Kassal P, Steinberg MD, Steinberg IM. Wireless chemical sensors and biosensors: A review. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2018 Aug 1;266:228-45.
- [13] Hao Z, Pan Y, Shao W, Lin Q, Zhao X. Graphene-based fully integrated portable nanosensing system for on-line detection of cytokine biomarkers in saliva. *Biosensors and Bioelectronics*. 2019 Jun 1;134:16-23.
- [14] Wang J, Han K, Chen Z, Alexandridis A, Zilic Z, Pang Y, Lin J. A software defined radio evaluation platform for WBAN systems. *Sensors*. 2018 Dec;18(12):4494.
- [15] Parthasarathy P, Vivekanandan S. A typical IoT architecture-based regular monitoring of arthritis disease using time wrapping algorithm. *International Journal of Computers and Applications*. 2020 Apr 2;42(3):222-32.
- [16] Umar Ibrahim A, Pwavodi PC, Ozsoz M, Al-Turjman F, Galaya T, Agbo JJ. Crispr biosensing and Ai driven tools for detection and prediction of Covid-19. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. 2021 Aug 4:1-7.
- [17] Yu Z, Jung D, Park S, Hu Y, Huang K, Rasco BA, Wang S, Ronholm J, Lu X, Chen J. Smart traceability for food safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020 Oct 7:1-2.
- [18] Kharel J, Reda HT, Shin SY. Fog computing-based smart health monitoring system deploying lora wireless communication. *IETE Technical Review*. 2019 Jan 2;36(1):69-82.
- [19] Ghonoodi A, Salimi L. The study of elements of curriculum in smart schools. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2011 Jan 1;28:68-71
- [20] Ellahi RM, Khan MU, Shah A. Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. *Procedia computer science*. 2019 Jan 1;151:699-708
- [21] Al-Arimi AM. Distance learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2014 Oct 7;152:82-8
- [22] Shah UV, Chen W, Inguva P, Chadha D, Brechtelsbauer C. The discovery laboratory part II: A framework for incubating independent learning. *Education for Chemical Engineers*. 2020 Apr 1;31:29-37.
- [23] Ike Yuni Wulandari, Ema, A Ana, Narwikant Indroasyoko, Heni Puspita, Andriana, Rahmad Hidayat. Learning Antenna Simulation To Enhance Technical Competency Of Avionics Students. *Journal of Engineering Science and Technology*. 2021 Feb;16(1):251-8
- [24] Armstrong R, Hall BJ, Doyle J, Waters E. 'Scoping the scope' of a cochrane review. *Journal of public health*. 2011 Mar 1;33(1):147-50.
- [25] Pla L, Santiago-Felipe S, Tormo-Mas MÁ, Ruiz-Gaitán A, Pemán J, Valentín E, Sancenón F, Aznar E, Martínez-Máñez R. Oligonucleotide-capped nanoporous anodic alumina biosensor as diagnostic tool for rapid and accurate detection of *Candida auris* in clinical samples. *Emerging microbes & infections*. 2021 Jan 1;10(1):407-15.
- [26] Zhao Y, Bu S, Wang C, Ma C, Li Z, Zhang W, Wan J. Dual Aptamer-Copper (II) Phosphate Nanocomposite-Based Point-of-Care Biosensor for the Determination of *Escherichia coli* O157:H7 through Pressure Monitoring with a Hand-Held Barometer. *Analytical Letters*. 2020 Sep 10;54(10):1603-15.
- [27] Miao L, Li Z, Chen Y, Gao Y, Di J. A sensitive photoelectrochemical biosensor for pesticide detection based on BiVO₄. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2021 Jun 12:1-4.
- [28] Pal K, Asthana N, Aljabali AA, Bhardwaj SK, Kralj S, Penkova A, Thomas S, Zaheer T, Gomes de Souza F. A critical review on multifunctional smart materials 'nanographene' emerging avenue: nano-imaging and biosensor applications. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*. 2021 May 27:1-7.
- [29] Olejnik B, Koziół A, Brzozowska E, Ferens-Sieczkowska M. Application of selected biosensor techniques in clinical diagnostics. *Expert review of molecular diagnostics*. 2021 Sep 2;21(9):925-37.
- [30] Chui, K.T., Liu, R.W., Lytras, M.D. and Zhao, M., 2019. Big data and IoT solution for patient behaviour monitoring. *Behaviour & Information Technology*, 38(9), pp.940-949.
- [31] Dwipriyoko, E. (2018). Literature Review on New Generation Cooperative Enterprise Architecture. *Jurnal Tiarsie*, 14(2), 51-56.