



# JURNAL IPTEK OLAHRAGA

**Volume 13, Nomor 2, Mei-Agustus 2011**

**Pengembangan Teknologi Sensor Analisis *Smart Target***  
(*Taufiq Hidayah dan Rusiyanto*)

**Pengembangan Sistem Informasi Profil Atlet Renang  
Berbasis *WEB***  
(*Ermawan Susanto*)

**Konstruksi Alat Ukur Putaran Panggul (*Hip Rotasimeter*)**  
(*Luky Affari dan Muhammad Zaky*)

**Pengembangan Alat Bantu untuk Latihan *Footwork*  
Bulutangkis Berbasis Teknologi *Microcontroller***  
(*Ngadiman, Indra Jati Kusuma, dan Azis Wisnu Widhi Nugraha*)

**Pengaruh Pendekatan Pembelajaran dan Kesegaran Jasmani  
terhadap Hasil Belajar Keterampilan Bolavoli Mini**  
(*Asep Suharta*)

**Upaya Peningkatan Prestasi Senam Artistik Melalui  
Evaluasi Proses Menggunakan Media Rekam**  
(*Iis Marwan, Cucu Hidayat, dan Eka Wahyu Hidayat*)

Diterbitkan oleh:

**KEMENTERIAN PEMUDA DAN OLAHRAGA R.I.**

Gedung Grha Pemuda dan Olahraga Lantai 4, Jalan Gerbang Pemuda No. 3

Senayan Jakarta Pusat-10270

Email: [jurnal\\_iptekor@yahoo.com](mailto:jurnal_iptekor@yahoo.com)

# JURNAL IPTEK OLAHRAGA

Volume 13, Nomor 2, Mei-Agustus 2011

Terbit tiga kali setahun pada bulan Januari-April, Mei-Agustus, dan September-Desember, berisi naskah hasil penelitian, gagasan konseptual, kajian teori atau aplikasi Iptek Olahraga.

## Pembina

Dr. Andi A. Mallarangeng (Menteri Pemuda dan Olahraga R.I.)

## Penasihat

Prof. Dr. Djoko Pekik Irianto, M.Kes. (Deputi Kemenpora Bidang Peningkatan Prestasi Olahraga)

## Penanggung Jawab

Drs. Agus Mahendra, M.A. (Asisten Deputi Penerapan Iptek Keolahragaan)

## Ketua Penyunting

Dr. Wahjoedi, M.Pd. (Universitas Pendidikan Ganesha Bali)

## Wakil Ketua Penyunting

Prof. Dr. M.E. Winarno, M.Pd. (Universitas Negeri Malang)

## Mitra Bestari

Prof. Dr. Hari A. Rachman, M.Pd. (Universitas Negeri Yogyakarta)  
Prof. Dr. Adang Suherman, M.A. (Universitas Pendidikan Indonesia)  
Prof. Dr. Tandiy Rahayu, M.Pd. (Universitas Negeri Semarang)  
Dr. Asep Suharta, M.Pd. (Universitas Negeri Medan)  
Dr. dr. Ermita Eliyas (Universitas Indonesia)  
Dr. Dikdik Zafar Sidik, M.Pd. (Universitas Pendidikan Indonesia)  
Dr. Johansyah Lubis, M.Pd. (Universitas Negeri Jakarta)  
Dr. Sugiharto, M.Kes. (Universitas Negeri Malang)  
Dr. Setya Rahayu, M.Pd. (Universitas Negeri Semarang)  
Dr. Yudy Hendrayana, M.Kes. (Universitas Pendidikan Indonesia)  
Drs. Dimiyati, M.Si. (Universitas Negeri Yogyakarta)

## Penyunting Pelaksana

Bambang Sutiyono, Hery Yansen Manurung, Bustiana,  
M. Alfin, Prayogi Dwina Angga

## Sekretariat

Tolkah Mansyur, Naomas S. Sitio, Suyatno, Mahyudin R., Sri Purwanti,  
Abdul Hakim T., Dini Yusliyanti

**JURNAL IPTEK OLAHRAGA:** Diterbitkan oleh Asisten Deputi Penerapan Iptek Keolahragaan, Deputi Peningkatan Prestasi Olahraga, Kementerian Pemuda dan Olahraga R.I. **Perintis:** Pusat Pengkajian dan Pengembangan Iptek Olahraga (PPPITOR).

**Publikasi Naskah:** Penyunting menerima naskah/artikel yang belum pernah diterbitkan dalam jurnal lain (Petunjuk bagi Penulis: baca pada bagian dalam sampul belakang).

**Alamat Penyunting dan Sekretariat:** Kementerian Pemuda dan Olahraga R.I., c.q Asisten Deputi Penerapan Iptek Keolahragaan, Gedung Grha Pemuda dan Olahraga Lantai 4, Jalan Gerbang Pemuda No. 3 Senayan, Jakarta Pusat (10270), Telp/Fax (021) 5731106, email: jurnal\_iptekor@yahoo.com.

**JURNAL IPTEK OLAHRAGA**

Volume 13, Nomor 2, Mei-Agustus 2011

**DAFTAR ISI**

Taufiq Hidayah dan Rusiyanto	Pengembangan Teknologi Sensor Analisis <i>Smart Target</i> .....	101-119
Ermawan Susanto	Pengembangan Sistem Informasi Profil Atlet Renang Berbasis WEB.....	120-137
Luky Affari dan Muhammad Zaky	Konstruksi Alat Ukur Putaran Panggul ( <i>Hip Rotasimeter</i> ).....	138-145
Ngadiman, Indra Jati Kusuma, dan Azis Wisnu Widhi N.	Pengembangan Alat Bantu untuk Latihan <i>Footwork</i> Bulutangkis Berbasis Teknologi <i>Microcontroller</i> .....	146-165
Asep Suharta	Pengaruh Pendekatan Pembelajaran dan Kesegaran Jasmani terhadap Hasil Belajar Keterampilan Bolavoli Mini...166-180	
Iis Marwan, Cucu Hidayat, dan Eka Wahyu Hidayat	Upaya Peningkatan Prestasi Senam Artistik melalui Evaluasi Proses Menggunakan Media Rekam.....	181-196

# PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SENSOR ANALISIS SMART TARGET

Taufiq Hidayah dan Rusiyanto

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk perangkat lunak teknologi sensor analisis yang dapat digunakan untuk menilai ketepatan, kecepatan dan kekuatan lemparan bola secara cepat dan akurat. Penelitian dan pengembangan ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan Borg dan Gall dengan sampel penelitian keseluruhan 55 orang. Hasil penelitian ini adalah teknologi sensor analisis *smart target* dapat diterapkan untuk pengukuran kecepatan gerak, kekuatan dan ketepatan lemparan atau aksi yang lain; (2) pengukuran dengan menggunakan *smart target* sangat memungkinkan untuk dapat digunakan dalam pengukuran kualitas gerak pada gerakan-gerakan cabang olahraga seperti; melempar, pukulan, tendangan, tusukan dan lain-lain.

**Kata kunci:** teknologi sensor, pengukuran kekuatan, kecepatan dan ketepatan.

Perkembangan prestasi olahraga Indonesia mengalami pasang surut yang sangat memprihatinkan. Nama besar olahraga Indonesia sangat tergantung dari cabang olahraga tertentu utamanya bulu tangkis dan hanya mengandalkan sisa-sisa kejayaan masa lampau untuk selalu berketit setiap membicarakan prestasi internasional.

Era dahulu dengan sekarang sudah jauh berbeda. Dahulu pemain bulutangkis lebih mengandalkan *stylish*, gaya, sekarang kecepatan dan *power* menjadi dominan jika ingin berprestasi. Untuk mencapai prestasi internasional kini tidak mungkin lagi tanpa memanfaatkan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Iptek) dengan baik. Perkembangan Iptek olahraga di Indonesia masih tersendat-sendat. Saat ini pengembangan Iptek olahraga sangat ditumpukan pada peran Lembaga Pendidikan Tinggi Olahraga (LPTO). Hal ini wajar karena di perguruan Tinggi olahraga tersebut tersedia Sumber Daya Manusia yang mengetahui dan mempelajari Iptek Olahraga.

Beberapa alat yang sudah dimiliki oleh LPTO tersebut lebih banyak peralatan yang modern dan berbasis teknologi komputer. Sebagai pusat-pusat pengembangan Iptek olahraga dan penghasil sumber daya manusia keolahragaan, LPTO harus dilengkapi laboratorium yang memadai. Laboratorium olahraga memang mahal, tetapi kalau ingin maju itu tetap harus diadakan.

---

*Taufik Hidayah dan Rusiyanto adalah Dosen Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang (FIK-Unnes).*

Beberapa teknologi yang digunakan merupakan teknologi terbaru, menjadi tantangan bagi kita selaku akademisi untuk senantiasa tidak cuma menggunakan tetapi lebih dari itu perlu untuk mengembangkan dan memodifikasi baik pada aspek penggunaan maupun pada upaya pembuatan.

Salah satu alat yang sangat penting yang harus dikembangkan adalah pemanfaatan teknologi sensor analisis yang dapat digunakan untuk mendeteksi sebuah obyek yang bergerak. Obyek yang bergerak dapat memberikan informasi berupa kecepatan geraknya, ketepatan gerak dan kekuatan gerak. Dengan teknologi ini dapat dimodifikasi sebuah perangkat yang berupa target atau sasaran yang berisikan sensor yang dapat mengetahui kecepatan, ketepatan dan kekuatan sebuah lemparan bola. Alat ini diharapkan akan dapat memadukan beberapa pengukuran yang selama ini terpisah, seperti kecepatan bola dengan *stopwatch*, kekuatan lemparan dengan bola medicin, dan ketepatan lemparan dengan target statis.

Produk yang dapat dikembangkan dan dihasilkan melalui penelitian ini adalah alat yang berisi sensor gerak yang dapat menangkap tekanan dampak bola, kecepatan bola dan kekuatan lemparan yang dilengkapi dengan perangkat lunak yang dapat menganalisis data yang ditangkap oleh alat tersebut, sesuai dengan indikator penilaian ketepatan, kecepatan dan kekuatan lemparan. Secara khusus alat ini disebut sebagai Smart Target (target pintar) yang dapat memberikan informasi atau data yang berhubungan dengan lemparan bola meliputi; ketepatan lemparan, kecepatan laju bola dan kekuatan lemparan.

Kemajuan Iptek dari masa ke masa berkembang cepat terutama dibidang otomasi industri. Perkembangan ini tampak jelas di industri pemabrikan, dimana sebelumnya banyak pekerjaan menggunakan tangan manusia, kemudian beralih menggunakan mesin, berikutnya dengan *electro-mechanic* (semi otomatis) dan sekarang sudah menggunakan robotik (*full automatic*) seperti penggunaan *Flexible Manufacturing Systems* (FMS) dan *Komputerized Integrated Manufacture* (CIM) dan sebagainya.

Model apapun yang digunakan dalam sistem otomasi buatan pabrik sangat tergantung kepada keandalan sistem kendali yang dipakai. Hasil penelitian menunjukkan secanggih apapun sistem kendali yang dipakai akan sangat tergantung kepada sensor maupun transduser yang digunakan.

Sensor dan transduser merupakan peralatan atau komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah sistem pengaturan otomatis. Ketepatan dan kesesuaian dalam memilih sebuah sensor akan sangat menentukan kinerja dari sistem pengaturan secara otomatis. Sharonn (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya. Contohnya camera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, *light dependent resistance* (LDR) sebagai sensor cahaya, dan lainnya.

William (1993), mengatakan transduser adalah sebuah alat yang bila digerakan oleh suatu energi di dalam sebuah sistem transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi berikutnya. Transmisi energi ini bisa berupa listrik, mekanik, kimia, radiasi (*optic*) atau panas (*thermal*). Contohnya generator, yakni transduser yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik, motor adalah transduser yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik, dan sebagainya.

William (1993), mengatakan alat ukur adalah sesuatu alat yang berfungsi memberikan batasan nilai atau harga tertentu dari gejala-gejala atau sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi. Contohnya *voltmeter*, *amperemeter* untuk sinyal listrik; *tachometer*, *speedometer* untuk kecepatan gerak mekanik, *lux-meter* untuk intensitas cahaya, dan sebagainya.

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu: (1) sensor panas (*thermal*); (2) sensor mekanis; dan (3) sensor cahaya (*optic*).

Sensor *thermal* adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas atau temperatur atau suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contohnya *bimetal*, *termistor*, *termokopel*, *RTD*, *photo transistor*, *photo dioda*, *photo multiplier*, *photovoltaik*, *infrared pyrometer*, *hygrometer*, dan sebagainya.

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, tingkatan dan sebagainya. Contohnya *strain gage*, *linear variable deferential transformer* (LVDT), *proximity*, *potensiometer*, *Load cell*, *bourdon tube*, dan sebagainya.

Sensor optic atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan. Contohnya *photo cell, photo transistor, photo diode, photo voltaic, photo multiplier, pyrometer optic*, dan sebagainya.

Sementara klasifikasi transduser adalah: (1) transduser pembangkit sendiri (*self generating transduser*); dan (2) transduser daya dari luar (*external power transduser*). *Self generating transduser* merupakan *transduser* yang hanya memerlukan satu sumber energi. Contohnya *piezo electric, termocouple, photovoltaic, termistor*, dan sebagainya. Ciri transduser ini adalah dihasilkannya suatu energi listrik dari transduser secara langsung. Dalam hal ini transduser berperan sebagai sumber tegangan. Sedangkan *external power transduser* adalah transduser yang memerlukan sejumlah energi dari luar untuk menghasilkan suatu keluaran. Contohnya RTD (*resistance thermal detector*), *strain gauge*, LVDT (*linier variable differential transformer*), *Potensiometer, NTC*, dan sebagainya.

### **Sensor Kecepatan**

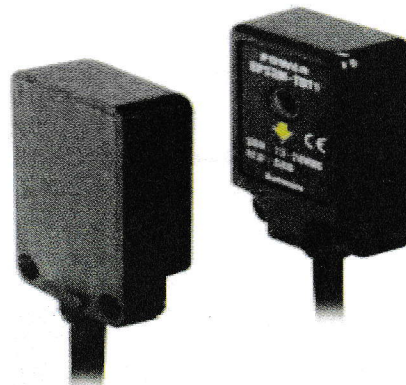
Pergerakan mekanis adalah tindakan yang paling banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti perpindahan suatu benda dari suatu posisi ke posisi lain, kecepatan mobil di jalan raya, dongrak mobil yang dapat mengangkat mobil seberat 10 ton, debit air di dalam pipa pesat, tinggi permukaan air dalam tanki.

Semua gerak mekanis tersebut pada intinya hanya terdiri dari 3 (tiga) macam, yaitu gerak lurus, gerak melingkar dan gerak memuntir. Gerak mekanis disebabkan oleh adanya gaya aksi yang dapat menimbulkan gaya reaksi. Banyak cara dilakukan untuk mengetahui atau mengukur gerak mekanis misalnya mengukur jarak atau posisi dengan meter, mengukur kecepatan dengan tachometer, mengukur debit air dengan rotameter dan sebagainya. Tetapi jika ditemui gerakan mekanis yang berada dalam suatu sistem yang kompleks maka diperlukan sebuah sensor untuk mendeteksi atau menginformasikan nilai yang akan diukur.

Pengukuran kecepatan dapat dilakukan dengan cara analog dan cara digital. Secara umum pengukuran kecepatan terbagi 2 (dua) cara, yaitu cara angular dan cara translasi. Untuk mengukur kecepatan translasi dapat diturunkan dari cara pengukuran angular. Maksud dengan pengukuran angular adalah pengukuran kecepatan rotasi (berputar), sedangkan

pengukuran kecepatan translasi adalah kecepatan gerak lurus beraturan dan kecepatan gerak lurus tidak beraturan.

Salah satu tipe sensor kecepatan adalah cara optik. Rotor dibuat dari bahan metal atau plastik gelap, rotor dibuat berlubang untuk memberi tanda kepada sensor cahaya. Bila diinginkan informasi arah kecepatan, digunakan dua buah sensor yang dipasang berdekatan. Informasi arah gerak dapat diperoleh dengan cara mendeteksi sensor mana yang lebih dahulu mendapat sinar (aktif). Sensor cahaya sangat peka terhadap debu, oleh karena itu keseluruhan bagian sensor (stator dan rotor) harus diletakkan pada kemasan tertutup. Kelebihan sensor ini memiliki linearitas yang sangat tinggi untuk daerah jangkauan yang sangat luas. Kelemahannya adalah masih diperlukan adanya pengaturan mekanik dengan sistem yang di sensor.



Gambar 1. Sensor Kecepatan

### Sensor Tekanan

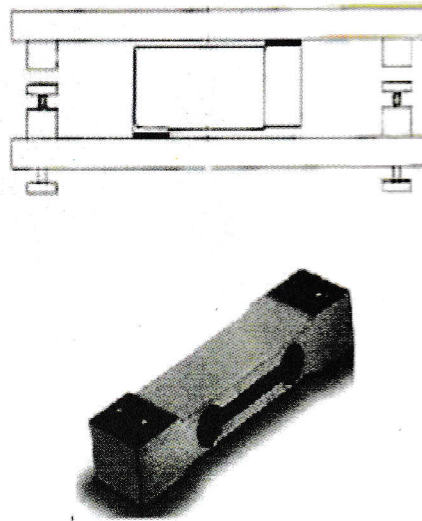
*Load cell* adalah sensor gaya elektrik yang digunakan dalam skala-skala industri modern adalah peralatan-peralatan pengukuran tegangan presisi (*precision strain gage devices*) yang mengukur defleksi yang kecil pada kolom *Load cell* atau batang *Load cell* yang disebabkan oleh karena pemberian gaya atau beban.

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih berbagai macam rancangan *Load cell*, yang meliputi: (1) ketelitian yang diperlukan; (2) kapasitas skala; (3) teknik pemberian beban atau dengan tarikan atau pemampatan; (4) jumlah sel-sel yang dibutuhkan; (5) kondisi pembebanan; (6) faktor-faktor lingkungan; (7) karakteristik *output* yang diinginkan; serta (8) ruang yang tersedia.



Instalasi perakitan terdiri dari 2 (dua) kategori umum: pemampatan (*compression*) dan penegangan (*tension*). *Load cells* umumnya digunakan pada skala tipe *platform*. Pada dasarnya cell diapit oleh dua lempengan baja. Cell tersebut dipasangkan dengan lempengan atas dan bawah menggunakan *rigid bolt*. Ukuran nominal dari lempengan tersebut berkisar dari 10 inci persegi untuk kapasitas ringan, dan sampai 28 inci persegi untuk *cell* yang berkapasitas lebih besar. Dikarenakan efek *side loading* telah dapat dihilangkan, kurang lebih 25% dari kapasitas dapat ditempatkan pada ujung luar dari lempengan.

*Load cell* dikelompokkan sebagai transduser gaya (*force transducer*). Alat ini mengubah gaya atau beban atau berat menjadi sinyal elektrik. *Strain gage* adalah bagian utama dari *Load cell*. *Strain gage* adalah sebuah alat yang memiliki nilai tahanan yang dapat berubah apabila alat mengalami penekanan.

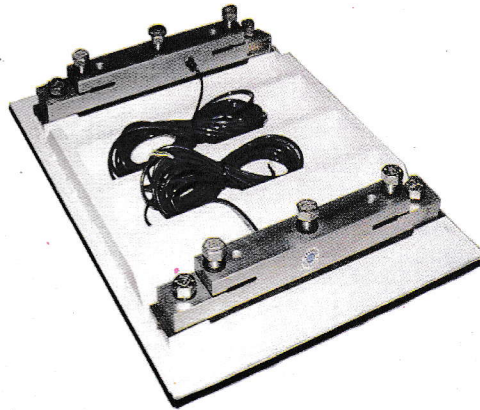


Gambar 2: *Load cell*

*Gage-gage* tersebut terbuat dari lembaran logam yang sangat tipis yang sudah mengalami pengerjaan panas dan terikat secara kimia pada sebuah lapisan dielektrik yang tipis. Lalu "*gage patches*" tersebut dipasang atau diletakkan pada elemen regang (*strain element*) dengan alat perekat yang telah diformulasikan secara khusus. Posisi yang sesuai dari *gage*, prosedur pemasangan (*mounting procedure*) dan material yang digunakan semuanya memiliki efek yang dapat diukur pada unjuk kerja keseluruhan dari *Load cell* tersebut.

Setiap *gage patch* terdiri dari satu atau lebih kabel, baik yang terlekat pada permukaan batang penahan (*beam*), cincin (*ring*), atau *column* (elemen regang atau *strain element*) di

dalam *Load cell*. Pada saat permukaan dimana *gage* melekat mulai meregang, kawat pada *strain gage* memanjang atau memendek sehingga timbul perubahan nilai tahanan yang sesuai atau proporsional dengan beban yang timbul atau beban yang diberikan. Satu atau lebih *strain gages* digunakan dalam pembuatan *Load cell*.



Gambar 3. Rangkaian *load cell*

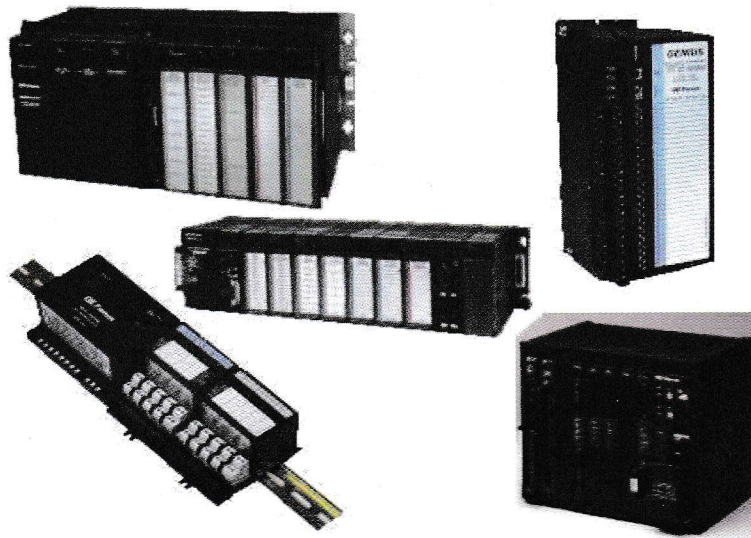
### ***Programmable Logic Control (PLC)***

PLC digunakan untuk mengatur waktu dari sensor cahaya ke dinding *Load cell* menuju program komputer. PLC (*Programmable Logic Control*) adalah kontroler yang berbasis microprosesor dan dapat diprogram. Pada umumnya PLC digunakan pada pengendalian mesin-mesin di industri, sehingga dapat berjalan secara otomatis. Keunggulan PLC dibandingkan dengan *microcontroller* adalah mudah dalam pemrogramannya. Program pada PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman yang sederhana dan mudah dimengerti dengan dasar logika. Istilah logika disini adalah sebagian besar pemrograman berkaitan dengan mengimplementasikan operasi-operasi logika dan *switching* (penyambungan).

Berdasarkan namanya konsep PLC adalah sebagai berikut: (1) *programmable*; (2) *logic*; dan (3) *kontroler*. *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori untuk menyimpan program yang telah dibuat yang dengan mudah diubah-ubah fungsi atau kegunaannya. *Logic*, menunjukkan kemampuan dalam memproses input secara aritmatik dan *logic*, yakni melakukan operasi membandingkan, menjumlahkan, mengalikan, membagi, mengurangi, negasi, AND, OR, dan lain sebagainya. Sedangkan *controller*, menunjukkan

kemampuan dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan *output* yang diinginkan.

Menurut *National Electrical Manufacturing Assosiation* (NEMA) PLC didefinisikan sebagai suatu perangkat elektronik digital dengan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifik, seperti: logika, sekuen, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol suatu mesin industri atau proses industri sesuai dengan yang diinginkan. PLC mampu mengerjakan suatu proses terus menerus sesuai variabel masukan dan memberikan keputusan sesuai keinginan pemrograman sehingga nilai keluaran tetap terkontrol.



Gambar 4. *PLC Ge Fanuc CIM-003*

Menurut [forumsains.com](http://forumsains.com), PLC merupakan “komputer khusus” untuk aplikasi dalam industri, untuk memonitor proses, dan untuk menggantikan *hard wiring control* dan memiliki bahasa pemrograman sendiri. Akan tetapi PLC berbeda dengan perangkat komputer karena PLC dirancang untuk instalasi dan perawatan oleh teknisi dan ahli listrik di industri yang tidak harus mempunyai kemampuan elektronika tinggi dan memberikan kendali yang fleksibel berdasarkan eksekusi instruksi logika.

Menurut Capiel (1982), PLC adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didisain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang

mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I atau O digital maupun analog.

Fungsi dan kegunaan dari PLC dapat dikatakan hampir tidak terbatas. Tapi dalam prakteknya dapat dibagi secara umum dan khusus. Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut: (1) kontrol sekuensial; (2) *monitoring plant*.

Kontrol sekuensial, PLC memroses input sinyal biner menjadi *output* yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

*Monitoring plant*, PLC secara terus menerus memonitor suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut ke operator. Secara khusus, PLC mempunyai fungsi sebagai pemberi masukan (input) ke CNC (*Komputerized Numerical Control*) untuk kepentingan pemrosesan lebih lanjut. CNC mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dan lebih mahal harganya jika dibandingkan dengan PLC. Perangkat ini, biasanya dipakai untuk proses finishing, membentuk benda kerja, moulding dan sebagainya.

### **Kecepatan Lemparan**

Kecepatan bagi seorang atlet terutama pada cabang olahraga softball merupakan salah satu faktor penunjang untuk menghasilkan lemparan yang baik sehingga dapat menyulitkan pemukul dalam memukul bola. Kecepatan hasil lemparan adalah penentu berhasil tidaknya melempar bola ke bidang sasaran atau *strike zone* sehingga pemukul akan kesulitan dalam mengontrol bola yang dilemparkan oleh *pitcher*. Selanjutnya Imam Hidayat (1982), menyatakan kalau kita menghendaki kecepatan (V) yang sebesar-besarnya, maka jarak (S) harus sebesar-besarnya dan waktu (T) harus sekecil-kecilnya, sesuai dengan rumus:

$$V = S \text{ atau } T$$

Keterangan:

S = Jarak; T = Waktu; V = Kecepatan.

Rumus di atas menyatakan bahwa Kecepatan berbanding lurus dengan jarak, artinya makin besar jarak, makin besar pula kecepatannya. Kecepatan berbanding terbalik dengan waktu, artinya makin besar waktu yang ditempuh, makin kecil pula kecepatannya. Makin kecil waktu makin besar pula kecepatannya. Seperti halnya dalam gerak *pitching*, makin panjang awalan yang digunakan dan makin singkat pelaksanaannya dari awalan tersebut maka makin cepat pula jalannya bola.

Dengan demikian maka upaya untuk meningkatkan kecepatan dapat dilakukan dengan memperpanjang langkah dan mempersingkat waktu pelaksanaannya. Didalam lemparan softball gerakan yang lazim dilakukan adalah dengan melakukan lompatan atau jumping kaki depan atau istilah *softball* disebut sebagai gerakan *pitching windmill jumping*.

### **Kekuatan Lemparan**

Untuk memperbesar kecepatan, harus memperbesar pula impuls yang dihasilkan dari kekuatan lecutan pergelangan tangan dan momentum sebagai hasil kekuatan terhadap bola. momentum adalah besarnya gaya dorong dari suatu benda, atau bisa disebut juga kekuatan gerak. Begitu juga dalam gerakan *pitching*, momentum yang dihasilkannya adalah momentum kedepan jadi pada saat melakukan gerakan *pitching* dengan mengerahkan kekuatan, maka terjadilah kekuatan gerak (momentum) pada bola yang besarnya = massa x kecepatan bola ( $m \times v$ ). Momentum terhadap bola tidak hanya dihasilkan dari kekuatan gerak saja ( $K$ ), makin lama kita mengerahkan kekuatan makin besar pula momentum yang dihasilkannya. Jadi besarnya  $K$  dan lamanya kekuatan gerak ( $t$ ) menentukan besarnya momentum ( $K \times t$ ). Jadi sebetulnya  $K \times t$  adalah yang menyebabkan, sedangkan  $m \times v$  adalah akibat yang ditimbulkannya. Sebab akibat akan sama besar, ( $K \times t = m \times v$ ). Dilihat dari gerakan *pitcher*, kalau lengan ayun lebih panjang sehingga pegerahan kekuatannya pun semakin lama sehingga impulsnya lebih besar. Impuls yang besar, otomatis momentum yang dihasilkannya juga besar (Imam Hidayat, 1982).

### **Ketepatan Lemparan**

Hampir seluruh cabang olahraga memerlukan faktor ketepatan untuk memperoleh kemenangan seperti basket, tennis, panahan dan sebagainya. *Softball* juga termasuk dalam cabang olahraga yang memerlukan ketepatan dalam melempar bola secara akurat tidak hanya

seorang *pitcher* semua pemainnya pun harus mampu melemparkan bolanya secara tepat dan akurat. Menurut Imam Hidayat mengenai ketepatan dalam melempar adalah sebagai berikut : “Agar ketepatan melempar lebih baik, maka perlu digunakan prinsip *Flattening of the arch* (Imam Hidayat, 1982).

Pada prinsip ini, ketepatan ditentukan oleh besarnya sebaran (divergensi). Bahu yang bergerak sedikit memiliki divergensi yang besar karena busurnya bergerak sedikit, sedangkan bahu yang bergerak banyak memiliki divergensi yang kecil karena busurnya bergerak banyak. Untuk menghasilkan ketepatan yang baik, divergensi yang dimiliki oleh busur harus sekecil-kecilnya karena dengan divergensi yang kecil akan memudahkan pengontrolan bola. Busur yang dimaksud disini adalah gerak lengan *pitcher* pada saat melemparkan bola ke bidang sasaran. Prinsip tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut: (1) kalau saat mengayun bahu tidak bergerak, maka divergensinya akan besar; (2) kalau saat mengayun bahu bergerak sedikit, maka divergensinya akan berkurang besarnya; dan (3) kalau saat mengayun bahu bergerak banyak, maka divergensinya akan lebih kecil dibandingkan dengan bahu yang bergerak sedikit.

Jadi dari fenomena divergensi diatas jelas bahwa untuk mempengaruhi ketepatan pada saat melempar sebaiknya bahu ikut bergerak (pada saat pengerahan kekuatan gerak), yang berfungsi agar memudahkan dalam pengontrolan bola terhadap ketepatan lemparan ke bidang sasaran.

## **METODE**

Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan. Menurut Borg dan Gall (1983) prosedur penelitian dan pengembangan pada dasarnya terdiri dari 2 (dua) tujuan utama, yaitu: (1) mengembangkan produk; dan (2) menguji keefektifan produk untuk mencapai tujuan. Tujuan pertama disebut sebagai fungsi pengembangan sedangkan tujuan kedua disebut sebagai fungsi validasi. Adapun prosedur utama dalam penelitian dan pengembangan terdiri atas lima langkah, yaitu: (1) melakukan analisis produk yang akan dikembangkan; (2) mengembangkan produk awal; (3) validasi ahli; (4) uji coba lapangan; (5) revisi produk.

Dengan demikian penelitian dan pengembangan adalah pemakaian secara sistematis pengetahuan ilmiah yang diarahkan pada produksi bahan, piranti, sistem, metode, model,

termasuk proses perancangan prototipe. Model pengembangan dalam penelitian ini, berupa model perancangan prototipe sistem perangkat lunak, yang menggunakan langkah-langkah yang harus diikuti untuk menghasilkan pengukuran akurat tentang ketepatan lemparan, kecepatan laju bola dan kekuatan lemparan.

Penelitian ini melibatkan 5 objek yang dilakukan di laboratorium Jurusan Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang (Unnes) dan uji skala luas dengan melibatkan 50 objek telah dilakukan di laboratorium olahraga Fakultas Ilmu Keolahragaan.

## **HASIL**

### **Analisis Produk**

Tahap awal dari pembuatan alat pengukuran kecepatan, ketepatan dan kekuatan lemparan ini adalah dengan menanalisis kelemahan produk sejenis atau teknik pengukuran sejenis yang digunakan saat ini. Saat ini tes pengukuran lemparan masih menggunakan peralatan yang terpisah, yaitu dengan menggunakan beberapa alat konvensional seperti; stop watch untuk mengukur kecepatan lemparan, target statis untuk pengukuran ketepatan dan pengukuran kekuatan lemparan dengan menggunakan bola *medicine*.

Penggunaan alat yang terpisah sering mengakibatkan kesulitan dalam pembacaan hasil dan hasilnya perlu melalui proses perhitungan. Disamping itu juga memerlukan tenaga pengukur (tester) sesuai dengan aspek yang diukur. Dari hasil analisis tes pengukuran yang sudah ada beserta kelemahan-kelemahan yang ditemukan, maka dalam penelitian ini produk yang dihasilkan memiliki kelebihan pada aspek kecepatan pengolahan data dan ketelitian pengukuran kekuatan lemparan.

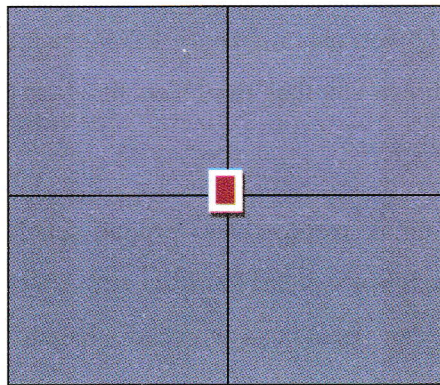
Teknologi sensor photoelektrik digunakan dalam produk ini untuk mengukur gerakan-gerakan cepat. Dengan sensor area yang dipasang pada awal lemparan maka kecepatan lemparan akan terdeteksi. Sedangkan untuk pengukuran kekuatan lemparan menggunakan *Load cell* sebagai alat yang berfungsi untuk mengukur hasil tegangan akibat sebuah tekanan dari benda.

### **Pengembangan Produk Awal**

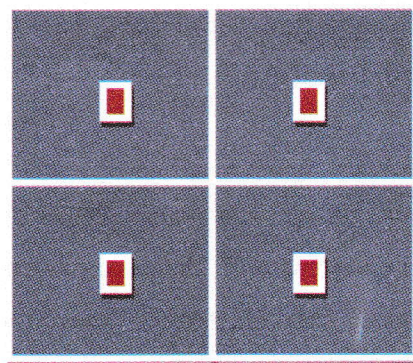
Pengembangan produk awal dengan berdasar pada analisis produk terhadap teknik pengukuran yang sudah ada dan kajian analisis kelemahan produk, serta rancangan produk pengembangan maka langkah yang ditempuh dalam rancangan produk awal adalah sebagai

berikut: (1) merancang dan menyusun pola penempatan load cel dan sensor; (2) merancang dan menentukan tingkat akurasi; (3) merancang dan menentukan klasifikasi hasil penilaian; (4) mengkonsultasikan hasil dari ketiga langkah di atas pada konsultan ahli; dan (5) merancang dan mengembangkan perangkat lunak.

Dari aspek yang dianalisis pada produk awal, diperoleh rancangan produk *load cell* ditempatkan pada empat titik yang masing-masing titik *load cell* akan memiliki area tangkapan sendiri, hal ini dikarenakan jika penempatan *load cell* hanya satu pada tengah target presisi atau tingkat ketelitian akan berkurang karena jarak impak dengan *load cell* akan berpengaruh. Penempatan *load cell* seperti gambar 5 memiliki kelemahan karena area impak tersebar. Semakin letak impak jauh dari *load cell*, maka hasil nya akan semakin tidak akurat. Sedangkan penempatan *load cell* seperti gambar 6 dapat mengurangi kelemahan karena area impak yang tersebar akan terdeteksi melalui *load cell* terdekat. Sehingga dibutuhkan *load cell* sejumlah target yang di bidik.



Gambar 5. Penempatan satu sensor *load cell*



Gambar 6. Penempatan 4 sensor *load cell*



### **Validasi Ketelitian Alat**

Desain awal perangkat lunak sebelum diujicobakan dalam uji skala kecil, terlebih dahulu divalidasi oleh para ahli yang sesuai dengan bidang penelitian ini. Rancangan awal berupa rangkaian alat pengukuran dicoba dan divalidasi hasilnya. Pelaksanaan validasi dilakukan di Laboratorium teknik mesin Universitas Negeri Semarang (Unnes) dengan cara membandingkan hasil pengukuran dengan peralatan standar.

Hasil yang diperoleh dalam validasi hasil menunjukkan bahwa: (1) *load cell* mampu membaca tekanan beban dari 0,001 kg sampai 160 kg; dan (2) sensor gerak dan PLC mampu membaca gerak benda sampai 100 m/detik.

### **Uji Coba**

Uji coba ini dilakukan untuk mendapat tanggapan serta masukan untuk revisi produk, sehingga dihasilkan produk akhir yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Uji coba dilakukan dalam skala kecil dengan melibatkan 5 objek akan dilakukan di laboratorium Jurusan Ilmu Keolahragaan Unnes dan uji skala luas dengan melibatkan 50 objek telah dilakukan di laboratorium olahraga Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Unnes).

### **Revisi Produk**

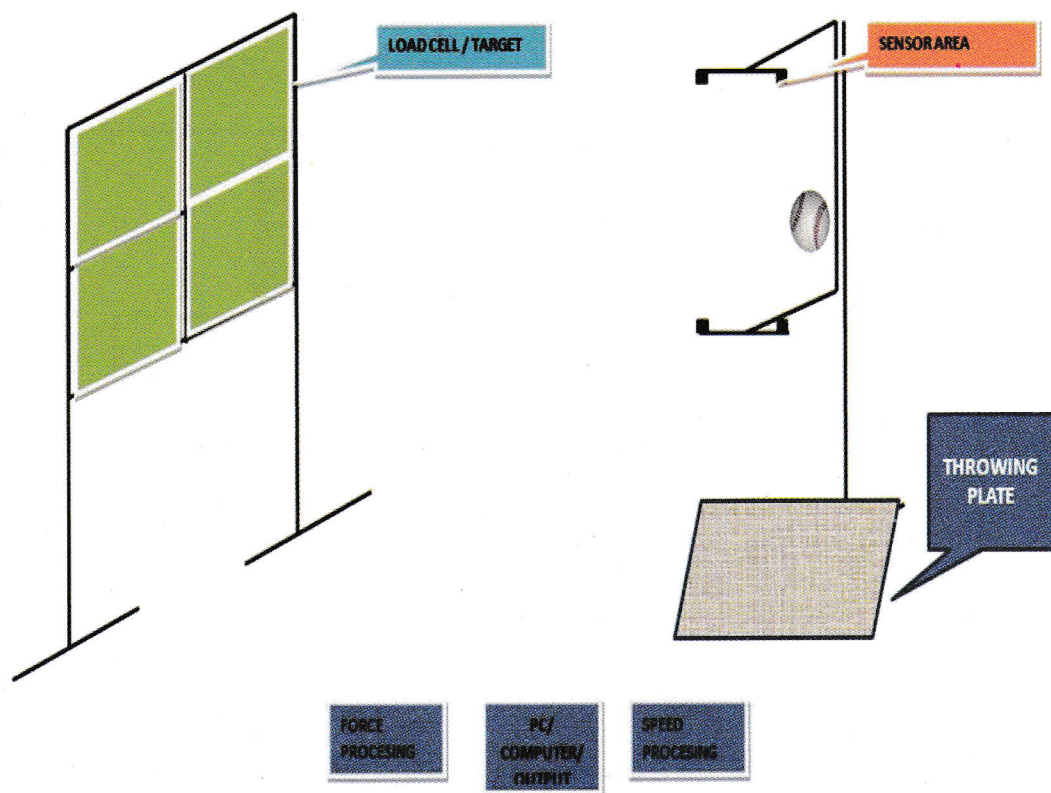
Revisi produk dilakukan untuk memperbaiki produk sebelum produk akhir digunakan. Revisi dilakukan berdasarkan masukan-masukan dari para ahli dan hasil uji coba. Masukan dan saran dari para ahli dan pengguna menjadi bagian penting yang merupakan pengembangan dari peralatan ini, saran dan masukan tersebut diantaranya adalah: (1) penambahan *load cell* pada target agar akurasi kekuatan menjadi lebih presisi; (2) getaran akibat lemparan pada target sedikit banyak akan mempengaruhi informasi gaya atau kekuatan yang dikirim ke komputer; (3) pemilihan bahan baku besi yang lebih kokoh; serta (4) penempatan sensor area yang lebih fleksibel.

### **Kelebihan dan Kelemahan Produk**

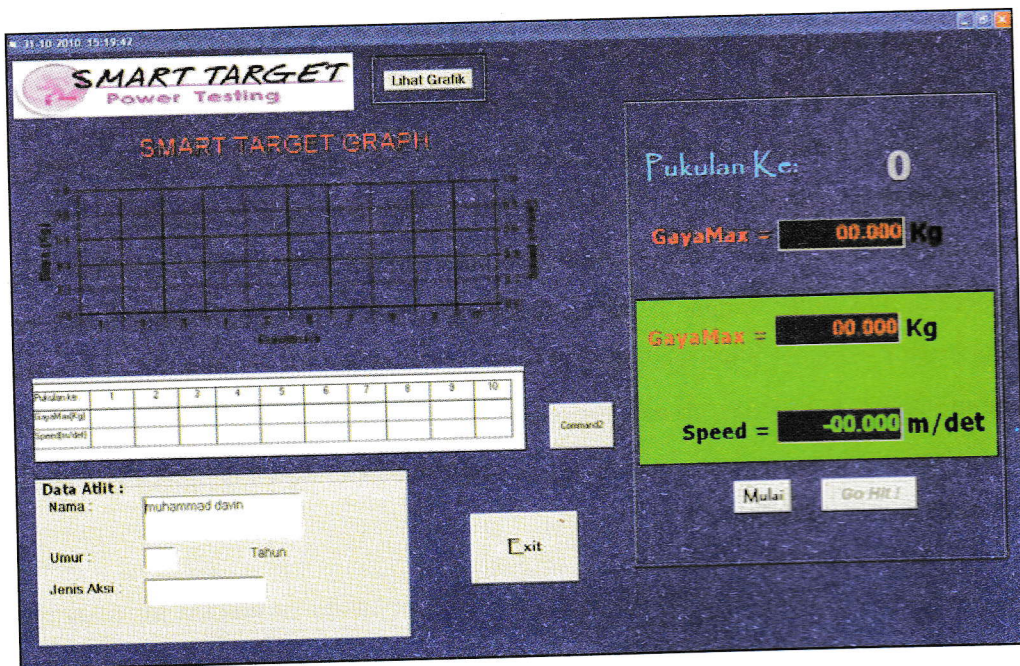
Produk yang telah dibuat memiliki kelebihan sebagai berikut: (1) dapat mengukur berbagai aksi lemparan, gerakan dan jenis bola, diantaranya: lemparan bola *softball* maupun *baseball*, lemparan bola tenis, *smash* bolavoli, *service* bolavoli, dan *passing* bola basket; (2) pembacaan hasil pengukuran dilakukan dengan bahasa komputer sehingga berjalan lebih

cepat, dan dapat seketika diketahui grafik peningkatan atau penurunan hasil lemparan; (3) tersedia menu “simpan atau cetak print” untuk keperluan penyimpanan data hasil pengukuran; (4) dapat dirakit di luar atau di dalam ruangan; dan (5) tidak terpengaruh pencahayaan ruang.

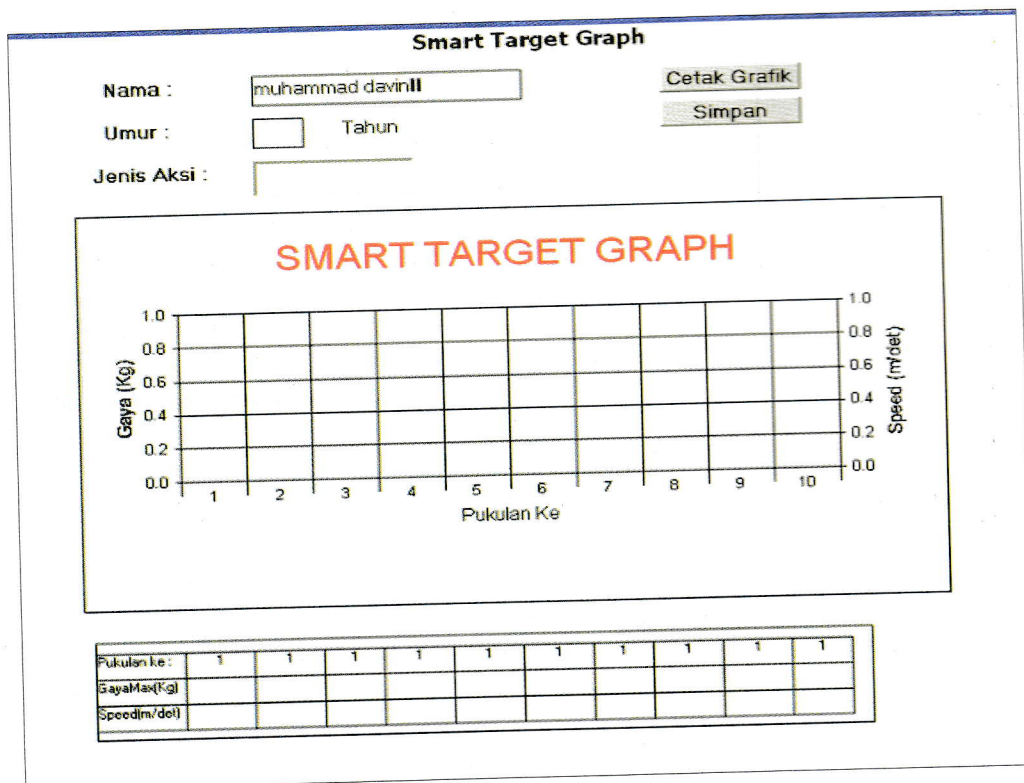
Dengan teknologi sensor dan program komputer, maka produk ini memiliki kelemahan sebagai berikut: (1) rentan dengan benturan terutama sensor gerak. Perlu pengamanan berupa pelindung sensor gerak dalam perjalanan; (2) sangat dimungkinkan terjadi konflik pada saat pengukuran akibat kesalahan urutan pengoperasian program; dan (3) bahan-bahan yang terdiri dari besi membuat produk ini kurang *portable* untuk di bawa dengan cepat untuk itu diperlu waktu untuk perakitan.



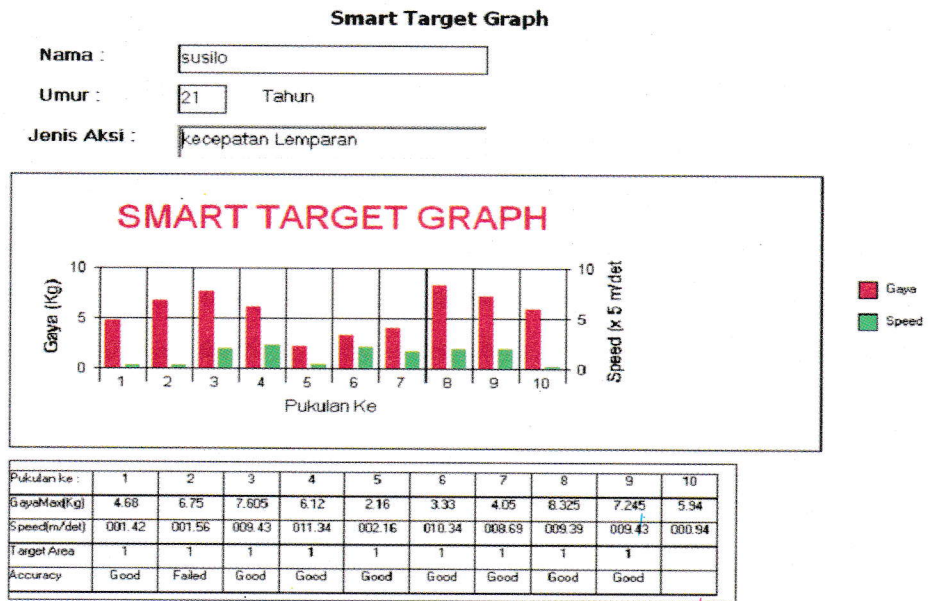
Gambar 7. Skema penempatan alat



Gambar 8. Tampilan monitor



Gambar 9. Tampilan output



Gambar 10. Hasil cetak



Gambar 11. Cara melakukan lemparan

## **PEMBAHASAN**

Dari produk yang dihasilkan dalam penelitian ini, *smart target* dapat menggantikan pengukuran manual dalam tes kekuatan lemparan, kecepatan lemparan dan ketepatan lemparan. Pengukuran yang sering menggunakan stopwatch dan bola medicine dapat digantikan dengan teknologi sensor.

Rangkaian kerja sensor yang peka terhadap pergerakan sebuah benda memungkinkan alat ini dapat digunakan sampai kecepatan maksimal yang dapat dilakukan seseorang dalam melempar sebuah benda (200 km/jam), sedangkan sensor tekanan dapat menangkap dampak sebuah benda sampai 120 kg.

Berdasar kemampuan tersebut maka *smart target* sangat memungkinkan untuk dapat diaplikasikan dalam berbagai gerak olahraga seperti; tusukan anggar, kekuatan pukulan tinju, lemparan bola basket, ayunan tenis lapangan, dan sebagainya.

Dari tampilan alat-alat yang dirangkai nampak alat ini perlu adanya penyederhanaan rangkaian baik dari segi koneksi maupun bahan yang digunakan. Koneksi atau hubungan antar alat masih menggunakan kabel sehingga terkesan kurang praktis, dalam pengembangan selanjutnya akan dikembangkan penerapan teknologi *wireless* guna penyederhanaan koneksi antar alat. Bahan besi yang digunakan untuk menopang sensor gerak dan sensor tekanan perlu dirancang lebih praktis dan portable sehingga dapat dirangkai secara cepat dan kuat.

Dalam proses uji coba diperoleh masukan dan saran dari para ahli dan pengguna menjadi bagian penting yang merupakan pengembangan dari peralatan ini, saran dan masukan tersebut sebagai berikut: (1) penambahan *load cell* pada target agar akurasi kekuatan menjadi lebih presisi; (2) getaran akibat lemparan pada target sedikit banyak akan mempengaruhi informasi gaya atau kekuatan yang dikirim ke komputer; (3) pemilihan bahan baku besi yang lebih kokoh; (4) penempatan sensor area yang lebih fleksibel.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil pengembangan teknologi sensor untuk pengukuran kecepatan gerak, kekuatan dan ketepatan, maka penelitian ini menyimpulkan: (1) teknologi sensor dapat diterapkan untuk pengukuran kecepatan gerak dan kekuatan serta ketepatan lemparan atau aksi yang lain; dan (2) pengukuran dengan menggunakan *smart target* sangat memungkinkan untuk dapat digunakan dalam pengukuran kualitas gerak pada gerakan-gerakan cabang olahraga seperti; melempar, pukulan, tendangan, tusukan dan lain-lain.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Borg, Walter R. dan Gall, Meredith, Damien. 1983. *Educational Research: An Introduction Fourth Edition*. New York: Longman Inc.
- Imam Hidayat, 1982. *Biomekanika*. Diktat Matakuliah. Bandung.
- Johnson, Barry L & Jack K. Nelson. 1970 (3<sup>th</sup> ed). *Practical Measurements for Evaluation in Physical Education*. Minneapollis: Burgess Publishing Company
- Sharonn, D., 1982. *Sensor and Tranducer*. Indiana: Melich.
- William, D.C. 1993. *Photoelectric sensor*, California: Brown.