

Pengembangan Sistem Pengukuran Gaya Tumbukan pada Jurus Pukulan Datar Pencak Silat Menggunakan Sistem *Strain Gauge*

Muhammad Rizal, Iskandar Hasanuddin, Muhammad Asyraf

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia

E-mail: asyraf.acceleration@gmail.com

Abstract

Force plate is a tool that is very useful for knowing the amount of force produced by an athlete. This tool can help trainers or sports researchers in the physical development of an athlete. This research is a development of a tool for measuring the force that calculates collision forces while assessing the characteristics of a strain gauge-based transducer for flat punch moves from Pencak Silat. The analysis was done theoretically to determine the characteristics of this measuring instrument and experimentally to figure out the validation of the measuring instrument. This impact force measurement instrument has been made and can absorb about 2000N. It has sensitivity about 0.0981 mV/N, has linearity deviation about 1.169 mV (9,431), and has hysteresis percentation about 5,3%. The result of validation test that has it biggest deviation about 2.99 N. Thus, this tool can be used to measure the impact force which was produced from the Pencak Silat flat punch moves.

Keywords: Strain gauge, Force plate, Force measurement.

1. Pendahuluan

Pengukuran gaya yang diukur oleh seorang atlet dapat membantu pelatih atau peneliti olahraga untuk mengevaluasi secara kuantitatif akan perkembangan fisik seorang atlet [1]. Contohnya sebuah pukulan datar, yang diberikan oleh seorang atlet pencak silat dapat diukur sehingga dapat diketahui pengembangan fisik dari atlet tersebut. Dengan force plate kita dapat mengetahui besaran gaya yang dihasilkan oleh tumbukan yang dihasilkan oleh para atlet.

Transduser juga sama dengan sensor gaya merupakan peralatan atau komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah sistem pengaturan otomatis. Sebuah transduser dapat mendeteksi sebuah sinyal informasi menjadi sinyal yang dapat diketahui besarnya. Sinyal itu dapat berupa sinyal mekanis, elektrik, optik, atau menjadi keluaran sinyal yang diperlukan [2].

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah besaran fisis tertentu menjadi besaran listrik equivalent untuk dikondisikan ke elemen berikutnya. Sensor dapat dianalogikan sebagai indra yang dapat menerima input besaran yang nanti dapat digunakan untuk keperluan tertentu [2].

Strain gauge adalah bagian yang sangat penting dari sebuah load cell, dengan fungsi untuk mendeteksi besarnya perubahan dimensi jarak yang disebabkan oleh suatu elemen gaya. Strain gauge secara umum digunakan dalam pengukuran presisi gaya, berat, tekanan, torsi, perpindahan dan kuantitas mekanis lainnya dan dikonversi menjadi ketegangan dalam anggota mekanis. Strain gauge menghasilkan

perubahan nilai tahanan yang proporsional dengan perubahan panjang atau jarak [3].

Pengujian karakteristik atau yang disebut kalibrasi adalah pengujian untuk mengetahui standar nilai input dan output dari suatu sistem pengukuran [2]. Ada beberapa karakteristik yang diuji pada penelitian ini, yaitu: sensitivitas, linearitas, histeresis, mampu ulang, akurasi, resolusi, dan toleransi.

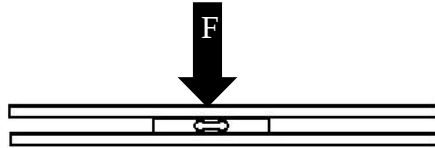
Force plate ialah alat untuk mengukur besaran gaya yang salah satunya memiliki basis sensor strain gauge. Seperti yang dikatakan oleh George Beckham, force plate merupakan sebuah alat yang sangat berguna untuk mengetahui besaran gaya yang dihasilkan oleh seorang atlet, alat ini dapat membantu pelatih ataupun peneliti olahraga dalam pengembangan fisik seorang atlet [1]. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sebuah transduser gaya yang bertujuan untuk mengukur besarnya gaya tumbukan dari jurus pukulan datar pencak silat, alat ini akan diuji karakteristiknya dan validasinya untuk mengetahui kelayakannya. Alat dari hasil penelitian ini hanya menghitung gaya tumbukan dari sebuah axis x. Oleh karena itu, jurus pukulan datar menjadi sebuah pilihan dalam menganalisa hasil validasi dari alat ini.

2. Metode dan Peralatan

2.1. Desain dan Model Transduser Gaya

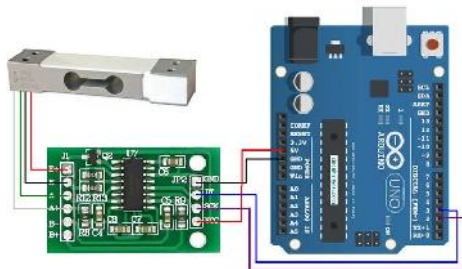
Pada penelitian ini sebuah transduser gaya berupa load cell didesain dengan dua buah pelat dengan ujung nya diikat pada satu pelat yang nantinya akan diberi gaya tumbukan dan akan memberikan defleksi sehingga gayanya akan dapat

dibaca oleh transduser. Desain dari perancangan force plate dapat dilihat pada Gambar 1. Konfigurasi Arduino dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Desain force plate

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa gaya yang diberikan pada force plate merupakan gaya terpusat dan idealnya diberikan pada sisi tengah dari force plate tersebut.



Gambar 2. Konfigurasi Arduino dengan load cell [4]

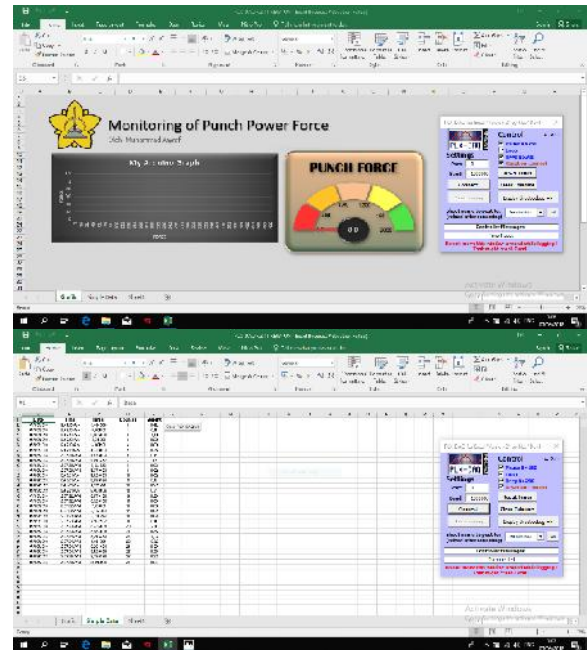
Gambar 2 diatas merupakan konfigurasi dari load cell hingga ke Arduino sehingga selanjutnya dihubungkan melalui kabel USB ke computer untuk dibaca. Ukuran load cell yang digunakan adalah 15cm, 3,7cm, dan 2,4cm untuk panjang, lebar, dan tinggi nya. Load cell ini mampu menahan beban hingga 2000N, memiliki resistansi masukan sebesar $402 \pm 6\Omega$ dan resistansi keluaran $350 \pm 3\Omega$

Setelah pembuatan force plate selesai, kemudian force plate akan dimasukkan ke dalam boxing pad yang berdimensi 40cm x 20cm x 10cm. Seperti yang tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Boxing pad [5]

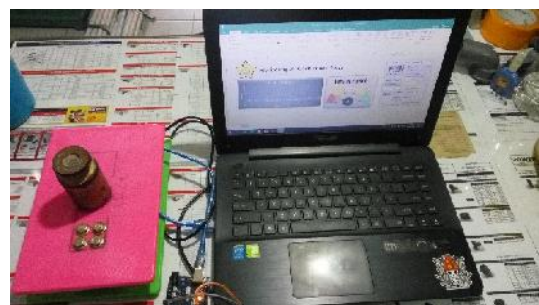
Setelah force plate dimasukkan ke dalam boxing pad seperti pada Gambar 3 dengan bantuan pemakaian menggunakan Arduino uno dan HX711, atlet dapat melakukan pukulan datar yang mana pukulannya melalui satu axis x. Dan bacaannya dapat dilihat melalui plot yang telah dihubungkan ke Microsoft Excel dengan menggunakan PLX-DHQ seperti pada Gambar 4 berikut:



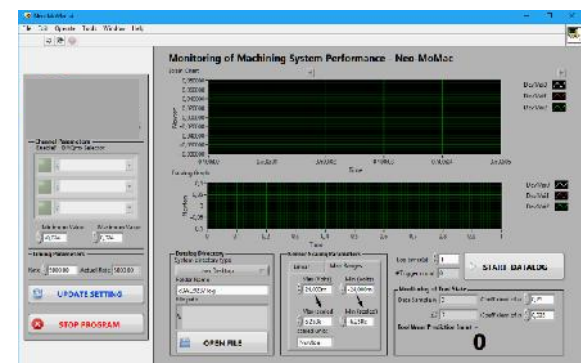
Gambar 4. Antarmuka PLX-DHQ

2.2. Prosedur Pengujian Karakteristik

Pengujian karakteristik ini dilakukan dengan metode penambahan beban secara teratur dari 10N, 20N, 30N hingga 100N. Beban yang digunakan merupakan pemberat dari kuningan yang telah dikalibrasi dengan tepat sehingga didapatkan nilai yang baik. Pengujian dilakukan dengan pemberian beban langsung pada force plate bagian tengah seperti pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Prosedur pengujian karakteristik



Gambar 6. Antarmuka aplikasi Neo-Mac.

Untuk pengambilan data pengujian sensitivitas dan linearitas, digunakan alat dari National Instrument DAQ NI 9237 dengan aplikasi Neo-Mac seperti pada Gambar 6.

Untuk pengujian histeresis, mampu ulang, resolusi, dan akurasi dilakukan dengan menggunakan PLX-DHQ yang terhubung langsung ke Arduino seperti yang terlihat pada Gambar 4.

2.3. Prosedur Pengujian Validasi

Setelah pengujian karakteristik selesai, *force plate* dimasukkan ke dalam *boxing pad*. Kemudian pengujian validasi dilakukan untuk mengetahui besaran nilai *input* dan *output* setelah dimasukkannya *force plate* ke dalam *boxing pad* yang dilapisi busa. Pengujian ini dilakukan dengan pemberian gaya dengan menggunakan pemberat dan pemberian gaya tumbukan langsung dari jurus pukulan datar pencak silat seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur pengujian validasi

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukannya pembuatan *force plate* dan dimasukkan ke dalam *pad*, berikut adalah gambar hasil dari perencanaan dan pembuatan transduser gaya:



Gambar 8. Gambar alat ukur dari tampak depan, samping, dan belakang.

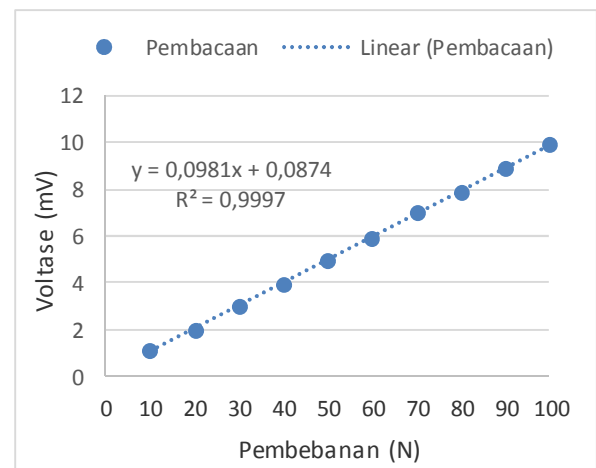
Alat pada gambar di atas nantinya akan disambungkan dengan arduino dan HX711 dan langsung dihubungkan ke komputer.

3.1. Data dari Uji Karakteristik

Berikut adalah data dan grafik hasil pengujian karakteristik dari alat ukur:

3.1.1. Sensitivitas dan linearitas

Dari gambar 9, perbandingan antara pembebanan yang diberikan pada alat ukur dengan pembacaan yang dikeluarkan melalui aplikasi Neo-Mac dapat diketahui bahwasanya nilai dari sensitivitas alat ukur sebesar 0,0981 mV/N dan nilai dari fungsi linearitasnya yaitu $y = 0,0981x + 0,0874$. Oleh karena itu diperoleh Tabel 1 linearitas di bawah ini:



Gambar 9. Grafik hasil dari pengujian sensitivitas dan linearitas.

Tabel 1. Data hasil linearitas

F (N)	Pembacaan (mV)	Linearitas (%)
10	1,169	9,431
20	2,021	1,360
30	3,030	0,005
40	3,954	1,410
50	4,941	1,021
60	5,934	0,655
70	6,987	0,477
80	7,921	0,176
90	8,907	0,101
100	9,959	0,623

Hasil linearitas didapatkan dari memasukkan nilai gaya pembebanan pada fungsi linearitas di atas. lalu dapat diperoleh penyimpangan dari linearitas tertinggi sebesar 9,431% pada pembebanan 10N, menunjukkan simpangan tertinggi dari fungsi

linearitas sebesar 1,169 mV. Hal ini mungkin disebabkan oleh bergesernya titik pusat gaya ketika dilakukan pemberian gaya.

3.1.2. Histerisis

Hasil yang disajikan pada Tabel 2 dari penelitian histerisis ini berupa simpangan, dimana pada pembebanan 80N terdapat penyimpangan sebesar 0,48N dengan nilai histerisis sebesar 5,3%. Nilai-nilai simpangan diatas sangatlah sedikit sehingga kita bahkan tidak mendapatkan simpangan seperti pada pembebanan 10N.

Tabel 2. Data hasil pengujian histerisis

F (N)	$ u_n $ (N)
10	0,00
20	0,01
30	0,19
40	0,05
50	0,31
60	0,17
70	0,05
80	0,48
90	0,10
100	0,01

3.1.3. Akurasi

Dari Tabel 3 dapat diperoleh informasi bahwa transduser gaya memiliki akurasi hingga 97,22% pada pembebanan 10N. Dari pengujian ini juga memberikan informasi keakuratan alat ukur ini dimulai dari 95,88%, yaitu pada percobaan pembebanan 80N.

Tabel 3. Data hasil pengujian akurasi

F (N)	Persentase Akurasi
10	97,22%
20	96,00%
30	96,26%
40	96,66%
50	96,36%
60	96,48%
70	96,45%
80	95,88%
90	96,16%
100	96,06%

3.2. Data dari Uji Validasi

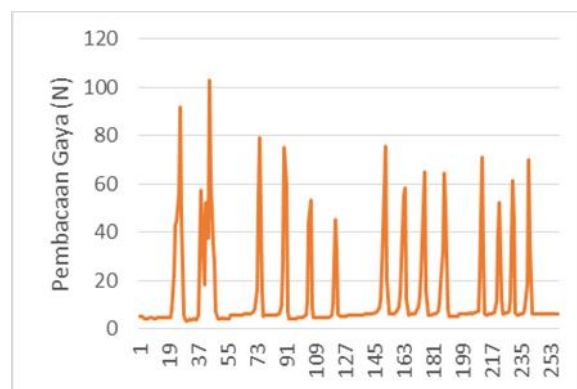
Dari Tabel 4 dapat diperoleh informasi bahwa ketika alat ukur diberikan pembebanan berulang maka terjadi perbedaan pembacaan dimana pembacaan yang diperoleh akan membesar.

Simpangan terbesar yaitu pada pembebanan 100N, sebesar 2,99N. Hal ini disebabkan oleh belum kembalinya kondisi material alat ukur setelah terjadinya defleksi, sehingga alat belum siap memberikan pembacaan maksimal. Perbedaan nilai pembacaan juga disebabkan oleh titik pusat penerimaan gaya yang berbeda sehingga alat tidak membaca gaya yang masuk secara maksimal.

Tabel 4. Data hasil pengujian validasi

Beban (N)	Pembacaan 1 (N)	Pembacaan 2 (N)	Pembacaan 3 (N)
10	10,402	10,417	10,413
50	52,040	51,370	51,267
100	102,617	104,191	103,827
Beban (N)	Pembacaan 4 (N)	Pembacaan 5 (N)	Pembacaan Rata-rata (N)
10	10,406	10,396	10,406
50	52,340	52,556	51,914
100	103,617	100,730	102,996

Uji validasi dilakukan secara terus menerus oleh seorang atlet silat. Gambar 10 adalah grafik hasil pengujian validasi dari alat ukur. Grafik diatas merupakan hasil perbandingan antara jumlah data yang masuk dengan gaya yang diberikan pada alat. Alat ukur ini dapat menerima pukulan dengan baik hingga 103N. Pengujian dilakukan dengan memberikan pukulan datar terus menerus pada satu titik. Penurunan angka pembacaan disebabkan oleh kelelahan atlet.



Gambar 10. Grafik hasil dari pengujian validasi.

4. Kesimpulan

Alat ukur gaya tumbukan berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik dengan pembacaan melalui aplikasi tambahan dan masih harus dihubungkan dengan perangkat komputer.

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian karakteristik alat ukur gaya ini adalah berupa nilai sensitivitas sebesar 0,0981 mV/N. Simpangan tertinggi dari fungsi linearitas sebesar 1,169 mV. Nilai histerisis yang didapat sebesar

0,48N pada pembebanan 80N, serta memiliki tingkat akurasi hingga 97,22% pada pembebanan 10N. Dengan perbedaan yang tidak begitu besar, alat ini mampu mengukur gaya hingga berulang kali.

Kemudian, hasil dari uji validasi adalah terdapat simpangan terbesar yaitu pada pembebanan rata-rata 100N sebesar 2,99N. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwasanya alat ini dapat digunakan untuk mengukur gaya dan masih dapat dikembangkan dengan banyak fitur baru.

Daftar Pustaka

- [1] Beckham G., Suchomel T., Mizuguchi S., 2014, Force Plate Use in Performance Monitoring and Sport Science Testing. *New Studies in Athletics*. 29:3; 25-37.
- [2] Figliola R. S., 2011, *Theory and Design for Mechanical Measurements*, John Wiley & Sons, Inc. Clemson University.
- [3] Magga R., Penggunaan Strain Gag (Load Cell) Untuk Analisa Tegangan Pada Pembebanan Statik Batang Aluminium., Vol. 2 No. 1: Januari 2011: 53 – 61
- [4] Chandaluru M. HX711 Load Cell Amplifier Interface with Arduino. https://www.hackster.io/MOHAN_CHANDALURU/hx711-load-cell-amplifier-interface-with-arduino-fa47f3. Diakses pada tanggal 6 Juni 2018.
- [5] Baoblaze, Taekwondo Accessorio Per Boxing Muay Thai. <https://www.amazon.it/Baoblaze-Cuscino-Obiettivo-Taekwondo-Accessorio/dp/B07928V2LH>. Diakses pada tanggal 6 Juni 2018.