

# Literature Review: Aplikasi Teknologi *Integrated Circuit* Pada *Sport Science*

Adi Mulyadi<sup>1</sup>, Gatut Rubiono<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Elektro Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi 68418

<sup>2</sup> Prodi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi 68418  
E-mail: adimulyadi@unibabwi.ac.id<sup>1</sup>, g.rubiono@unibabwi.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak** — *Paper ini membahas tentang review artikel aplikasi teknologi integrated circuit pada sport science. Review artikel menjelaskan penerapan teknologi yang relevan terhadap bidang olahraga. Bidang olahraga meliputi bola voli, bola pelontar, lempar bola, lompat jauh, bola tenis lapang, tenis meja, badminton, sepak bola, futsal, basketball, lari sprint, golf, dan atlet. Berdasarkan review artikel, pemanfaatan teknologi belum diterapkan secara keseluruhan. Teknologi integrated circuit dapat dikombinasikan dengan smart microcontroller device. Smart Sport Equipment diusulkan dengan sistem hybrid sensor pada bidang olahraga dan sistem berbasis platform Internet of Things untuk monitoring atlet. Monitoring dapat dilihat secara real time, dan transmisi portable pada smartphone, tablet, smartwatches, atau laptop.*

**Kata Kunci** — *Integrated Circuit, Internet of Thing, Smart Sport Equipment*

## PENDAHULUAN

Teknologi memberikan dampak kemajuan dalam bidang olahraga [1]. Salah satu dampak kemajuan teknologi adalah produk inovasi metode pelatihan, sarana, dan prasarana untuk meningkatkan keterampilan dan mengurangi keputusan kontroversial pertandingan pada bidang olahraga [2]. Perkembangan teknologi menekankan di semua bidang ilmu, dan professional kepelatihan [3]. Pemanfaatan teknologi telah diterapkan oleh negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Cina, Jepang, dan Jerman untuk menunjang prestasi atletnya [4]. Bidang professional olahraga seperti bola voli menggunakan teknologi yang dikombinasikan dengan perangkat elektronik *microsensor*. *Sensor* diletakkan pada net bola voli dengan mendeteksi sentuhan tangan, dan menghitung nilai jumlah sentuhan [5].

Sistem pendeteksi *netting* bola voli menggunakan pita tembaga yang dipasang pada *net*. Karakteristik sistem yakni mengetahui *netting* serta memperkirakan *capacitance value* pada tangan yang menyentuh *net*. Perancangan menerapkan *microcontroller integrated circuit* untuk memproses informasi pita tembaga serta tangan yang menyentuh *net*. Variasi *resistor* digunakan pada pengujian sistem pendeteksian, sehingga nilai *resistor* yang sesuai adalah 1M $\Omega$ . Pengujian tidak berpengaruh pada rambut, bola, dan nilai kapasitansi digunakan untuk batas penyalaan *light emitting diode*. Nilai *resistor* pada pengujian sistem diperoleh 100 nF, dan sistem dapat berkerja secara baik [6].

Cabang olahraga bola pelontar menggunakan *microcontroller* sebagai alat ukur dinamika gerak

bola. Gerakan bola diukur dan dikonversi menjadi data *digital* yang dapat disimpan pada memori *microcontroller*, kemudian data akan ditransmisikan dengan jaringan *wifi* [7]. Bidang olahraga lempar bola menggunakan teknologi *sensor piezoelectric* untuk mengetahui skor bola yang mengenai papan skor. Sistem dirancang berdasarkan *microcontroller Arduino* untuk mendeteksi secara otomatis [8]. Cabang olahraga lompat jauh menggunakan alat bantu teknologi *sensor* dalam pengukuran keakuratan tolakan. *Sensor* pada perancangan alat bantu yakni *buzzer, Arduino Uno, Led Strip, Laser Led*, dan LDR [9].

Olahraga bola tenis lapangan dikembangkan dengan *digital sensor* dari *Arduino Strain Gauge* untuk mengukur kekuatan servis. Kekuatan servis dianalisis dengan *Specific, Measurable, Achievable, Realistic, dan Time-based* (SMART). *Sensor* kekuatan servis yang pendek adalah 2 meter, dan yang panjang adalah 20 meter. Kecepatan laju bola tenis dapat diukur rata-rata 120/km/jam [10]. Pengembangan alat pelontar bola tenis meja berbasis *Arduino* dirancang untuk membantu pelatih dalam mengurangi indikasi *human error*. Perancangan alat menggunakan *platform hardware*, dan *software* dengan empat variasi pengaplikasian yaitu *easy, medium, hard, dan expert*. Variasi aplikasi dikendalikan pada *forward spin, backward spin, slow normal, fast normal*, kanan, tengah, dan kiri dengan pengujian bola tenis adalah 100. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *microcontroller* memiliki reabilitas dengan nilai  $\alpha = 0,92$  [11].

Desain alat bantu latihan *footwork* pada bulutangkis berbasis *microcontroller ATmega 16*. Alat akan menampilkan lokasi target yang harus

dicapai oleh atlet pada saat melalui lampu *display*. Pengoperasian alat dilakukan dengan dua cara manual dan otomatis. Operasi *manual*, pelatih akan *input* lokasi target dengan menggunakan tombol *keypad* yang dihubungkan pada *sensor*. Sedangkan operasi mode otomatis, pelatih akan *input* waktu latihan serta jumlah langkah yang harus dilakukan pada setiap latihan. *Sensor* terdiri dari tiga yang difungsikan sebagai *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx). *Transmitter* berupa *diode* laser yang akan mengirimkan sinyal cahaya ke *receiver photodiode*. Jika cahaya terhalang oleh atlet, maka *receiver* akan mengirimkan sinyal keberadaan atlet dan langkah latihan, parameter latihan ditampilkan pada layar LCD [12].

Olahraga sepak bola diterapkan *microcontroller Arduino* pada pendeteksi kecepatan tendangan penalti. *Arduino* dikombinasikan dengan *sensor light dependent resistor* (LDR) untuk proses data dan data ditampilkan pada layar LCD yang berupa kecepatan bola serta ketepatan arah bola. Perhitungan kecepatan menggunakan *stopwatch* dan sensor diletakkan pada titik penalti untuk menghitung waktu. Sensor dipasang pada gawang dengan mendeteksi laju arah bola [13]. Selanjutnya *sensor* pendeteksi bola menggunakan kamera pada *robot soccer*. *Robot soccer* mengenali bola dalam lapangan. Sistem deteksi bola dan warna latar lapangan memanfaatkan segmentasi HSV (*Hue Saturation Value*) dari warna bola. Ukuran bola dideteksi dengan menggunakan *library cvblob* dan pengaruh intensitas cahaya fitur *auto* kamera dimatikan [14].

Teknologi garis gawang pada lapangan futsal diterapkan untuk menghindari keputusan kontroversial wasit. Sebuah *goal* yang tidak disahkan oleh wasit karena tidak melihat bola masuk ke dalam gawang. Namun, rekaman dapat dilihat dengan kamera *Kinect* dengan kualitas kecepatan tinggi bahwa bola melewati garis gawang. Sistem dirancang dengan menggunakan *Arduino*, *LED*, dan modul *KYL* sebagai transmisi data untuk mendeteksi objek bola yang ditendang dan bola melewati garis gawang [15]. Teknologi *goal* gawang futsal dikembangkan untuk tingkat akurasi dengan menggunakan *square grid* pada *laser* dan *photodiode*. Validasi tambahan menggunakan kamera *pixy* untuk membantu wasit dalam memberikan keputusan. *Pixy CMU CAM* mendeteksi warna bola dan data keputusan wasit yang dikirim menggunakan *Bluetooth* pada sistem [16].

Olahraga *basketball* menerapkan teknologi dribel dengan *Kinect*. *Kinect* digunakan untuk mendeteksi jenis gerakan dribel yang berupa *colour data*, *depth data*, dan *skeleton data*. Pendeteksian dilakukan dengan dua tahap yaitu bola basket dan gerakan dribel. Sistem deteksi menggunakan asumsi tangan

pemain yang memegang bola dengan jarak terdekat, dan gerakan dribel dideteksi dengan bola yang berada di area tangan kanan, tengah, serta kiri. Area ditentukan berdasarkan titik tengah bingkai *colour data*, dan sistem mengidentifikasi bola basket melalui fitur lingkaran *hough circle detection*. Deteksi berhasil dilakukan, namun penggunaan fitur deteksi lingkaran dapat mengurangi performa sistem, dan deteksi gerakan dribel *crossover* tidak dapat dideteksi [17].

Cabang olahraga lari menerapkan *microcontroller* untuk sistem akuisisi data kecepatan lari *sprint atlet*. *Microcontroller* berupa dua *sensor infrared* (A dan B) yang difungsikan sebagai *start* dan *finish*. Data yang didapatkan dengan *sensor infrared* dikirim ke *cloud hosting server*, dan data dapat dilihat melalui *smartphone*. *Sensor* A dan B dipasang dengan jarak 10 meter, kemudian atlet berlari 10 kali melalui dua *sensor* sebagai substitusi jarak 100 meter. Waktu atlet lari *sprint* cepat atau lambat disebabkan beberapa faktor yaitu, sudut dibentuk oleh badan selama *sprint*, data stamina atlet ketika berlari 100 meter, dan kecepatan pengiriman data *sensor* terhadap *hosting cloud* [18]. Selanjutnya pengembangan alat ukur kecepatan lari berbasis *microcontroller* dengan *interfacing personal computer*. *Sensor* menggunakan *phototransistor* yang diletakkan pada jarak 0-100 meter dengan diberi sinar laser. Kecepatan lari ditampilkan pada sistem *monitoring* dengan menggunakan *software basic* 12. Alat bekerja otomatis ketika *sensor buzzer* ditekan, dan *timer* berjalan pada sistem *monitoring* [19].

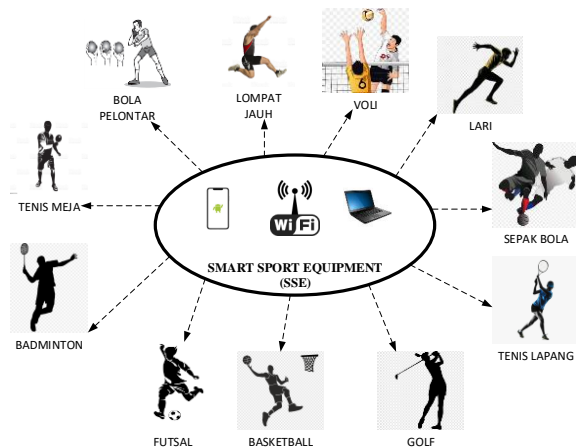
Sistem *monitoring* diterapkan pada bidang olahraga futsal yang berbasis *internet of things* (IoT). IoT digunakan sebagai alat ukur tes para pemain dengan mengacu pada *sport science*. *Sport science* dibutuhkan untuk meningkatkan potensi dan prestasi pemain berdasarkan ilmu pengetahuan. Potensi dan prestasi pemain diukur dengan empat test seperti *zig zag run*, *shuttle run*, *boomerang run*, *illinois agility test*. Hasil test ditampilkan pada layar dengan integrasi *microcontroller Arduino Uno*, dan modul *NodeMcu* yang digunakan sebagai pengatur dan pengelola data *input* serta *output* [20].

Pemantauan *heart rate* serta temperatur badan menunjang para medis guna melihat kondisi *athlete health*. Desain pemantau alat detak jantung *portable* menggunakan IoT untuk memudahkan pelatih dan tenaga medis. IoT berfungsi untuk *monitoring* jarak jauh secara kontinyu sehingga dapat melihat kebugaran para atlet. *Heart rate sensor* memanfaatkan *electrocardiogram AD-8232*, serta *sensor DS-18B20* mendeteksi temperatur badan. Data sensor berupa *heart rate* dan temperatur badan untuk diinput ke dalam *microcontroller*, selanjutnya kontrol ditunjukkan ke *Thin Film Transistor Liquid Crystal Display* untuk ditransmisikan terhadap

*Internet of Things* dengan menggunakan modul ESP-8266 dalam bentuk grafik [21].

## METODE

Metode penelitian ini menggunakan *Smart Sport Equipment* (SSE). SSE diintegrasikan dengan beberapa *sensor* untuk mendeteksi keadaan, menyediakan analisis data secara *real time*, dan ditransmisikan *portable* pada *smartphone*, *tablet*, *smartwatches*, atau *laptop* [22]. SSE merupakan *platform internet of things* (IoT) yang digunakan dalam bidang olahraga dengan proses komunikasi *wireless*. Proses komunikasi *wireless* ditampilkan secara *local* pada peralatan yang dekat, atau *cloud* [23]. Selain itu, penerapan IoT digunakan pada bidang olahraga seperti voli, lari, sepak bola, tenis lapangan, *golf*, *basketball*, *futsal*, *badminton*, tenis meja, bola pelontar, dan lompat jauh [24]. *Smart Sport Equipment cloud* IoT yang disederhanakan untuk bidang olahraga ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. *Internet of Things and Smart Sport Equipment*

Penerapan IoT pada aplikasi *sport* menerapkan proses akuisi data, transmisi data, pemrosesan data, penyimpanan data, dan penyajian data. Akuisi data dilakukan di awal, dan penyajian data berada dalam di akhir proses. Berdasarkan aplikasi IoT pada bidang olahraga dapat diidentifikasi sebagai berikut. Dalam aplikasi IoT konvensional, perangkat mengirim data pada *cloud server*. Garis hitam putus-putus menunjukkan data diproses dan disimpan pada *cloud*. Kelemahan aplikasi adalah sinkronisasi data dari perangkat yang disebabkan oleh perbedaan saluran transmisi [25]. Untuk mengatasi masalah tersebut, perangkat IoT mengirim data ke *gateway* dan data disinkronkan serta diproses secara *local*. Hasil dikirim ke *cloud* untuk penyimpanan dan presentasi. Kelemahan aplikasi tersebut adalah kebutuhan untuk kekuatan pemrosesan yang besar dan tidak tersedia secara *local*. Solusi hybrid adalah mengumpulkan dan menyinkronkan data perangkat IoT secara *local*. Aliran data digabungkan dan

dikirim ke *cloud* untuk diproses, disimpan, dan ditampilkan. SSE dan perangkat yang digunakan mengirim data sensor ke *cloud* IoT secara langsung atau melalui *gateway* [26].

## DESAIN SYSTEM

Desain sistem menggunakan peralatan *sensor*, *microcontroller*, *Arduino*, Modul *Wifi*, Modul *Bluetooth*, dan *platform Smart Sport Equipment Internet of Things* berupa *laptop*, *wifi*, dan *smartphone*, kemudian peralatan *sensor*, *platform IoT* disuplai listrik *alternating current* (AC) yang dikonversi menjadi *direct current* (DC) dengan *inverter* untuk menghasilkan arus listrik searah. Arus listrik DC digunakan untuk menyuplai peralatan seperti *sensor*, *microcontroller*, *Arduino*, modul *wifi*, modul *Bluetooth* yang diintegrasikan pada *platform SSE*. Sedangkan peralatan *laptop*, *wifi* dan *smartphone* disuplai dengan arus listrik AC. Peralatan SSE tidak merubah peralatan secara fungsi, tetapi peralatan cerdas digunakan untuk memudahkan dalam bidang *professional* atau olahraga yang amatir dengan kinerja pemrosesan data yang tepat, akurasi tinggi, dan pemakaian baterai yang lama. Semua aktifitas atlet dapat dimonitoring, dianalisis dengan *hybrid system* pada satu *platform smart sport equipment* yang dijelaskan pada gambar 2.

### A. Mobile Gateway

*Mobile Gateway* diintegrasikan pada *sensor* dan dihubungkan pada perangkat kecil, *portable*, dan *smartphone*. *Mobile gateway* terdiri dari dua komponen yang dapat terhubung dengan aplikasi seluler [27].

### B. Body Sensor

*Body sensor* diaplikasikan dengan teknologi jaringan *wireless*, *sensor*, dan *actuator* dalam tubuh manusia. *Sensor* dan *actuator* dapat mengukur, menganalisa, dan komunikasi dengan tubuh manusia termasuk suhu, tekanan darah, gula darah, detak jantung, rekaman listrik pada otak, diagnosis pada saraf. Komunikasi berupa data yang akan dikirim pada *smartphone* atau jaringan *ubiquitous* [28]. Komunikasi membutuhkan sistem *wireless* untuk mengirim informasi dari dalam tubuh sehingga dapat dikendalikan dan *monitoring* [29].

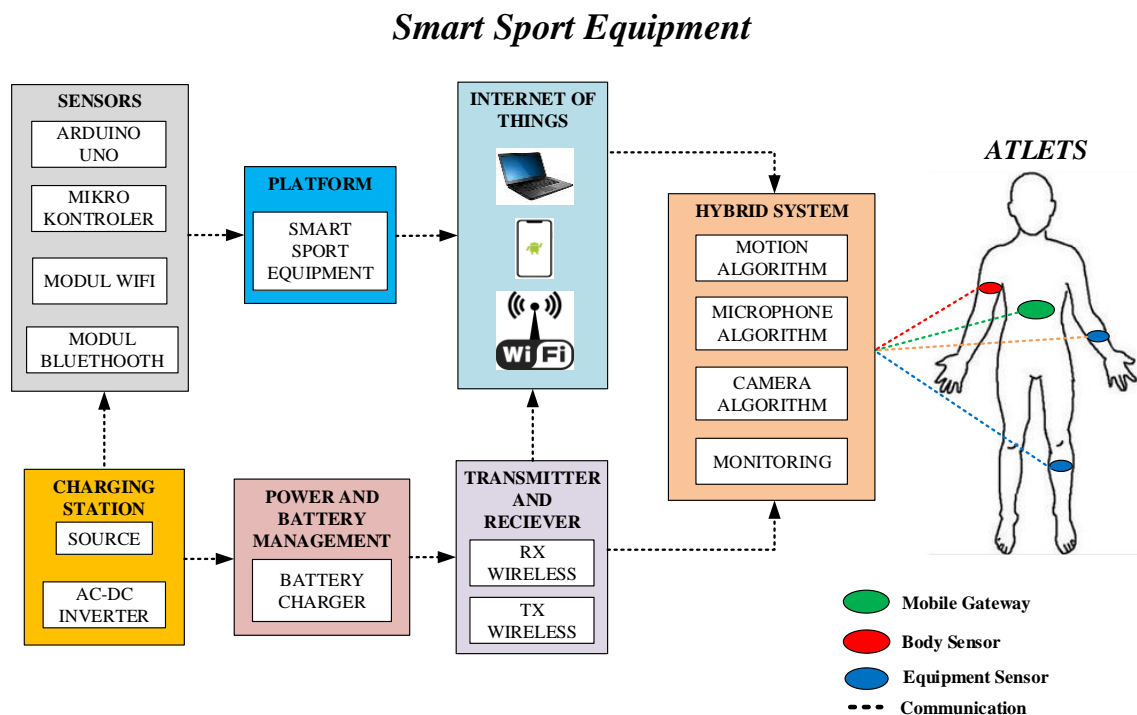
### C. Equipment Sensors

*Equipment sensor* digunakan sebagai *platform internet of things* (IoT) dengan integrasi peralatan elektronik. Perangkat IoT dipasang di tubuh atlet dan diterapkan pada olahraga dengan *smartphone*. Desain *cloud* IoT pada aplikasi olahraga dapat dilihat pada gambar 2 [23].

**D. Communication**

Communication setiap platform dijelaskan garis hitam putus-putus dengan komunikasi antar device melalui internet. Komunikasi pintar disebut sebagai

machine-to-machine (M2M) dengan manusia sebagai pengelola dan penggunaanya [30].



Gambar 2. Smart Sport Equipment Platform

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan dapat dilihat pada tabel 1, di mana penerapan sensor dengan integrasi platform smart sport equipment internet of things masih belum dimanfaatkan secara menyeluruh. Perkembangan perangkat pintar telah meningkat dengan kemajuan terbaru dalam teknologi sensor, semiconductor, microcontroller, dan komunikasi nirkabel bedaya rendah. Platform memberikan solusi pada bidang olahraga seperti kepelatihan, kesehatan, kebugaran untuk menunjang prestasi atlet. Berdasarkan review jurnal penelitian tentang pemanfaatan teknologi sensor dijelaskan sebagai berikut.

1) *Sensor:* olahraga bola voli telah menggunakan perangkat elektronik *microsensor* dan *copper foil* yang diletakkan pada *net* untuk mendeteksi sentuhan tangan. Selanjutnya data sentuhan tangan diproses pada *Arduino Uno* dan diberikan indikator LED untuk mencatat pelanggaran pemain. Olahraga lompat jauh menggunakan alat bantu sensor untuk mengukur keakuratan tolakan. Sensor yang digunakan adalah LED Strip, Laser LED, dan LDR.

2) *Microcontroller:* olahraga bola pelontar menerapkan teknologi *integrated circuit* untuk mengukur dinamika gerak bola dan gerak bola dikonversi *microcontroller* menjadi data digital untuk dihubungkan pada *wifi*. Kemudian perhitungan skor pada olahraga lempar bola dipasang *sensor piezoelectric* dan *Arduino Uno* untuk menghitung skor secara otomatis. Cabang olahraga lari memanfaatkan *microcontroller sensor infrared* pada pengukuran kecepatan atlet dengan akuisi data. *Sensor infrared* dipasang pada titik A sebagai posisi *start* dan titik B sebagai posisi *finish* dengan jarak masing-masing sensor adalah 10 meter. Akuisi data dikirim ke *hosting cloud* untuk melihat stamina atlet. Selanjutnya alat ukur kecepatan lari dikembangkan dengan *microcontroller* berbasis *interfacing personal computer*. Sensor yang digunakan adalah *phototransistor* dengan jarak 1-100 meter. Kecepatan lari dapat dilihat pada *software basic 12* yang berupa *monitoring*.

3) *Arduino Uno:* olahraga bola tenis memanfaatkan *microcontroller Arduino Strain Gauge* untuk mengukur keakuratan servis dengan analisis

SMART. *Arduino* diprogram untuk mencatat keakuran servis yang pendek 2 meter, dan yang panjang 20 meter. Kecepatan laju bola tenis dapat diukur rata-rata 120/km/jam. Selanjutnya olahraga tenis meja merancang *hardware* berbasis *Arduino* untuk mengurangi indikasi *human error*. Olahraga sepak bola juga memanfaatkan *Arduino* untuk mendeteksi kecepatan tendangan penalti. *Arduino* dikombinasi dengan sensor LDR untuk proses data yang akan ditampilkan pada LCD. *Sensor* dipasang pada gawang dengan menghitung laju kecepatan bola.

- 4) *Atmega 16*: olahraga bulutangkis menerapkan alat bantu *footwork* berdasarkan *microcontroller Atmega 16* dengan menampilkan target yang dicapai oleh atlet.
- 5) *Camera Kinect*: olahraga sepak bola mengembangkan alat berupa *sensor camera* yang diterapkan pada *prototype robot soccer*. Sistem mendeteksi bola dan warna bola pada segmentasi HSV. Olahraga futsal menggunakan teknologi kamera *kinect* untuk mendeteksi

kecepatan bola melewati garis gawang. Sedangkan olahraga *basketball* juga memanfaatkan teknologi tersebut pada deteksi dribel.

- 6) *Bluetooth*: teknologi gawang pada olahraga futsal dikembangkan dengan memanfaatkan laser dan *photodiode square grid*. Validasi teknologi menambahkan kamera *pixy* dalam memberikan keputusan pada wasit. Kamera *pixy* mendeteksi warna bola, kemudian data warna dikirim *via bluetooth*.
- 7) *Internet of Things*: bidang olahraga futsal mengembang alat berbasis IoT sebagai alat ukur tes pemain dengan mengacu pada sport science. Hasil tes dapat dilihat pada layar dengan menampilkan sistem monitoring. Selanjutnya, sistem monitoring dikembangkan pada atlet untuk memantau detak jantung, suhu tubuh. Sistem dirancang dengan menggunakan platform IoT secara portable.

TABLE I  
REVIEW APLIKASI TEKNOLOGI INTEGRATED CIRCUIT PADA SPORT SCIENCE

No	The Application of Technology Integrated Circuit on Sport Science								
	Studies and Author	Sensor	Microcontroller	Arduino	ATmega	Camera	Bluetooth	IoT	SSE
1	Volyball [5] [6]	Copper Foil	Microsensor	Arduino					
2	Bola Pelontar [7]		Microcontroller						
3	Lempar Bola [8]	Piezoelectric	Microcontroller	Arduino					
4	Lompat Jauh [9]	LED Strip, LED, Laser LED, LDR, Buzzer		Arduino					
5	Tenis Lapangan [10]		SMART	Arduino Strain Gauge					
6	Pelontar Bola Tenis [11]		Microcontroller						
7	Footwork Badminton [12]	Diode Laser	Microcontroller		ATmega 16				
8	Sepak Bola [13]	LDR	Microcontroller	Arduino					
9	Robot Soccer [14]	HSV				Auto Camera			
10	Futsal [15] [16]	LED, Modul KYL, square grid, Laser, Photodiode		Arduino		Kinect, Pjby CMU	Bluetooth		
11	Basketball [17]					Kinect			
12	Olahraga Lari [18] [19]	Infrared, Phototransistor, Buzzer	Microcontroller					Software Basic 12	
13	Futsal [20]	Modul NodeMcu	Microcontroller	Arduino				IoT	
14	Atlet [21]	ECG AD8232, DS1820, Modul ESP8266	Microcontroller					IoT	

### KESIMPULAN

Teknologi *Integrated circuit* dapat dimanfaatkan pada *sport science* dengan integrasi *smart microcontroller device* dan *platform internet of things*. Perkembangan teknologi menekankan di semua bidang ilmu olahraga. *Smart sport equipment* diaplikasikan untuk memudahkan metode kepelatihan, sarana, prasarana, mengurangi

keputusan kontroversi, dan keterampilan dalam menunjang prestasi atlet dengan *monitoring* secara *real time* pada perangkat elektronik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih atas partisipasi anda dalam Seminar Nasional “Efektifitas Literasi Digital pada Pembelajaran Olahraga”. Semoga mampu memberikan manfaat sebagaimana mestinya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Alif, E. Sudirjo, and H. Rasydiq, "Karate Scoring System : Aplikasi Skoring Berbasis Android," vol. 17, no. 1, pp. 11–18, 2021.
- [2] Giartama, "The effectiveness of microcontroller-based volleyball service test kits," *Sport. J. Penelitian Pembelajaran*, vol. 6, no. 2, pp. 499–513, 2020.
- [3] R. Rui, S. Hugo, F. William, M. Isabel, and F. Juan, "Coach education in volleyball: A study in five countries," *J. Phys. Educ. Sport*, vol. 14, no. 4, pp. 475–484, 2014.
- [4] E. Supriyono, "Pengembangan aplikasi tes keterampilan sepakbola berbasis web Developing web-based soccer skills test application," *J. Keolahragaan*, vol. 6, no. 1, pp. 38–47, 2018.
- [5] T. R. G. V Lantes, "Using Microsensor Technology To Quantify Match Demands In Collagiate Women's Volleyball," *J. ofStrength Cond. Res.*, no. 17, pp. 3266–3278, 2017.
- [6] E. Nurani, A. D. Sutomo, and N. Nuryani, "Model Deteksi Netting pada Permainan Bola Voli," *Jupiter (Jurnal Pendidik. Tek. Elektro)*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2018.
- [7] T. Hidayah et al., "Rancang Bangun Prototipe Bola Pelontar Sebagai Alat Ukur Dinamika Gerak Bola," *J. Iptek Olahraga*, no. 3, 2015.
- [8] Ubaid, "Rancang Bangun Permainan Lempar Bola Berbasis Arduino," 2020.
- [9] Zulani, "Rancang Alat Bantu Berteknologi Sensor Untuk Keakuratan Tolakan Pada Cabang Olahraga Lompat Jauh," *J. Ilm. Keolahragaan*, vol. 4, pp. 102–111, 2020.
- [10] I. K. H. Kardiawan, I. M. Satyawati, and K. U. Ariawan, "Pengembangan Perangkat Alat Ukur Kekuatan Servis Bola Tennis Lapangan Berbasis Sensor Digital," *Semin. Nas. Ris. Inov.* 2018, pp. 183–185, 2018.
- [11] Syarifatunnisa, "Pengembangan Teknologi Alat Pelontar Bola Tennis Meja Berbasis Mikrokontroler," vol. 02, no. 02, pp. 51–55, 2017.
- [12] Ngadiman, "Pengembangan Alat Bantu Untuk Latihan Footwork Bulutangkis Berbasis Teknologi Mikrokontroler," *J. Iptek Olahraga*, vol. 13, no. 2, pp. 1–23, 2011.
- [13] R. I. Maulana, M. S. Abdurrohman, and A. I. Nurzaman, "Prototipe Alat Pengukur Kecepatan dan Ketepatan Bola pada Tendangan Penalti Menggunakan Arduino," pp. 226–233, 2010.
- [14] H. Mandala and E. Rudiawan, "Sistem Deteksi Bola Berdasarkan Warna Bola Dan Background Warna Lapangan Pada Robot Bareleng FC," 4th Indones. Symp. Robot Soccer Compet. 2016, vol. 2016, no. snati, pp. 14–20, 2016.
- [15] M. F. Masi, "Sistem Garis Gawang Pada Lapangan Futsal," *J. Elektro dan Mesin Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–25, 2015.
- [16] Suwasono, "Optimasi Akurasi Deteksi Goal Gawang," *J. Pendidik.*, vol. 2, no. 3, pp. 341–349, 2017.
- [17] I. Elizabeth, "Rancang-bangun Permainan Dribel Bola Basket ' Basketball Jam ' Menggunakan Kinect," no. June, 2015.
- [18] J. Mistar, "Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Kecepatan Sprint Atlet Berbasis Mikrokontroler," *J. Hadron*, vol. 2, no. 02, pp. 37–41, 2020.
- [19] R. Rahmat, A. Rusdiana, A. Supriyatna, U. P. Indonesia, J. Setiabudhi, and N. Bandung, "Pengembangan Alat Ukur Kecepatan Lari Berbasis Microcontroller Dengan Interfacing Personal Computer," *J. Terap. Ilmu Keolahragaan*, vol. 01, no. 01, pp. 34–39, 2016.
- [20] I. Fakhruzzaman, D. Hirawan, J. Dipatiukur, and N. Bandung, "Implementasi Internet of Things Untuk Sport Science," *J. Univ. Komput. Indones.*, 2018.
- [21] I. Agustian, "Rancang Bangun Pemantau Detak Jantung dan Suhu Tubuh Portabel Dengan Sistem IoT," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 14–18, 2019.
- [22] K. Lightman, "Silicon Gets Sporty," *IEEE Spectr.*, vol. 53, no. 3, pp. 48–52, 2016.
- [23] A. Umek, Y. Zhang, S. Tomazič, and A. Kos, "Suitability of Strain Gage Sensors for Integration Into Smart Sport Equipment: A golf club example," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 4, 2017.
- [24] P. P. Ray, "Generic Internet of Things architecture for smart sports," 2015 Int. Conf. Control Instrum. Commun. Comput. Technol. ICCICCT 2015, no. June, pp. 405–410, 2016.
- [25] T. M. Barbosa, "Smart sport equipment: Reshaping the sports landscape," *Motricidade*, vol. 14, no. 2–3, pp. 1–2, 2018.
- [26] G. Akhras, "Bus Systems for the Future," *Bus Syst. Futur.*, pp. 25–32, 2002.
- [27] K. Lee, Y. E. Gelogo, and S. Lee, "Mobile gateway system for ubiquitous system and internet of things application," *Int. J. Smart Home*, vol. 8, no. 5, pp. 279–286, 2014.
- [28] Y. Wang, H. Wang, J. Xuan, and D. Y. C. Leung, "Biosensors and Bioelectronics Powering future body sensor network systems : A review of power sources," *Biosens. Bioelectron.*, vol. 166, no. July, p. 112410, 2020.
- [29] M. R. Yuce, "Recent Wireless Body Sensors : Design and Implementation," 2013 IEEE MTT-S Int. Microw. Work. Ser. RF Wirel. Technol. Biomed. Healthc. Appl. Recent, pp. 2–4, 2013.
- [30] J. Santos et al., "An IoT-based Mobile Gateway for Intelligent Personal Assistants on Mobile Health Environments," *J. Netw. Comput. Appl.*, 2016.