

PERANCANGAN PENGUKUR KEKUATAN GENGAMAN TANGAN DENGAN LOAD CELL BERBASIS ARDUINO UNO

Firman Eka Saputra ^{*)}, Munawar Agus Riyadi, and Darjat

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: fsaputra64@gmail.com

Abstrak

Untuk melakukan aktivitas setiap hari dan berolahraga, seseorang menggunakan kekuatan gengaman tangan untuk memegang, menulis, melempar, menangkap ataupun mengangkat suatu benda. Grip Strength adalah kemampuan otot atau sekelompok otot yang dapat berkontraksi untuk dapat menahan dan menerima beban dalam usaha yang maksimal. Sedangkan untuk kekuatan genggam tangan adalah kemampuan otot atau sekelompok otot ekstremitas atas tubuh yang dapat berkontraksi untuk menahan dan menerima beban yang maksimal. Pada penelitian ini diciptakan alat pengukur kekuatan gengaman tangan untuk menghitung kekuatan gengaman tangan secara otomatis dan mengetahui kriteria kekuatan gengaman tangan. Alat ini menggunakan Arduino Uno sebagai modul yang mengatur keseluruhan sistem dan Load Cell sebagai sensor. Fungsi alat tersebut adalah menentukan hasil pengukuran kekuatan gengaman tangan dengan kriteria lemah, normal atau kuat dengan memasukan data umur dan jenis kelamin. Pengukuran dilakukan 3 kali menggunakan tangan terkuat, kemudian dipilih data terbesar. Error hasil pengukuran system pengukuran kekuatan gengaman tangan sebesar 5,6 %. Error yang dihasilkan besar karena keadaan otot yang melemah setelah melakukan pengukuran berulang-ulang.

Kata kunci : Grip Strength, Arduino Uno, Load Cell

Abstract

To perform daily activities and exercise, human uses hand grip strength to hold, write, throw, catch or lift an object. Grip Strength is the ability of a muscle or group of muscles that can contract to be able to with stand and receive load in maximum effort. As for the hand grip strength is the ability of a muscle or group of muscles of the upper limb of the body that can contract to hold and receive the maximum load. This final project created a hand grip strength measuring device to calculate the strength of the grip automatically and determine the criteria of the hand grip strength. This tool uses Arduino Uno to control over the entire system and Load Cell as a sensor. The tool function is to determine the result of the measurement of hand grip strength with weak criteria, normal or strong to enter data age and gender. Measurements were performed 3 times using the strongest hand, then the biggest data results was selected. Measured error from the hand grip strength system was found to be as high as 5,6%. The resulting error is due to the weakened muscale state after repeated measurements.

Key words : Grip Strength, Arduino Uno, Load Cell.

1. Pendahuluan

Di dunia kedokteran kekuatan otot menjadi salah satu indikator awal untuk pengecekan kesehatan seseorang. Salah satu alat yang digunakan adalah *hand grip*. Seiring berkembangnya teknologi sekarang ini elektronika kedokteran mengarah pada sistem digital. Salah satu alat pengukur kekuatan otot dalam bentuk sistem digital yang saat ini dikembangkan adalah *Grip Strength Dynamometer*. *Grip Strength Dynamometer* dianggap lebih handal dibandingkan dengan *hand grip analog* [1].

Terdapat hasil penelitian kekuatan gengaman tangan yang diikuti 139.691 orang dewasa dengan rentang usia 35–70 tahun dan berasal dari 17 negara menunjukkan setiap penurunan 5 kilogram dalam tes hand grip dikaitkan dengan peningkatan 16% risiko kematian dari berbagai sebab. Setiap penurunan juga dihubungkan dengan peningkatan 17% risiko kematian karena kesehatan jantung. Meningkatnya risiko terkena stroke sebesar 9% dan risiko serangan jantung 7% lebih tinggi [2].

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, maka dibuatlah suatu penelitian yang bertujuan untuk merancang sebuah

alat pengukur kekuatan genggaman tangan menggunakan Load Cell berbasis Arduino Uno. Input alat ini menggunakan tombol yang digunakan untuk menginputkan range umur, jenis kelamin, serta tombol reset serta sensor *load cell* untuk mengukur tekanan genggaman tangan. Output system dari hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dengan keterangan lemah, normal dan kuat dalam satuan Kilogram (kg).

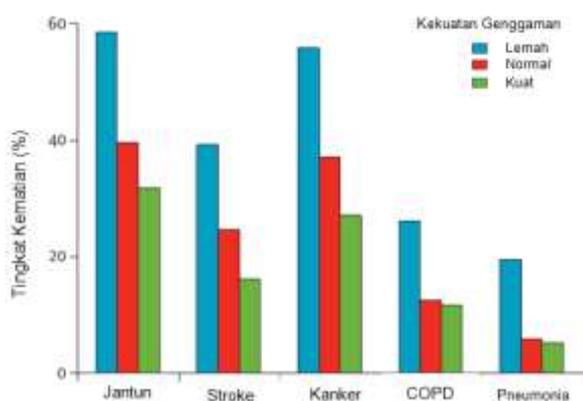
Adapun tujuan dari penelitian adalah membuat alat pengukur kekuatan genggaman tangan dengan *Load Cell*

2. Metode

2.1. Kekuatan Genggaman (Grip Strength)

Kekuatan adalah kemampuan otot atau sekelompok otot yang dapat berkontraksi untuk dapat menahan dan menerima beban dalam usaha yang maksimal. Kekuatan genggaman tangan adalah kemampuan otot atau sekelompok otot ekstrimitas atas tubuh yang dapat berkontraksi untuk menahan dan menerima beban yang maksimal. Kekuatan genggaman tangan digunakan sebagai salah satu metode yang umum digunakan dalam pengukuran kekuatan ekstremitas atas [3].

The Prospective Urban-Rural Epidemiology (PURE) pada tahun 2003 bersama dengan tim Darryl P Leong melakukan penelitian dengan 139.691 orang dewasa dari 17 negara yang memiliki kekuatan genggaman yang lemah serta menderita penyakit. Penelitian berjalan selama 4 tahun, 3.379 dari 139.691 peserta penelitian yang meninggal merupakan penderita penyakit Jantung, Kanker, COPD (paru – paru kronik), dan stroke. [2]



Gambar 1. Data hubungan kejadian kematian terhadap kekuatan genggaman tangan [2]

2.1.1. Penggunaan Data Grip Strength

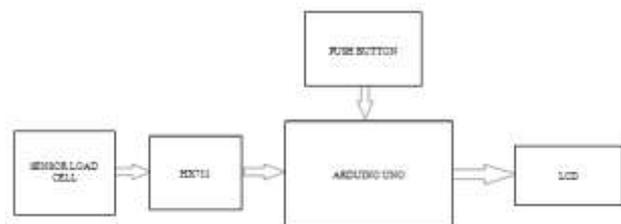
Data untuk kekuatan genggaman tangan digunakan dalam banyak hal, termasuk dalam perancangan industri, perancangan peralatan dan dalam menentukan

perkembangan dalam pemulihan pasien medis. Kekuatan yang dikeluarkan oleh tangan dapat digunakan untuk menggambarkan stress atau tegangan yang diterima oleh tangan pengguna alat. Data hasil test ini dapat menjadi salah satu faktor yang mengarah pada perkembangan ilmu dalam penanganan *work-related musculoskeletal disorders* (WRMSDs). Dengan menggunakan prinsip pendesainan yang tepat dalam merancang peralatan di tempat kerja yang melibatkan kekuatan genggaman tangan sehingga meminimalkan terjadinya cedera pada bagian alat gerak [4].

Tabel 1. Standar Kekuatan Genggaman Tangan dalam Kilogram CAMRY [5]

NO	UMUR (Tahun)	Pria			Wanita		
		Weak (kg)	Normal (kg)	Strong (kg)	Weak (kg)	Normal (kg)	Strong (kg)
1	10 - 11	< 12.6	12.6-22.4	> 22.4	< 11.8	11.8-21.6	> 21.6
2	12 - 13	< 19.4	19.4-31.2	> 31.2	< 14.6	14.6-24.4	> 24.4
3	14 - 15	< 28.5	28.5-44.3	> 44.3	< 15.5	15.5-27.3	> 27.3
4	16 - 17	< 32.6	32.6-52.4	> 52.4	< 17.2	17.2-29.0	> 29.0
5	18 - 19	< 35.7	35.7-55.5	> 55.5	< 19.2	19.2-31.0	> 31.0
6	20 - 24	< 36.8	36.8-56.6	> 56.6	< 21.5	21.5-35.3	> 35.3
7	25 - 29	< 37.7	37.7-57.5	> 57.5	< 25.6	25.6-41.4	> 41.4
8	30 - 34	< 36.0	36.0-55.8	> 55.8	< 21.5	21.5-35.3	> 35.3
9	35 - 39	< 35.8	35.8-55.6	> 55.6	< 20.3	20.3-34.1	> 34.1
10	40 - 44	< 35.5	35.5-55.3	> 55.3	< 18.9	18.9-32.7	> 32.7
11	45 - 49	< 34.7	34.7-54.5	> 54.5	< 18.6	18.6-32.4	> 32.4
12	50 - 54	< 32.9	32.9-50.7	> 50.7	< 18.1	18.1-31.9	> 31.9
13	55 - 59	< 30.7	30.7-48.5	> 48.5	< 17.7	17.7-31.5	> 31.5
14	60 - 64	< 30.2	30.2-48.0	> 48.0	< 17.2	17.2-31.0	> 31.0
15	65 - 69	< 28.2	28.2-44.0	> 44.0	< 15.4	15.4-27.2	> 27.2
16	70 - 99	< 21.3	21.3-35.1	> 35.1	< 14.7	14.7-24.5	> 24.5

2.2. Blok Diagram Sistem Pengukur Kekuatan Genggaman Tangan



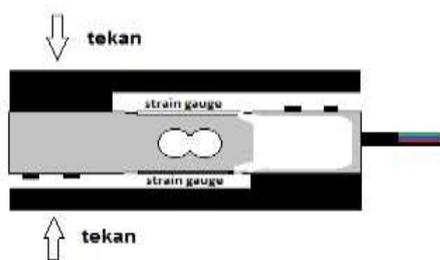
Gambar 2. Blok diagram sistem pengukur Kekuatan Genggaman Tangan

Diagram blok seperti ditunjukkan pada Gambar 2 merupakan gambaran umum dari keseluruhan sistem pengukur kekuatan genggaman tangan yang terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut :

- Sensor *Load Cell* berfungsi sebagai pengukur genggaman tangan.

- Hx711 berfungsi sebagai pengkondisi sinyal ADC agar dapat menghasilkan keluaran berupa tegangan.
- *Arduino Uno* berfungsi sebagai pengontrol keseluruhan sistem pengukur *Digital Hand Power ARLO*.
- Push button digunakan untuk input data berupa range usia, jenis kelamin (pria atau wanita), serta tombol Reset.
- LCD 48 x 84 digunakan untuk menampilkan jenis kelamin, status kekuatan genggam tangan dan nilai genggam tangan dalam kilogram.

2.3. Sensor Load Cell

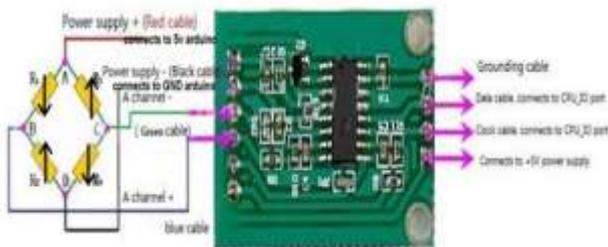


Gambar 3. Mekanik Pengukur Kekuatan Genggam Tangan

Mekanik *Load cell* menggunakan dua sisi yang ditekan sehingga menimbulkan perubahan resistansi pada bagian tengah *Load Cell*. Program yang dirancang berdasarkan standar CAMRY pada Tabel 2.4 beban tertinggi yang tertera adalah range umur ke 7 dimana usia mencapai 25 – 29 tahun dengan kekuatan pria kategori Strong diatas 57,7 kilogram, sedangkan wanita 41,1 kilogram.

2.4. HX711

Penggunaan HX711 adalah sebagai *analog to digital converter* (ADC), *Input multiplexer* tersedia dua channel, Channel A dan Channel B differential input dengan *low-noise programmable gain amplifier* (PGA). Alat Pengukuran menggunakan Channel A penguatan (gain) sebesar 128 kali dengan masukan tegangan diferensial skala penuh ± 40 mV. Pemilihan gain dan masukan tegangan diferensial skala penuh sudah tersetting pada library HX711.

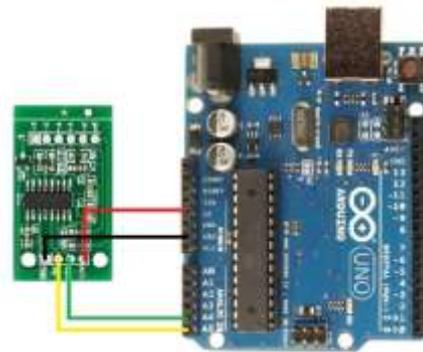


Gambar 4. Load Cell & HX711

Tabel 2. Konfigurasi pin HX711 dengan Load Cell

Pin HX711	Load Cell
A+	Kabel Biru
A-	Kabel Hijau

Kemudian berikut koneksi pin antara HX711 dan *Arduino Uno* :



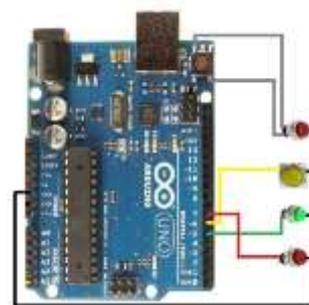
Gambar 5. Arduino Uno & HX711

Tabel 3. Konfigurasi pin HX711 dengan Pin Arduino Uno

Pin HX711	Pin Arduino Uno
GND	GND
DT	A5
SCK	A4
VCC	5V

Gambar 5 dan Tabel 3 pin DT dan SCK berfungsi mengirim data digital yang mana sebelumnya berupa data analog dari *load cell*. HX711 juga membutuhkan supply 5 V terkoneksi ke AVDD analog power supply pin, VSUP *Regulator supply*, DVDD *Digital supply*.

2.5. Push Button / Saklar tekan



Gambar 6. Arduino Uno & Push Button

Alat menggunakan 4 tombol yang digunakan untuk menginputkan umur, jenis kelamin, dan *reset* sistem yang digunakan untuk memulai proses perhitungan dengan fungsi sebagai berikut :

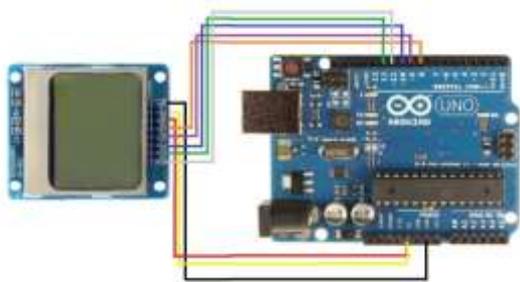
- *Reset* (merah) digunakan untuk mereset *Arduino Uno*.

- Menu umur (hijau) berfungsi untuk memilih range umur.
- Pria (kuning) digunakan untuk memilih jenis kelamin kekuatan genggam kategori pria.
- Wanita (merah) digunakan untuk memilih Kekuatan genggam kategori wanita.

Tabel 4. Konfigurasi pin keypad dengan pin arduino

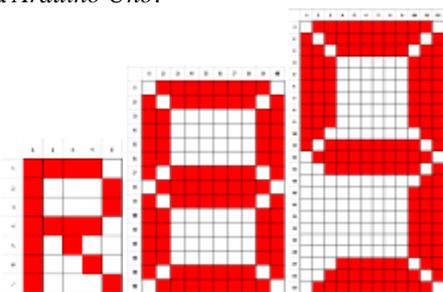
Pin arduino	Fungsi
Reset	Reset (merah)
5	Menu (hijau)
6	Pria (kuning)
7	Wanita (merah)

2.3.4. LCD



Gambar 7. Arduino Uno & LCD

Gambar 7 menggunakan LCD berukuran *display monokrom* 84 x 48 pixel yang diambil dari *screen handphone* Nokia 5110. Modul ini memiliki fitur cahaya LED *backlight* berwarna biru. Tegangan kerja LCD adalah 3,3 V. Tetapi saat pemasangan pin *backlight* dengan pin VCC LCD, *backlight* tidak terang sehingga pin *backlight* dan pin VCC LCD dihubungkan dengan 5V DC pada *Arduino Uno*.



Gambar 8. Ukuran Huruf Kecil, Angka Normal dan Angka Besar

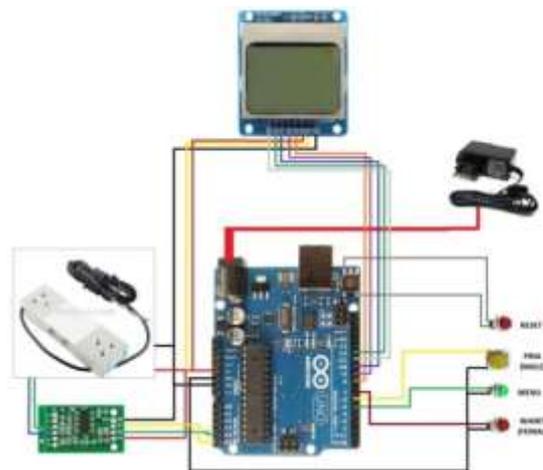
Angka dengan ukuran normal pada Gambar 8 mempunyai panjang 15 pixel dan lebar 10 pixel. Sedangkan angka ukuran besar memiliki ukuran panjang 23 pixel dan lebar 12 pixel.

Berikut konfigurasi pin berdasarkan Gambar 7 LCD terhubung dengan *Arduino Uno* :

Tabel 6. Konfigurasi pin keypad dengan pin arduino

Pin LCD	Pin Arduino
Vcc	5V
GND	GND
BL	5V
Clk	8
Din	9
DC	10
CE	12
RST	11

2.3.5. Arduino Uno



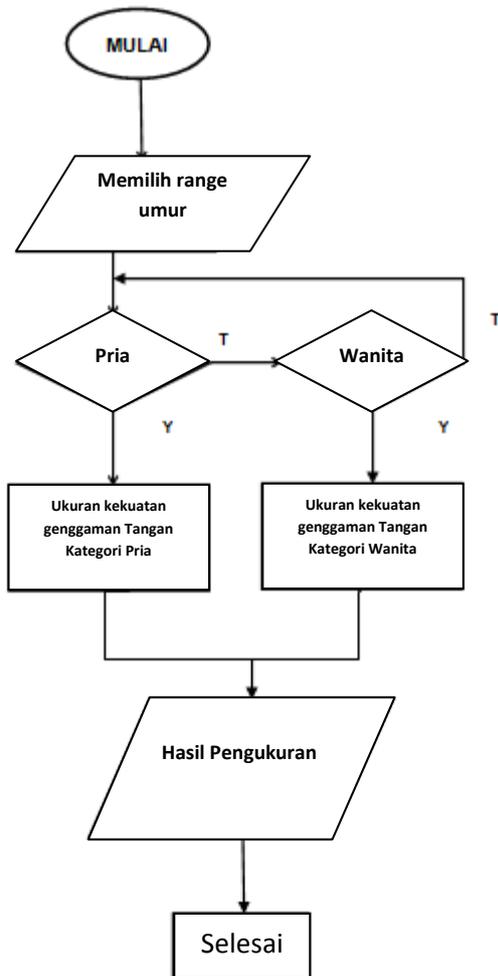
Gambar 9. Keseluruhan Sistem Kekuatan Genggam Tangan

Sistem Gambar 9 mempunyai input analog dan digital sebanyak 10, sehingga dibutuhkan tipe *arduino* yang mempunyai pin analog dan digital yang tidak begitu banyak. Pemilihan *Arduino Uno* ini disebabkan karena *arduino* tipe ini mempunyai pin analog sebanyak 5 pin dan pin digital sebanyak 14 pin, sehingga *arduino* tipe ini cocok digunakan sebagai pengontrol pada sistem ini.

Pemrograman *arduino* menggunakan bahasa C++ untuk mengontrol keseluruhan sistem agar berjalan sesuai dengan fungsinya yaitu untuk mengukur kekuatan genggam tangan. Program yang dibuat meliputi :

1. Program pada *Push Button* untuk menginputkan *range* umur, jenis kelamin dan *reset* untuk sistem.
2. Program pada sensor *load cell* untuk mengukur kekuatan genggam. Dilakukan konversi dari gram ke kilogram sehingga tampil hasil yang diinginkan.
3. Program perhitungan klasifikasi kekuatan genggam tangan dengan menggunakan data yang dikategorikan menggunakan umur dan jenis kelamin pengguna alat.
4. Program untuk menentukan kondisi pasien dapat dikatakan golongan *Lemah, Normal* atau *Kuat*.
5. Program untuk menampilkan hasil pengukuran pada LCD.

2.4. Bagan-alir



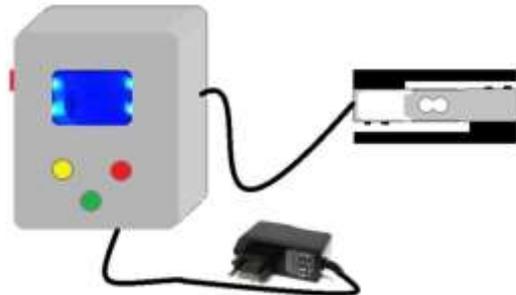
Gambar 10. Bagan-alir sistem

Berdasarkan bagan-alir Gambar 10 algoritma sistem adalah sebagai berikut.

1. Mulai program.
2. Pilih *range* umur pengguna alat menggunakan tombol hijau sebagai menu.
3. Tekan tombol warna kuning untuk pria atau tombol merah untuk wanita untuk memulai proses pengukur kekuatan genggam tangan.
4. Setelah tombol ditekan, muncul logo pria atau wanita pada layar LCD kemudian langsung tekan load cell sekuat tenaga dengan tangan terkuat pengguna alat.
5. Alat akan menampilkan hasil Pengukuran setelah *Load cell* ditekan selama 5 detik.
6. Untuk mengukur kembali dengan jenis kelamin dan *range* umur yang sama tekan kembali tombol jenis kelamin yang dipilih sebelumnya.
7. Bila ingin mengganti jenis kelamin dengan *range* umur yang sama maka tinggal menekan tombol warna kuning untuk pria atau tombol merah untuk wanita.
8. Jika ingin mengganti *range* umur tekan tombol hijau dan ulangi dari step 3 hingga step 5 .

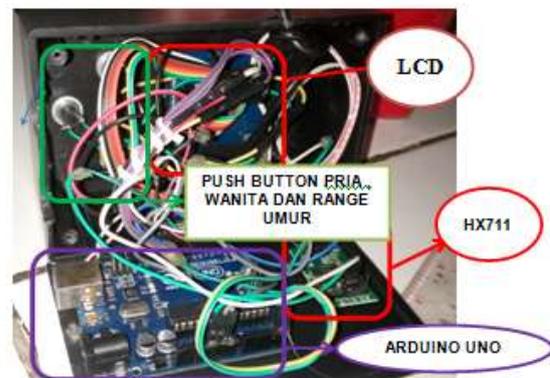
2.5. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* ini meliputi perancangan elektrik dan mekanik. Desain perancangan alat ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 11. Desain perancangan alat

Load cell berdasarkan Gambar 11 menggunakan plat besi berukuran 1 cm x 14,5 cm sebagai plat untuk pengukuran yang kemudian disesuaikan dengan Load Cell. Bagian bawah plat diberi ruang untuk penekanan selebar 0,5 cm agar terjadi pergeseran nilai resistansi. Untuk kenyamanan dipegang plat besi diberi lapisan karet. Untuk.



Gambar 15. Panel bagian dalam

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Sensor Load Cell

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kelinieran dari masukan berupa massa dalam kilogram dan keluaran dalam bentuk milivolt yang diberikan pada sensor dengan cara mengukur tegangan keluaran pada kabel data A+ dengan A-.

Berikut contoh perhitungan perubahan resistansi untuk keadaan beban 3 kilogram dengan tegangan keluaran sebesar 0,3 mV.

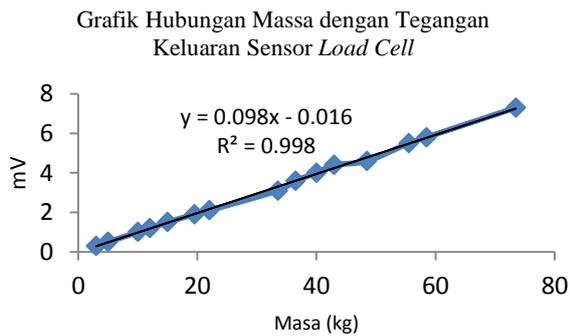
$$2\Delta R = \frac{\Delta V \times R}{V_s} = \frac{0,0003 \times 350}{5} = 0,021 \Omega$$

Dari perhitungan tersebut dapat dibuat tabel hubungan massa terhadap perubahan resistansi seperti pada **Tabel 8**.

Tabel 7. Hubungan massa dan tegangan keluaran sensor load cell

No.	Massa (kg)	mV (tegangan)
1.	3	0,3
2.	5	0,5
3.	10	1
4.	12	1,2
5.	15	1,5
6.	19,5	1,9
7.	22	2,1
8.	33,5	3,1
9.	36,5	3,6
10.	40	4
11.	43	4,4
12.	48,5	4,6
13.	55,5	5,5
14.	58,5	5,8
15.	73,5	7,3

Tabel 7 dapat dibuat grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



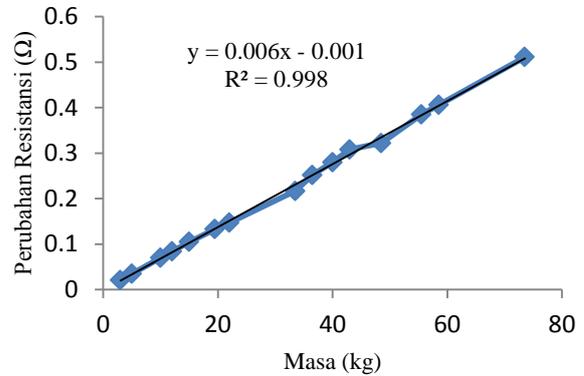
Gambar 16. Grafik Hubungan Massa & Tegangan Sensor Load Cell

Tabel 8. Hubungan massa dan perubahan resistansi sensor

No.	Massa (kg)	ΔR (ohm)
1.	3	0,021
2.	5	0,035
3.	10	0,07
4.	12	0,084
5.	15	0,105
6.	19,5	0,133
7.	22	0,147
8.	33,5	0,217
9.	36,5	0,252
10.	40	0,28
11.	43	0,308
12.	48,5	0,322
13.	55,5	0,385
14.	58,5	0,406
15.	73,5	0,511

Berdasarkan Tabel 8 dibuat grafik yang ditunjukkan Gambar 17.

Grafik Hubungan Massa dengan Perubahan Resistansi



Gambar 17. Grafik Hubungan Massa dengan Perubahan Resistansi

Gambar 17 dapat diketahui bahwa hubungan antara massa dengan perubahan resistansi digambarkan dengan persamaan $Y = 0,0032 X + 0,166$. Semakin besar beban yang diberikan pada sensor, maka semakin besar pula perubahan resistansi, atau dapat disimpulkan bahwa beban yang diberikan pada sensor berbanding lurus dengan perubahan resistansi dengan sensitivitas sebesar :

$$2\Delta R = \frac{\Delta R}{\Delta kg} = \frac{0,511 - 0,021}{73,5 - 3} = \frac{0,49}{73,5} = 0.0067 \text{ ohm/kg}$$

3.2. Pengujian HX711

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai keluaran dari modul HX711 sesuai dengan *input* dari sensor *load cell*. *Input* analog berupa tegangan dari *load cell* di ubah menjadi *output* data digital pada keluaran HX711 sehingga data dari sensor bisa diolah *Arduino Uno*.

Pengolahan *input* data analog menjadi digital pada HX711 dapat dihitung menggunakan Persamaan dengan contoh perhitungan untuk input tegangan 0,3 mv :

$$Out = \frac{input - (-40)}{Span} \times 2^{24}$$

$$Out = \frac{0,3 - (-40)}{80} \times 16777216$$

$$Out = 8451522 \text{ heksadesimal}$$

Hasil perhitungan dari keluaran HX711 dalam bentuk heksadesimal 24 bit kemudian dengan perhitungan yang sama menggunakan variasi input didapat Tabel 9.

Tabel 9 menunjukkan semakin besar tegangan input semakin besar pula nilai output heksadesimal pada HX711. Konversi nilai tegangan menjadi digital dilakukan oleh IC HX711.

Pengubahan nilai heksadesimal komplemen 2 pada modul HX711 dimaksudkan agar memperluas range masukan dari input, membedakan positif dan negative serta mempermudah aritmatika pada pemrograman sehingga

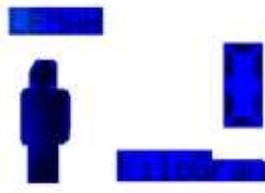
konversi ke bentuk kilogram jadi lebih mudah menggunakan library HX711.

Tabel 9 Perhirungan Output modul HX711

No	mv (tegangan)	Heksadesimal
1.	0,3	8451522
2.	0,5	8493465
3.	1	8598322
4.	1,2	8640265
5.	1,5	8703180
6.	1,9	8787066
7.	2,1	8912895
8.	3,1	9017753
9.	3,6	9122610
10.	4	9227468
11.	4,4	9311354
12.	4,6	9353297
13.	5,5	9542041
14.	5,8	9604956
15.	7,3	9919528

3.3. Pengujian LCD

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran pada layar LCD sudah sesuai dengan data yang dikirimkan oleh arduino atau tidak. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan karakter gambar, huruf, dan angka sesuai posisi yang diberikan.



Gambar 18. Pengujian LCD

3.4. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan cara melakukan percobaan pada 10 orang, dimana 5 orang pria dan 5 orang wanita seperti pada Gambar 21. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan pengukuran alat TA dan pengukuran dengan menggunakan alat pembanding yaitu CAMRY Hand Dynamometer Model : 101.

Langkah-langkah pengujian sistem secara keseluruhan yaitu sebagai berikut.

1. Pasien duduk pada kursi sehingga rileks dan bisa mendapatkan kekuatan genggam tangan yang maksimal.
2. Inputkan umur pasien.
3. Menekan tombol merah untuk wanita dan kuning untuk pria.
4. Menekan Load Cell sekuat tenaga dengan tangan terkuat.
5. Mencatat hasil pengukuran alat secara manual.

Tabel 12. Perbandingan hasil pengukuran kekuatan genggam tangan

No	Pengukuran Alat TA (S)	Pengukuran CAMRY (Y)	Error (kg)	Error (%)
	Kekuatan (kg)	Kekuatan (kg)		
1.	12	12	0	0
2.	14	12	2	16.6
3.	15	16	1	6.2
4.	15	16	1	6.2
5.	20	22	2	9
6.	26	25	1	4
7.	30	30	0	0
8.	32	31	1	3.2
9.	35	34	1	2.9
10	35	38	3	7.9
Error Rata-rata = $\frac{\sum E}{10}$			1.2	5.6

Dari Tabel 12 perhitungan error tiap data menggunakan contoh perhitungan sebagai berikut.

$$E = \frac{|S - Y|}{S} \times 100\% = \frac{|20 - 22|}{22} \times 100\% = 9\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui error rata-rata sistem dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Error Rata-rata} = \frac{\sum E\%}{10} = \frac{56\%}{10} = 5,6\%$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal. Untuk memasukkan umur pasien dan jenis kelamin memulai pengelompokan range kekuatan sesuai usia serta jenis kelamin, keluaran pada layar LCD berupa kekuatan genggam tangan dalam kilogram dan pon serta kondisi tubuh pasien berupa keterangan "Lemah", "Normal", atau "Kuat". Sensor Load Cell dapat bekerja sesuai dengan fungsinya dan menghasilkan keluaran yang valid, ditunjukkan dengan hasil error rata-rata dari 10 data yang dihasilkan sesuai perhitungan sebesar 5,6%. Berdasarkan pengujian load cell, dapat diketahui sensitivitas dari timbangan yang telah dibuat, yaitu sebesar 0,0067Ω/kg.

Pada pengujian LCD, keluaran yang ditampilkan pada layar sudah sesuai dengan data yang dikirimkan.

Spesifikasi alat berdasarkan pengujian keseluruhan sistem yaitu :

- Satuan Massa : kg
- Kapasitas Maksimum : 100 kg
- Divisi : 1 kg
- Power Adaptor : 5 – 12 V
- Akurasi Alat : 0,0067ohm/ kg
- Error Rata-Rata Alat : 5,6 %

Referensi

- [1] Dr. Darryl P. Leong, "*Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study*," *The Lancet*, May. 2015.
- [2]. Henny, Hardianto Iridiastadi, and Iftikar Zahedi Sitalaksana " AGE, GENDER, AND MUSCLE STRENGTH: A STUDY BASED ON INDONESIAN SAMPLES", Faculty of Industrial Technology, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 2011.
- [3]. R.J. Maughan, J.S. Watson, J. Weir, " Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle," *J. Physiol*, May, 198, 37-49.
- [4]. Eki Fitriendi Tunjungsari. 2012-03-16. "LAPORAN PRAKTIKUM FISILOGI MANUSIA Praktikum 2 : KEKUATAN OTOT", PROGRAM STUDI S1 TEKNOBIOMEDIK FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI UNIVERSITAS AIRLANGGA.
- [5]. *Electronic Hand Dynamometer Instruction manual*, CAMRY, NC, 2014.