

# Analisis Instrumen Pengukuran Kekuatan Pukulan Berbasis Peredam Kejut (*Shock Breaker*)

Deni Kurniawan Efendi<sup>1</sup>, Gatut Rubiono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 01 Banyuwangi68416

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin, Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 01 Banyuwangi68416

E-mail: denikurniawanefendi@gmail.com

---

**Abstrak**—Pukulan merupakan satu parameter penting dalam olahraga beladiri seperti karate, tinju dan lain-lain. Pengukuran pukulan dapat menjadi bahan untuk mendesain program latihan bagi atlet dan mencegah cedera saat latihan. Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisis instrumen pengukuran kekuatan pukulan berbasis peredam kejut (*shock breaker*). Analisis pengukuran pukulan dilakukan untuk dua aspek yaitu kekuatan yang direpresentasikan dengan besarnya gaya dan momentum sebagai produk dari kecepatan pukulan. Pukulan diasumsikan menggunakan lengan bagian bawah dan tangan (kepalan). Pemodelan instrumen pengukuran menggunakan peredam kejut. Data biometrik tangan dan lengan didapatkan dari referensi yang ada. Analisis dilakukan untuk mendeskripsikan aplikasi instrumen dan proses analisis data yang dihasilkan dari aplikasi tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa Instrumen pengukuran pukulan berbasis peredam kejut dapat diaplikasikan dalam olahraga beladiri dengan mempertimbangkan faktor kalibrasi, ketelitian teknis dan pemilihan komponen yang tepat agar aplikasi instrumen dapat dilakukan secara optimal.

**Kata Kunci**—*analisis, pukulan, pengukuran, instrumen, shock breaker.*

---

## I. PENDAHULUAN

Ilmu beladiri sudah dikenal sejak zaman prasejarah. Pada masa itu, kehidupan manusia masih sederhana dan bergantung sepenuhnya kepada alam. Ketika mengenal peperangan, beragam teknik berkelahi diciptakan agar bisa memenangkan pertempuran dalam waktu cepat tanpa banyak terluka. Makin lama, ilmu tersebut berkembang menjadi seni tersendiri [1]. Sejarah menyatakan bahwa banyak ilmu beladiri yang berkembang dari kondisi aslinya di seluruh penjuru dunia. Beberapa cabang beladiri melibatkan gerakan bergulat (*grappling*) seperti gulat, Jiu, Jitsu, Judo dan lain-lain. Beladiri yang lain lebih mengutamakan pukulan seperti tinju, *kick boxing*, Muay Thai, Karate, Takwondo dan lain-lain [2].

Karate adalah olahraga yang memerlukan kecepatan. Semua gerakan yang cepat adalah gerakan gerakan yang menggunakan sistem anaerobik [3]. Pukulan merupakan salah satu teknik yang dominan dalam olahraga beladiri karate [4]. Pukulan dalam karate, terdiri dari beberapa teknik seperti pukulan oi tsuki cudan, kizami tsuki, gyaku tsuki, dan lain-lain [1]. Tangan dan kaki selalu digunakan dalam pertandingan karate, sehingga kedua gerakan anggota tubuh ini harus memiliki gerak yang kuat dan cepat agar pukulan maupun tendangan dapat mengenai sasarandengan tepat [5].

Tinju merupakan olahraga yang dilakukan di seluruh dunia dan dikompetisikan di kejuaraan dunia dan olimpiade [6]. Tinju adalah olahraga kontak (*contact sport*) yang membutuhkan kekuatan fisik dan mental. Tujuan utamanya adalah memukul lawan

sebanyak mungkin dan dalam waktu yang sama menghindari pukulan lawan. Akurasi dan kekuatan pukulan-pukulan menjadi faktor penilaian utama dalam penentuan pemenang. Dalam sebuah pertandingan tinju, pukulan-pukulan dapat dilakukan dalam satu pukulan atau kombinasi [7].

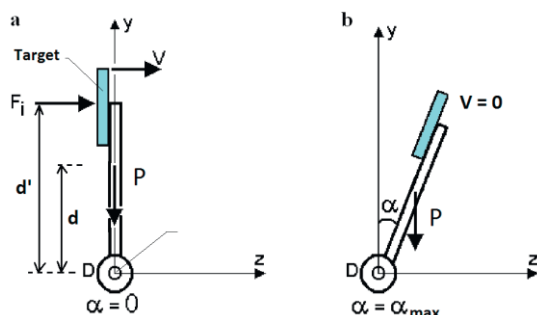
Pengukuran pukulan dari berbagai aspek sangat penting untuk dilakukan. Hal ini perlu dilakukan untuk memantau perkembangan kemampuan seorang atlet. Selain itu, hasil-hasil pengukuran dapat menjadi bahan untuk merancang program latihan untuk meningkatkan kemampuan atlet. Di sisi lain, informasi kekuatan pukulan seorang atlet dapat mengurangi resiko cedera saat berlatih dengan lawan tanding. Identifikasi kekuatan berkaitan dengan akibat dari pukulan langsung dan merupakan faktor penting untuk mengembangkan metode latihan neuromuscular bagi atlet tinju [8].

Penelitian pengukuran pukulan telah banyak dilakukan antara lain untuk pukulan dalam olahraga karate. Kecepatan pukulan diukur dengan menggunakan *photogate meter* [4], menggunakan *stopwath* berdasarkan indikator penilaian tertentu [5], mengukur kecepatan reaksi lengan dengan *Nelson Reaction Test* dan mengukur frekuensi pukulan lurus dengan tes pukulan lurus selama 60 detik [3], tes reaksi tangan dan tes *medicine ball* [9] dan pengamatan pukulan dengan kamera yang dianalisis dengan program Kinovea [10].

Penelitian pukulan dalam pencak silat juga dilakukan untuk jenis pukulan lurus. Penelitian dilakukan dengan pengukuran kekuatan otot menggunakan *push dynamometer* dan hasil pukulan

dengan menggunakan samsak yang diberi daerah skor [11]. Pengukuran juga dilakukan dengan norma pengukuran dimana yang diukur adalah jumlah pukulan tangan mengempal dalam waktu 20 detik [12]. Instrumen lain juga digunakan yaitu *medicine put ball* untuk mengukur *power* otot lengan, *Nelson Reaction Time* untuk mengukur kecepatan reaksi dan frekuensi pukulan lurus selama 30 detik untuk mengukur kemampuan pukulan lurus [13].

Pengukuran pukulan tinju juga dilakukan berkaitan dengan pengembangan alat ukur yang digunakan. Instrumen baru berbasis papan sasaran yang diposisikan di batang torsi. Pengukuran dilakukan dengan sensor tekanan jenis *strain gage* dan kecepatan pukulan menggunakan *accelerometer* [14]. Pengukuran juga dilakukan dengan papan landasan berukuran (1.02 x 0.76) meter yang diberi sasaran diposisikan setinggi 1 meter dari lantai [8]. Kantong tinju dilengkapi dengan *accelerometer* dan pengukuran waktu untuk pengukuran gaya pukulan [7]. Kantung tinju juga dilengkapi dengan *acceleration transducers* dan *gyroscopes* untuk pengukuran pukulan [15].

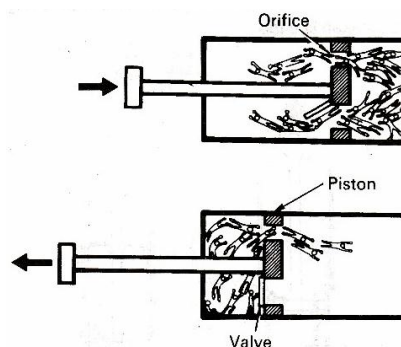


Gambar 1. Gaya-gaya yang bekerja dalam instrumen pengukuran pukulan (a) sebelum tumbukan (b) sesudah tumbukan

Pengukuran gaya kejut (impak) sebuah pukulan harus mempertimbangkan dua hal penting yaitu massa benda dan panjang lengan. Massa yang lebih besar merupakan potensi untuk meningkatkan momentum dan energi kinetik yang menjadi faktor penting dalam gaya impak pukulan. Massa tubuh merupakan faktor potensial dalam gaya pukulan. Karena impuls adalah hasil kali gaya dengan waktu maka dengan lengan yang lebih panjang akan menghasilkan waktu yang lebih lama untuk menghasilkan impak pukulan [2]. Momentum berkaitan dengan kuantitas gerak yang dimiliki oleh suatu benda yang bergerak yaitu kecepatan. Karena benda tersebut memiliki massa dan kecepatan, maka benda tersebut memiliki momentum. Momentum didefinisikan sebagai hasil kali antara massa dan kecepatan benda. Sebelum terjadi tumbukan, masing-masing benda atau salah satu benda bergerak dengan kecepatan tertentu [16].

Salah satu instrumen atau peralatan yang dapat digunakan untuk pengukuran tumbukan atau pukulan

adalah peredam kejut (*shock breaker* atau *shock absorber*) yang banyak digunakan di kendaraan. Peredam kejut berarti alat untuk meredam gaya kejut atau impak. Kerja dari peredam kejut intinya yaitu menahan gerakan dari pegas dengan menggunakan tahanan yang ditimbulkan oleh cairan minyak yang melewati lubang kecil (*orifice*). Aliran atau tekanan yang terjadi pada minyak shock absorber tersebut sesuai dengan hukum Pascal yang menyatakan bahwa zat cair mempunyai sifat dapat memindahkan tekanan kesegala arah dengan sama besarnya. Namun tekanan tersebut dalam hal ini dilewatkan pada lubang-lubang kecil yang berfungsi untuk menahan tekanan tersebut [17].



Gambar 2. Prinsip kerja peredam kejut [14]

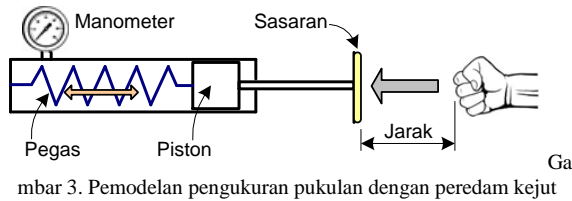
Berdasarkan prinsip kerja peredam kejut maka jika sebuah gaya dalam bentuk pukulan dikenakan pada peredam kejut tersebut akan menyebabkan perubahan tekanan pada fluida minyak atau oli di dalam tabung peredam. Perubahan tekanan ini dapat diukur menggunakan alat ukur tekanan. Tekanan yang terbaca dapat digunakan untuk menghitung gaya yang bekerja sebagai representasi gaya pukulan. Perhitungan gaya ini dilakukan dengan menghitung luas penampang tabung peredam dengan rumus luas lingkaran sesuai dengan bentuk penampang.

Berdasarkan uraian latar belakang ini maka dapat dilakukan analisis yang bertujuan untuk analisis instrumen pengukuran kekuatan pukulan berbasis peredam kejut (*shock breaker*). Hasil analisis diharapkan dapat menjadi acuan atau bahan pertimbangan untuk pengembangan instrumen pengukuran pukulan, pengambilan data dalam eksperimen dan aplikasi dalam olahraga beladiri.

## II. METODOLOGI

Analisis dilakukan dengan teori dan rumus-rumus yang ada serta menggunakan data-data yang dibutuhkan dari referensi yang ada. Analisis pengukuran pukulan dilakukan untuk dua aspek yaitu kekuatan yang direpresentasikan dengan besarnya gaya dan momentum sebagai produk dari kecepatan pukulan. Pukulan diasumsikan menggunakan lengan bawah dan tangan. Pemodelan instrumen pengukuran

menggunakan peredam kejut diskemakan dalam gambar 3 berikut ini.



Tangan dengan jarak awalan tertentu memukul sasaran yang dipasang di lengan piston. Kontak antara kepalan tangan dan sasaran adalah fenomena tumbukan. Gaya pukulan akan menyebabkan piston bergerak di dalam tabung. Gerakan ini menyebabkan tekanan fluida di dalam tabung meningkat. Perubahan tekanan ini diukur menggunakan manometer. Pegas dalam tabung berfungsi untuk mengembalikan piston pada posisi awal.

Data biometrik tangan dan lengan didapatkan dari referensi [18]. Tangan memiliki dan lengan bawah 2.52% dari massa tubuh total dimana data untuk laki-laki memiliki massa rata-rata sebesar 73 kg. Panjang tangan sampai batas bahu rata-rata sebesar 10.66% dari tinggi, lengan atas sebesar 43.6% dan lengan bawah 43% untuk tinggi rata-rata 173.1 meter. Waktu reaksi pukulan berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu berkisar 800-850 milidetik dan 600-1100 milidetik [7].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fenomena tumbukan kepalan tangan dan sasaran memiliki momentum yang merupakan hasil kali massa dan kecepatan. Momentum dirumuskan sebagai [13]:

$$p = m \cdot v \tag{1}$$

Untuk menghitung besarnya momentum pukulan maka diperlukan data massa tangan yang memukul. Dengan asumsi pukulan dilakukan oleh bagian tangan sampai batas sendi siku maka bagian ini memiliki massa 1.84 kg berdasarkan referensi [18]. Selanjutnya benda yang bergerak memiliki energi kinetik yang dihasilkan oleh gerakan tersebut. Energi kinetik dirumuskan sebagai [13]:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \tag{2}$$

Untuk menghitung energi kinetik maka diperlukan data kecepatan. Data kecepatan pukulan dapat diperoleh dengan persamaan kecepatan:

$$v = \frac{s}{t} \tag{3}$$

Data jarak dapat dilakukan pengukuran dengan alat ukur jarak atau panjang yang dimulai ujung kepalan tangan sampai dengan bidang sasaran.

Tekanan yang bekerja di peredam kejut dirumuskan sebagai [14]:

$$P = \frac{F}{A} \tag{4}$$

Luas penampang A adalah luas lingkaran berdasarkan diameter tabung shock breaker yang digunakan. Selanjutnya perhitungan gaya dilakukan sebagai hasil kali massa dan percepatan dan dirumuskan sebagai:

$$F = m \cdot a \tag{5}$$

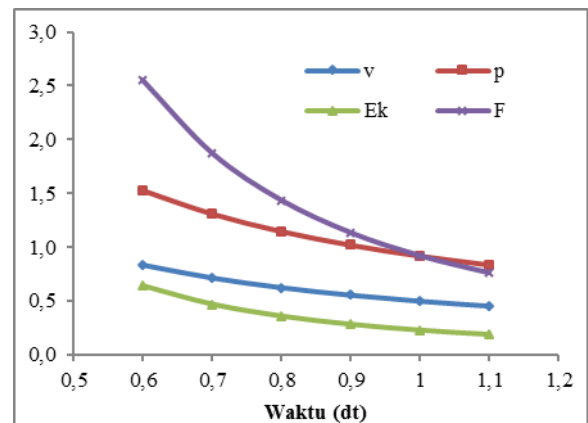
Percepatan suatu benda adalah rasio beda kecepatan dan beda waktu, dirumuskan sebagai:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \tag{6}$$

Jika diasumsikan bahwa tangan yang memukul bermula dari kondisi diam sehingga  $t_1 = 0$  dan  $v_1 = 0$  maka perhitungan persamaan (5) menjadi lebih sederhana. Dengan data-data ini maka tekanan yang bekerja dapat dihitung. Data waktu reaksi pukulan berdasarkan referensi [7] adalah 600-1100 milidetik. Dengan memberikan input waktu dengan selang 100 milidetik dan jarak pukulan 50 cm maka didapat hasil perhitungan sebagai berikut:

TABEL I  
SIMULASI HASIL PERHITUNGAN

t (dt)	v (m/dt)	p (kgm/dt)	Ek (N/dt)	F (N)
0,6	0,83	1,53	0,64	2,56
0,7	0,71	1,31	0,47	1,88
0,8	0,63	1,15	0,36	1,44
0,9	0,56	1,02	0,28	1,14
1,0	0,50	0,92	0,23	0,92
1,1	0,45	0,84	0,19	0,76



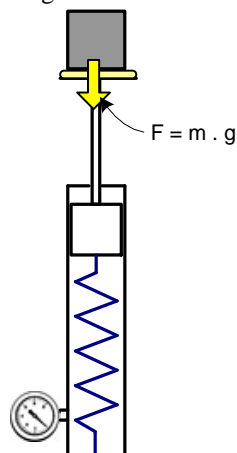
Gambar 4. Grafik hasil simulasi perhitungan

Grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar waktu pukulan maka kecepatan, momentum, energi kinetik dan gaya pukulan akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena empat variabel ini merupakan fungsi atau turunan dari waktu. Kecepatan berbanding terbalik dengan waktu.

Momentum dan energi kinetik merupakan fungsi waktu. Gaya merupakan fungsi percepatan dimana percepatan adalah turunan dari kecepatan. Sehingga jika waktu bertambah besar maka empat variabel tersebut akan semakin kecil.

Aplikasi instrumen seperti skema pada gambar 3 jika diaplikasikan akan menghasilkan data tekanan di manometer. Data tekanan ini dapat diinputkan di persamaan (4) untuk mendapatkan gaya pukulan. Luas penampang didapatkan dengan rumus luas lingkaran (karena peredam kejut berbentuk tabung) yang merupakan fungsi dari diameter. Perubahan atau penggunaan diameter tabung yang berbeda akan menghasilkan luas penampang yang berbeda. Hal ini akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran tekanan di manometer.

Faktor penting dalam aplikasi instrumen ini adalah kalibrasi. Kalibrasi adalah penyesuaian hasil pengukuran dengan suatu ukuran standar atau ukuran yang diketahui. Proses kalibrasi dapat dilakukan secara sederhana dengan memberikan beban dengan massa yang telah diketahui. Massa ini akan menghasilkan gaya berat sebagai hasil perkalian dengan konstanta gravitasi. Skema metode kalibrasi dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Skema kalibrasi instrumen

Berdasarkan gambar 5 maka persamaan (3) menjadi:

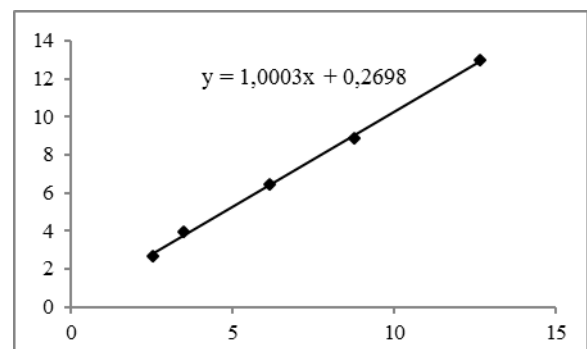
$$P = \frac{m g}{A} \quad (6)$$

Instrumen diposisikan berdiri tegak seperti skema pada gambar 5. Benda dengan massa  $m$  diposisikan di papan sasaran. Gaya berat akan menyebabkan piston bergerak turun dan manometer akan membaca perubahan tekanan. Dengan nilai massa, konstanta gravitasi dan luas permukaan yang diketahui maka nilai tekanan dapat dihitung. Hasil perhitungan ini selanjutnya dicocokkan dengan hasil pengukuran. Selisih hasil perhitungan dan pengukuran akan menghasilkan kesalahan pengukuran (*error*). Kalibrasi dengan beberapa benda akan menghasilkan suatu persamaan untuk memperbaiki tingkat kesalahan dan mendapatkan hasil pengukuran yang

sesungguhnya. Misalkan didapat 5 data untuk dikalibrasi sebagai berikut:

TABEL II  
CONTOH DATA KALIBRASI

Perhitungan	Pengukuran
2,51	2,64
3,48	3,92
6,12	6,47
8,74	8,85
12,63	12,96



Gambar 6. Grafik contoh data kalibrasi

Data di tabel II selanjutnya diplot dalam grafik dan ditambahkan garis regresi (*trendline*) seperti pada gambar 6 sehingga didapatkan sebuah persamaan umum yaitu  $y = 1,0003x + 0,2698$ . Selanjutnya hasil pengukuran dalam sebuah pengambilan data dimasukkan dalam persamaan tersebut sebagai nilai variabel  $x$  sehingga didapatkan nilai  $y$  sebagai hasil pengukuran yang lebih tepat. Dengan cara ini maka hasil pengukuran atau pengambilan data akan menjadi lebih akurat.

Pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah pertimbangan teknis dalam pembuatan alat. Peredam kejut bekerja dengan prinsip tekanan fluida sehingga peralatan harus bebas dari kebocoran sekecil apapun. Kebocoran alat akan mengakibatkan tingkat kesalahan yang relatif besar. Selain itu, diperlukan pemilihan peredam kejut yang bekerja dengan kisaran tekanan yang tepat. Demikian halnya dengan manometer yang harus dipilih dengan skala pembacaan yang sesuai untuk kebutuhan. Untuk itu, ketelitian teknis dan pemilihan komponen yang tepat sangat diperlukan dalam pembuatan instrumen ini untuk aplikasi yang optimal.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Instrumen pengukuran pukulan berbasis peredam kejut dapat diaplikasikan dalam olahraga beladiri. Hal ini didukung dengan teori-teori dan referensi-referensi yang ada. Proses analisis data dapat dilakukan sesuai dengan teori dan rumus-rumus yang ada. Pertimbangan kalibrasi alat ukur, ketelitian teknis dan pemilihan komponen yang tepat sangat

diperlukan agar aplikasi instrumen dapat dilakukan secara optimal.

Instrumen ini masih dapat dikembangkan dengan aplikasi pengukuran dan pencatatan data secara elektronik dan penggunaan program komputer untuk meningkatkan tingkat ketelitian instrumen. Analisis dan penelitian pengembangan instrumen pengukuran yang lain juga masih dapat dilakukan misalnya dengan memanfaatkan sistem pegas atau sifat elastis suatu bahan dengan prinsip perpindahan atau prinsip regangan suatu benda.

#### NOMENCLATURE

a	percepatan $m/dt^2$
A	luas penampang $m^2$
F	gaya N
m	massa benda kg
P	tekanan $N/m^2$
s	jarak m
t	waktu detik
$t_1$	waktu awal
$t_2$	waktu akhir
v	kecepatan benda $m/dt$
$v_1$	kecepatan awal
$v_2$	kecepatan akhir

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian kegiatan hibah penelitian Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi (Kemenristek Dikti) dengan skim Penelitian Dosen Pemula tahun anggaran 2017/2018

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] M. H. Dos Santos, 2016, *Pengaruh Metode Latihan Beban dan Kecepatan Reaksi Tangan Terhadap Kecepatan Pukulan Kizami-Gyaku Tsuki Pada Karateka Inkanas UNM*, Tesis, Program Studi Pendidikan Jasmani dan Olahraga, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Makassar

[2] P. D. House, J. L. Cowan, 2015, *Predicting Straight Punch Force of Impact*, *Oahperd Journal* 53(1)

[3] Supriatin, 2017, *Hubungan Antara Kecepatan Reaksi dengan Frekuensi Pukulan Lurus pada Olahraga Karate Ranting Lemkari Kecamatan Mowewe Kabupaten Kolaka Timur*, Skripsi, Program Studi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Jurusan Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, Kendari

[4] J. G. Manullang, Soegiyanto, Sulaiman, 2014, *Pengaruh Metode Latihan dan Power Lengan Terhadap Kecepatan Pukulan Gyaku Tsuki Chudan pada Cabang Olahraga Karate Dojo Khusus Unimed*, *Journal Of Physical Education And Sports* 3(2): 103-10

[5] P. H. Purba, 2016, *Upaya Meningkatkan Kecepatan Pukulan Gyaku Tsuki Chudan Melalui Bentuk Latihan Variation of Body Drops pada Siswa Putra Ekstrakurikuler Karate SMA Swasta Kristen Immanuel Medan Tahun 2016*, *Wahana Didaktika* 14(3): 1-13

[6] M. Khudair, 2017, *The Search for Sport-Specific Tests in Boxing: Strength, Power And Anaerobic Measurements*, Thesis, Exercise Biomedicine, Engineering and Science, Halmstad University

[7] L. Šiska, J. Brodani, M. Štefanovsky, S. Todorov, 2016, *Basic Reliability Parameters of a Boxing Punch*, *Journal of Physical Education and Sport* 16(1): 241-244

[8] I. Loturco, F. Y. Nakamura, G. G. Artioli, R. Kobal, K. Kitamura, C. C. Cal Abad, I. F. Cruz, F. Romano, L. A. Pereira, E. Franchini, 2016, *Strength and Power Qualities are Highly Associated with Punching Impact in Elite Amateur Boxers*, *Journal of Strength and Conditioning Research* 30(1): 109-116

[9] Monalisa, 2014, *Hubungan Reaksi Tangan dan Power Lengan dengan Kemampuan Pukulan Gyakusuki Cabang Olahraga Karate*, *Jurnal Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung, Bandar Lampung*

[10] A. W. M. Utomo, F. Y. Wulandari, 2017, *Hubungan Antara Kekuatan Otot Tungkai, Perut dan Lengan Terhadap Kecepatan Pukulan Gyaku Tsuki (Study pada Mahasiswa Putra UKM Karate Universitas Negeri Surabaya)*, Artikel Skripsi, Prodi S1 Pendidikan Keperawatan Olahraga, Jurusan Pendidikan Keperawatan Olahraga, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Surabaya

[11] A. Gempar, 2013, *Hubungan Antara Panjang Lengan, Kekuatan dan Daya Tahan Otot Lengan Dengan Hasil Pukulan Lurus Dalam Pencak Silat*, *Jurnal Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung, Bandar Lampung*

[12] A. H. Martopo, 2016, *Tingkat Keterampilan Dasar Pencak Silat Siswa Peserta Ekstrakurikuler Pencak Silat SMK Muhammadiyah 2 Moyudan*, Skripsi, Prodi Pendidikan Jasmani Kesehatan dan Rekreasi, Jurusan Pendidikan Olahraga, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Yogyakarta

[13] Irwan, 2017, *Hubungan Power Otot Lengan, Kecepatan Reaksi dan Motivasi Latihan dengan Kemampuan Pukulan Lurus pada Beladiri Pencak Silat (Studi pada Siswa Ekstrakurikuler SMK Negeri 1 Kendari)*, *Jurnal Hasil Penelitian, Program Pascasarjana, Universitas Halu Oleo, Kendari*

[14] S. Chadlia, N. Ababoua, A. Ababoua, 2014, *A New Instrument for Punch Analysis in Boxing*, *Procedia Engineering* 72(2014): 411 – 416

[15] K. Buško, Z. Staniak, M. Szark-Eckardt, P. T. Nikolaidis, J. Mazur-Rózycka, P. Łach, R. Michalski, J. Gajewski, M. Górski, 2016, *Measuring the Force of Punches and Kicks Among Combat Sport Athletes Using a Modified Punching Bag With an Embedded Accelerometer*, *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 18(1): 47-54

[16] D. D. Prayoga, N. Hanum, S. Lestari, F. B. Chairiah, F. Ulfah, D. Sitompul, 2017, *Simulasi Efek Momentum dan Tumbukan Menggunakan Adobe Flash CS3*, Artikel, Ilmu Komputer, Universitas Sumatera Utara

[17] Mulyono, 2007, *Uji Kinerja Dinamis Sistem Suspensi dan Analisis Stabilitas Micro Car*, Skripsi, Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

[18] Anonim, 2018, *Percent Body Weight*, <http://www.exrx.net>, diunduh tanggal 28 Juli 2018