

RANCANG BANGUN SMART HOSPITAL BED BERBASIS MIKROKONTROLER

Shalahuddin Alayubi Sitanggang¹⁾, Luthfi Parinduri²⁾, Yusmartato³⁾,
Yusniati⁴⁾, Rachmat Rizaldi⁵⁾, Fauzan Ramadhan Tanjung⁶⁾

^{1,3,4,6)}Program Studi Teknik Elektro, ²⁾Program Studi Teknik Industri, ⁵⁾Program Studi Pendidikan Fisika
Universitas Islam Sumatera Utara

yubi.sitanggang@gmail.com; luthfi@yahoo.co.id; yusmartato.mt@gmail.com;
yusniatichaniago@gmail.com; rachmat.r@fkip.uisu.ac.id; jihantanjung411999@gmail.com

Abstrak

Smart Hospital Bed adalah hasil rancang bangun yang dilaksanakan di Fakultas Teknik UISU sebagaimana diketahui bahwa ranjang semacam ini belum ada di Indonesia, khususnya di Sumatera Utara. Pengukuran berat badan pasien dengan kondisi tidak dapat bergerak, tidak sadarkan diri, trauma, atau luka bakar secara langsung sangat sulit dilakukan. *Smart Hospital Bed* dirancang dengan menggunakan komponen seperti *Load Cell*, Modul HX711, Arduino, LCD, Ranjang Pasien, *Push Button*, dan Potensiometer. Saat tombol “mulai” ditekan, pasien yang berbaring di ranjang akan terdeteksi dan diukur oleh sensor *Load Cell*. Amplifier HX711 akan bekerja sebagai inputan penguat sensor *Load Cell*. Mikrokontroler Arduino kemudian memproses dan mengontrol seluruh sistem. Hasil inputan pengukuran berat badan yang telah diproses selanjutnya akan ditampilkan di LCD. Tombol “tahan” berfungsi untuk menahan hasil pengukuran berat badan. Setelah dilakukan pengukuran dan menekan tombol “off”, pengukuran berat badan dihentikan dan mikrokontroler akan memproses ulang sistem. Hasil dari pembuatan *Smart Hospital Bed* dilakukan pengujian ketelitian pengukuran, dan dihasilkan *error* rata-rata yang sangat rendah, yaitu sebesar 0,10%. *Smart Hospital Bed* diharapkan menjadi solusi atas masalah pengukuran berat badan pasien berkebutuhan khusus dan mampu bersaing dengan produk impor sejenis.

Kata Kunci : *Load Cell*, *Ranjang Pasien*, *Amplifier HX711*, *Arduino*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengukuran berat badan yang akurat sangat penting dalam praktek klinik. Tidak akuratnya proses ini dapat berpotensi terjadinya kesalahan penentuan dosis obat pada pasien dengan penyakit tertentu (Jabar *et al*, 2018). Banyak kejadian di rumah sakit, pengukuran berat badan pada pasien dengan kondisi tidak dapat bergerak, tidak sadarkan diri, trauma, atau luka bakar secara langsung seringkali tidak akurat dan sangat sulit dilakukan. Hal ini disebabkan oleh kelangkaan alat pengukur berat pada kondisi tersebut di banyak klinik dan rumah sakit. Oleh karena itu, diperlukan instrumen yang bisa dengan mudah mengukur berat badan pada pasien secara akurat (Darnis *et al*, 2012).

Berdasarkan data Pusat Badan Statistik (BPS), sarana kesehatan yang tersebar di Indonesia sebanyak 93.063 unit meliputi 6.197 Rumah Sakit Umum, 77.112 Rumah Sakit Khusus, dan 9.754 puskesmas. Jumlah sarana kesehatan yang tinggi membuat kebutuhan akan pengukur berat badan pasien berkebutuhan khusus juga tinggi.

Dari permasalahan tersebut diusulkan rancangan konseptual alat berupa ranjang pasien dengan timbangan terintegrasi berbasis mikrokontroler yang akan mengukur berat badan pasien berkebutuhan khusus. Ranjang pasien yang akan dirancang diharapkan dapat memecahkan permasalahan pengukuran berat badan pasien yang tak bisa berdiri. Rancangan ini dinamakan *Smart*

Hospital Bed, dalam bahasa asing lebih dikenal dengan sebutan *Bed with Weighing Scale*.

Smart Hospital Bed adalah produk yang merupakan hasil rancang bangun yang dilaksanakan di Fakultas Teknik UISU. Ide awalnya merupakan inisiasi dan permintaan dari Dr. dr. Umar Zein DTM&H. Sp.PD. KPTI selaku mantan direktur Rumah Sakit Pirngadi, Medan, mengingat ranjang semacam ini belum ada di Indonesia, khususnya di Sumatera Utara. Ranjang seperti ini penting dan vital untuk dimiliki rumah sakit, Pusat Kesehatan Masyarakat, klinik dan Fakultas Kedokteran serta Sekolah Tinggi Kesehatan. Sementara berdasarkan referensi, alat sejenis *Smart Hospital Bed* merupakan barang impor yang dijual secara *order* dengan harga 90-125 juta Rupiah per unit.

Smart Hospital Bed dirancang mampu menahan beban hingga 200 kg atau setara dengan berat badan orang dewasa yang mengalami kegemukan (obesitas). Alat ini terdiri dari ranjang pasien yang dilengkapi dengan sensor berat *Load Cell* dan *Monitor Scale*. Proses produksi dilaksanakan dengan memanfaatkan fasilitas yang ada dan tersedia di laboratorium Fakultas Teknik. *Smart Hospital Bed* merupakan teknologi inovasi karya mahasiswa UISU di bidang mekatronika yang diyakini akan menjadi solusi permasalahan yang dihadapi oleh tenaga kesehatan serta pasien berkebutuhan khusus, dan dapat bersaing dengan produk impor sejenis.

1.2. Perumusan Masalah

1. Menetapkan cara kerja *Smart Hospital Bed*?

- Menentukan tingkat ketelitian pengukuran berat badan oleh *Smart Hospital Bed*, jika dibandingkan dengan timbangan digital pada umumnya?

1.3. Tujuan

- Sebagai solusi atas masalah pengukuran berat badan pasien berkebutuhan khusus di rumah-rumah sakit dan klinik.
- Membangun semangat *technopreneur* di lingkungan kampus.

1.4. Manfaat Penulisan

a. Manfaat Teoretis

- Menambah wawasan pembaca tentang teknologi mekatronika,
- Diharapkan sebagai sarana pengembangan ilmu pengetahuan yang secara teoretis dipelajari di bangku perkuliahan.

b. Manfaat Praktis

- Smart Hospital Bed* bermanfaat untuk mempermudah dokter dan tenaga medis mengukur berat badan pasien pasien yang memiliki keterbatasan khusus.
- Produksi ini akan memanfaatkan tenaga dosen dan mahasiswa di lingkungan Fakultas Teknik UISU.
- Sebagai inkubator bisnis dalam bidang *technopreneurship*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Umum Lingkungan

Sarana kesehatan di Indonesia menurut Badan Pusat Statistik (2022) terdapat sebanyak 13.372 unit meliputi 2.514 Rumah Sakit Umum, 598 Rumah Sakit Khusus, 4.177 Puskesmas Rawat Inap, dan 6.083 Puskesmas Non Rawat Inap. Data tersebut belum termasuk klinik, posyandu, dan sebagainya. Jumlah tersebut meningkat dibandingkan tahun lalu, yaitu sebesar 13.146 unit dan diperkirakan akan terus naik pada tahun-tahun berikutnya, seperti yang terlihat pada tabel 1. Jumlah sarana kesehatan yang semakin tinggi menyebabkan kebutuhan akan alat pengukur berat badan pasien berkebutuhan khusus juga semakin tinggi.

2.2. Timbangan

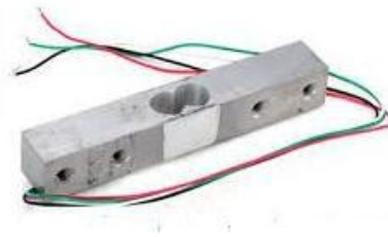
Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), timbangan ialah alat untuk menimbang (spt neraca, kati), banding, sama berat atau tidak berat sebelah. Berdasarkan pengertian di atas dapat diartikan bahwa timbangan adalah alat penentu apakah satu benda sudah sesuai (banding) beratnya dengan berat yang dijadikan standar (Nisa, 2018).

Berdasarkan prinsip kerjanya, jenis timbangan dibagi menjadi tiga:

- 1) Timbangan manual (pegas)
- 2) Timbangan digital
- 3) Timbangan hybrid

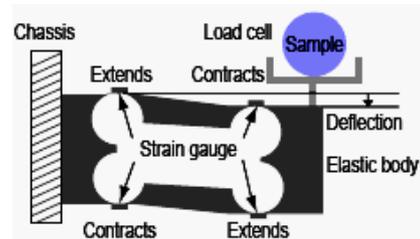
2.3. Load Cell

Load Cell merupakan komponen inti yang terdapat pada timbangan digital. Secara umum *Load Cell* digunakan untuk menghitung massa dari suatu benda. Sebuah sensor *Load Cell* tersusun dari beberapa konduktor, *strain gauge*, dan Jembatan Wheatstone (Nuryanto, 2015). Prinsip kerja secara singkat dari *Load Cell* adalah terjadinya *shears* atau *stress* dari suatu benda (misalnya logam). *Shears* dan *stress* diwujudkan dalam bentuk perubahan panjang (regangan) permukaan, dan perubahan ini ditangkap oleh sensor sekunder berupa *strain gauge* (pengukur tegangan) yang akan mengubah perubahan regangan menjadi perubahan resistansi (Mandayatma, 2018).



Gambar 1. Sensor Berat Load Cell

Apabila *Load Cell* mendapat beban di satu sisi sementara sisi lain dibuat tetap (fixed), maka akan terjadi proses memanjang (extend) dan memendek (contract) pada tiap bagian, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



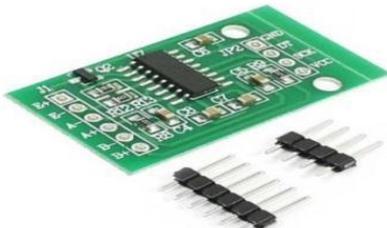
Gambar 2. Konstruksi Load Cell dan pola deformasi

Selama proses penimbangan, beban yang diberikan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *Load Cell* dan mengakibatkan perubahan bentuk secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini (positif dan negatif) dikonversikan ke dalam sinyal listrik oleh *strain gauge* yang terpasang pada *spring element*, yaitu ditempatkan yang mengalami pemanjangan dan pemendekan. *Strain gauge* yang dipasang pada bagian *Extend* akan bertambah resistansinya sementara yang dipasang pada bagian *Contract* akan berkurang nilai resistansinya.

2.4. Modul HX711

Modul HX711 merupakan modul amplifier yang digunakan dalam rangkaian timbangan pada *Load Cell*. Memiliki presisi tinggi 24 *Analog to Digital Converter* (ADC) *high gain input* yang didesain untuk berbagai sensor jenis *Bridge*. Dengan dua *channel* A dan B (*fix gain 32*) yang

berkomunikasi secara *multiplex*, modul ini dapat diprogram untuk *gain* 128 atau 64 (20 mV atau 40 mV). Prinsip kerjanya yaitu sebagai penguat tegangan saat *Load Cell* bekerja (Khakim, 2015). HX711 mengkonversi perubahan resistansi yang terukur ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian. Modul melakukan komunikasi dengan komputer/mikrokontroler melalui TTL232.



Gambar 3. Sensor HX711

2.5. Arduino UNO

2.5.1. Pengertian Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin *digital input/output*, 6 *input* analog, sebuah Osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya (Adriansyah dan Hidyatama, 2013).



Gambar 4. Arduino UNO

2.6. LCD Sebagai Penampil Karakter

Liquid Crystal Display (LCD) adalah papan penampil berupa karakter, tulisan, huruf dan angka berjenis elektronik. Prinsip kerja LCD yaitu menangkap dan memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit (Wahyudi et al., 2017). Sistem yang digunakan dalam komunikasi antara LCD dengan *peripheral* lain adalah dengan sistem transmisi data dalam format ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*).



Gambar 5. LCD

2.7. Tombol Tekan (*Push Button*)

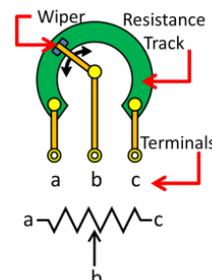
Pada pembuatan alat digunakan tombol tekan (*Push Button*) tipe NO (*Normally Open*). Tombol ini digunakan untuk menahan tampilan hasil kalkulasi sensor.



Gambar 6. *Push Button*

2.8. Potensiometer

Potensiometer adalah jenis Variabel Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah dengan cara memutar porosnya melalui sebuah tuas. Nilai Resistansi potensiometer biasanya tertulis di badan potensiometer dalam bentuk kode angka. Potensiometer memiliki 3 buah terminal (kaki), seperti tampak pada Gambar 7. Kaki a dan c merupakan resistor tetap sedangkan kaki b (kaki tengah) memiliki kontak yang dapat bergeser sepanjang hambatan a dan c, sehingga bila kontak digeser maka hambatan a-b dan b-c akan berubah.



Gambar 7. Potensiometer

2.9. Saklar Pemutus

Saklar pemutus berfungsi untuk memutus arus yang melewati rangkaian. Saat saklar ditekan (tombol mati), sistem akan berhenti menghitung berat badan. Saat saklar dihidupkan, sistem akan mengkalibrasi ulang sebelum dilakukan pengukuran kembali.



Gambar 8. Saklar Pemutus

2.10. Aki/Accumulator

Aki (*Accumulator*) merupakan sebuah komponen yang ditemukan di kendaraan bermotor, seperti mobil atau sepeda motor untuk menghidupkan mesin. Di dalam aki terjadi proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik (Jannah et al, 2017). Aki dapat dimuat ulang (*recharge*) apabila muatan di dalamnya berkurang

atau habis, yakni dengan mengalirkan arus listrik atau biasa disebut proses penyetruman. Proses penyetruman ini dapat dilakukan berulang kali. Di dalam aki terjadi proses elektrokimia yang *reversible* (bolak-balik) dengan efisiensi tinggi. Proses elektrokimia *reversible* merupakan proses berlangsungnya perubahan energi kimia menjadi energi listrik (*discharging*). Sedangkan pada saat dilakukan proses pengisian muatan, terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia (*charging*).

2.11. Gaya

Gaya merupakan suatu beban yang memiliki berat atau satuan (Sholeh, 2019). Gaya aksi adalah beban yang ada pada bangunan, yaitu atap, lantai, dinding, dan lainnya. Gaya reaksi merupakan kemampuan dari fondasi dan tanah untuk menahan gaya-gaya yang mengenainya. Konsep gaya ini tertuang dalam Hukum Newton III yang menyatakan bahwa benda akan memberikan gaya berlawanan yang besarnya sama dengan gaya yang menekan atau mendorongnya.

$$\sum F_{aksi} = -\sum F_{reaksi} \tag{1}$$

Tanda minus menyatakan arah berlawanan

2.12. Tumpuan

Tumpuan diartikan sebagai penyangga atau penahan konstruksi sebagai sistem untuk menahan gaya-gaya luar yang bekerja pada konstruksi tersebut. Ada beberapa jenis tumpuan, yaitu :

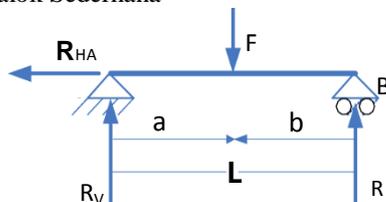
- a. Tumpuan bebas
- b. Tumpuan engsel atau sendi
- c. Tumpuan rol
- d. Tumpuan jepit

2.13. Reaksi

Reaksi berarti gaya perlawanan yang diberikan oleh tumpuan akibat adanya aksi berdasarkan Hukum Newton III.

Kasus sederhana

- 1) Balok Sederhana



Gambar 9. Balok Sederhana

Tiga reaksi yang mungkin

R_{HA} : reaksi horizontal A

R_{VB} : reaksi vertikal B

R_{VA} : reaksi vertikal A

Anggap AB sebagai benda bebas

Syarat keseimbangan statis:

- a) $\sum F_x = 0 \rightarrow R_{HA} = 0$
(tidak ada aksi)
- b) $\sum F_y = 0 \rightarrow R_{VA} + R_{VB} - F = 0$
- c) $\sum M_A = 0 \rightarrow F \cdot a - R_{VB} \cdot L = 0$

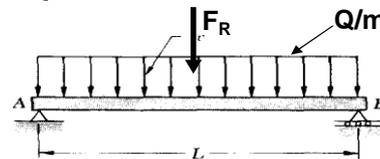
$$R_{VB} = \frac{F \cdot a}{L} \text{ atau } \frac{a}{L} \cdot F \tag{2}$$

$$d) \sum M_B = 0 \rightarrow F \cdot b - R_{VA} \cdot L = 0$$

$$R_{VA} = \frac{b}{L} F \tag{3}$$

- 2) Balok sederhana dengan beban merata

Beban terbagi merata memiliki simbol Q (N/m) dengan rumus total beban = Q x L dengan L panjang beban. Beban terbagi merata dapat diwakili oleh satu beban titik yang posisinya berada ditengah-tengah (titik berat beban), digambarkan oleh $F_R = Q \times L$



Gambar 10. Reaksi Tumpuan Beban Merata

$$a) \sum M_A = 0$$

$$R_{VB} = \frac{1}{2} QL = \frac{1}{2} F_R \tag{4}$$

$$b) \sum M_B = 0$$

$$R_{VA} = \frac{1}{2} QL = \frac{1}{2} F_R \tag{5}$$

$$c) \sum F_H = 0$$

$R_{HA} = 0$
(tidak ada gaya horizontal)

2.14. Daya Listrik

Daya Listrik (*Electrical Power*) adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik menghasilkan daya listrik dan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut (Zulfikar, 2013). Contohnya adalah lampu pijar dan heater (Pemanas).

Daya listrik dinyatakan dalam Watt atau Horse Power (HP). *Horse Power* merupakan satuan daya listrik dengan 1 HP sama dengan 746 Watt (Nerindra, 2020). Tiap 1 Watt memiliki daya setara dengan hasil perkalian arus 1 Ampere dengan tegangan 1 Volt.

$$P = V \cdot I \tag{6}$$

Di mana:

P = daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

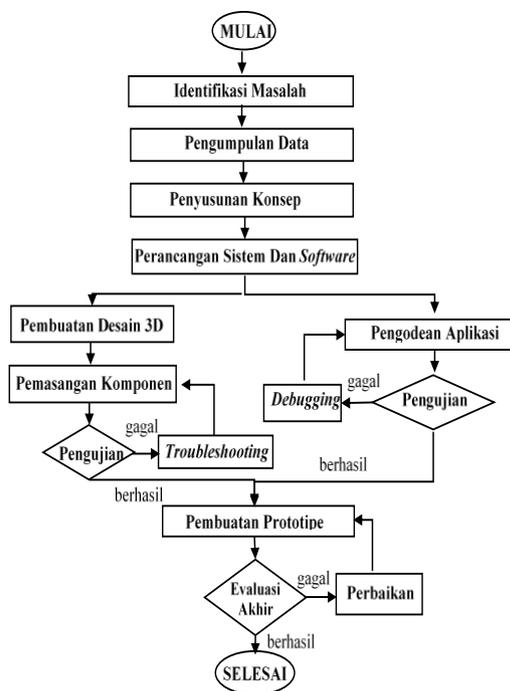
I = Arus (Ampere)

R = Resistansi (Ohm)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan adalah dengan membuat kerangka kerja. Kerangka kerja tersebut menjelaskan secara garis besar urutan pelaksanaan.



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

3.1.1 Tahap Identifikasi Masalah

Masalah pada alat ini yaitu bagaimana membuat ranjang pasien otomatis dengan timbangan terintegrasi untuk pasien berkebutuhan khusus. *Smart Hospital Bed* harus memberikan informasi mengenai berat badan pasien yang ditampilkan dalam layar.

3.1.2 Tahap Pengumpulan Data dan Penyusunan Konsep

Pada tahap ini dilaksanakan pengumpulan data tentang komponen-komponen pembentuk alat yang diyakini bisa menjadi solusi atas masalah yang telah diidentifikasi. Data diambil dari referensi seperti jurnal, tugas akhir, dan sebagainya.

3.1.3 Tahap Penyusunan Konsep

Data-data yang diperoleh dari referensi akan disusun membentuk konsep sketsa rancangan awal desain *Smart Hospital Bed*.

3.1.4 Perancangan Sistem dan Software

Perancangan sistem berguna untuk mempermudah dalam mengetahui bagian yang harus dibuat. Proses pembuatan program juga dilakukan dan hasil pemrogramannya akan dikirim ke Arduino sebagai pusat kontrol dari sistem *Smart Hospital Bed*. Perancangan *software* akan membantu pembuat program dalam menentukan fungsionalitas dan kebutuhan dari pengguna.

3.1.5 Desain 3D

Desain 3D diperoleh dengan menggunakan aplikasi *Autocad* berdasarkan konsep yang telah dibuat. Hasil yang diperoleh adalah desain 3D *Smart Hospital Bed*. Alat akan dirancang sesuai dengan desain 3D tersebut.

Desain produk *Smart Hospital Bed* disesuaikan dari ranjang pasien rumah sakit pada umumnya, namun tidak menutup kemungkinan untuk melakukan inovasi desain. Gambar 3.2 (a), (b), dan (c) merupakan rancangan 1 *Smart Hospital Bed* dengan *Load Cell* yang terletak di setiap kaki ranjang, sedangkan gambar 3.3 (a), (b) merupakan hasil desain 2 dengan *Load Cell* yang terletak di bawah rangka tempat tidur.



Gambar 12. Desain *Smart Hospital Bed* (Rancangan 1)



(a)



(b)

Gambar 13. (a), (b). Desain *Smart Hospital Bed* (Rancangan 2)

3.2 Testing, Troubleshooting Rangkaian, dan Debugging Aplikasi

Pengecekan dan pengujian alat bertujuan untuk membuktikan apakah sistem berjalan dengan baik dan sesuai dengan arahan mikrokontroler.

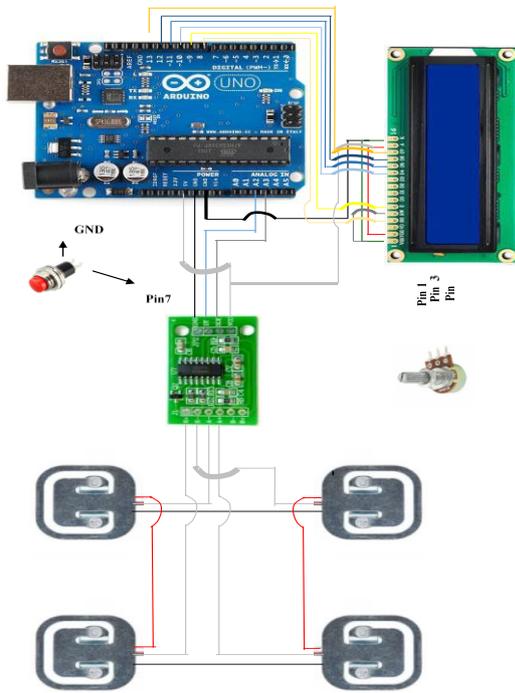
Apabila sistem tidak berjalan dengan baik maka akan dilakukan pengecekan ulang (*troubleshooting*), *debugging* program, dan pembenahan.

3.3 Pembuatan Prototipe, Pengujian dan Evaluasi

Pembuatan prototipe dilaksanakan sesuai dengan konsep dengan menggunakan alat sebagai berikut:

- a. Alat perkakas bengkel,
- b. Bahan utama dan pendukung:
 - 1) Ranjang Pasien
 - 2) *Equipment Kit*
 - 3) Arduino UNO
 - 4) Modul HX711
 - 5) LCD
 - 6) *Push Button*
 - 7) Sensor *Load Cell*
 - 8) Kabel
- c. Perangkat lunak Arduino IDE

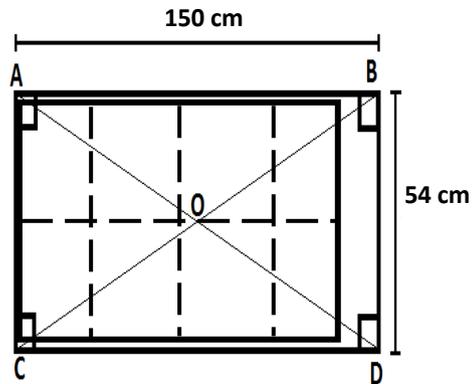
1) Rangkaian Mikrokontroler



Gambar 14.. Rangkaian Mikrokontroler

2) Pembuatan Rangka

Rangka pada *Smart Hospital Bed* terdiri dari alas yang terbuat dari papan berukuran 154 x 50 x 0,5 cm. Di sisi bawah alas diberi penulangan dari balok dengan tebal 1,5 cm dan tinggi 5 cm. Rangka dibuat sedemikian rupa agar tidak terjadi lengkungan saat beban diletakkan. Setiap sudut rangka dipasang *Load Cell* A, B, C, dan D yang juga berfungsi sebagai tumpuan untuk distribusi beban. Titik O merupakan titik berat pada rangka.



Gambar 11. Desain Rangka Smart Hospital Bed

3) Prototipe Alat

Pada penelitian ini digunakan rancangan 2 sebagai prototipe *Smart Hospital Bed*. Alat hasil realisasi dari desain 3D ditunjukkan pada Gambar 15 - 18.



Gambar 16. Sensor Load Cell pada Ranjang



Gambar 17. Kotak Mikrokontroler



Gambar 18. Rancangan Smart Hospital Bed

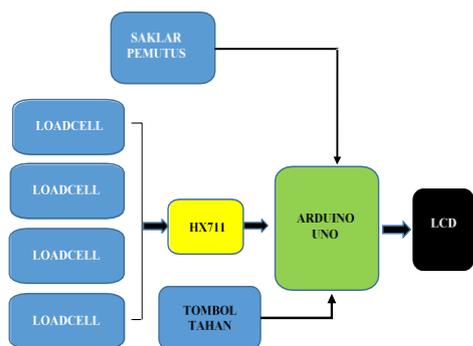
Hasil pembuatan alat akan dilakukan pengujian keandalan tiap komponennya, apakah sesuai dengan konsep *Smart Hospital Bed*, dan pengujian kenyamanan dengan melakukan simulasi. Pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. *Smart Hospital Bed* akan diuji tingkat ketelitiannya dengan mengambil sampel sebanyak 6 (enam) orang untuk mengukur berat badan pada timbangan digital dalam

- keadaan normal (berdiri) dan pada *Smart Hospital Bed*.
2. Pengujian pengaruh *Power Supply* terhadap keakuratan penimbangan. *Power Supply* yang akan digunakan yaitu Adaptor 5 V 1 A, adaptor 9 V dan aki 5 V. Hasil dari penggunaan tiap *Power Supply* akan dibandingkan dan dicatat dalam pembahasan.
 3. Perhitungan secara matematis besaran tegangan, arus, dan daya output pada rangkaian.
 4. Analisis matematis distribusi beban pada rangka *Smart Hospital Bed*.
Data hasil pengujian prototipe akan dicatat dan dijadikan sebagai bahan evaluasi dalam perbaikan.

3.4 Mekanisme Kerja Alat

Smart Hospital Bed dirancang berdasarkan teknologi mutakhir yang diyakini dapat memudahkan tenaga medis dalam mengukur berat badan pasien berkebutuhan khusus. Adapun mekanisme kerja *Smart Hospital Bed* dijabarkan pada diagram berikut.



Gambar 19. Diagram Blok Sistem

Saat saklar ditekan, pasien yang berbaring di atas ranjang akan terdeteksi oleh sensor *Load Cell*. Amplifier HX711 bekerja sebagai inputan penguat sensor *Load Cell*. Mikrokontroler Arduino kemudian akan memproses dan mengontrol seluruh sistem alat. Hasil input pengukuran berat badan yang telah diproses selanjutnya akan ditampilkan di LCD. Tombol TAHAN berfungsi untuk menahan hasil pengukuran. Setelah menekan saklar pemutus, pengukuran berat badan pun dihentikan dan mikrokontroler akan memproses ulang sistem.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Alat

4.1.1. Pengujian Kalibrasi

Alat yang telah dirancang akan diuji tingkat kalibrasinya. Tingkat ketelitian pengukuran dihitung berdasarkan rumus galat sebagai berikut (Atmika, 2016).

$$\%Error = \frac{|\text{Nilai Perkiraan} - \text{Nilai Eksak}|}{\text{Nilai Eksak}} \times 100.$$

Dengan mengambil sampel 6 orang diperoleh hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Alat

No	Sampel	Timbangan digital (kg)	<i>Smart Hospital Bed</i> (kg)	Error
1	I	73,85	73,79	0,08%
2	II	95,20	95,01	0,20%
3	III	86,10	86,19	0,10%
4	IV	64,15	64,05	0,15%
5	V	25,35	25,34	0,04%
6	VI	56,70	56,67	0,05%
			Rata-rata Error	0,10%

4.1.2. Pengujian *Power Supply*

Pengujian *power supply* pada *Smart Hospital Bed* bertujuan untuk mengetahui apakah ada pengaruh tegangan *power supply* ke Arduino terhadap tingkat ketelitian pengukuran berat badan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan power supply adaptor 5 V 1 A, adaptor 9 V, dan aki 5 V. Data diambil berdasarkan pengukuran berat badan sampel yang sama sebanyak dua kali dengan masing-masing *power supply*. Hasil pengujian diperoleh pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Pengukuran dengan *Power Supply*

No	Sampel	Adaptor 5 V (m ₁ , kg)	Adaptor 9 V (m ₂ , kg)	Aki 5 V (m ₃ , kg)	Selisih (Δm)
1	I	73,79	73,79	73,79	0
2	II	95,01	95,01	95,01	0
3	III	86,19	86,19	86,19	0
4	IV	64,05	64,05	64,05	0
5	V	25,34	25,34	25,34	0
6	VI	56,67	56,67	56,67	0

Berdasarkan tabel hasil pengujian di atas disimpulkan bahwa tegangan yang masuk dari *power supply* menuju Arduino tidak memiliki pengaruh terhadap ketelitian pengukuran berat badan.

4.2 Perhitungan Tegangan, Arus, dan Daya

a. Perhitungan tegangan pada Load cell

Pengukuran tegangan output *load cell* ditentukan oleh besarnya beban, tegangan eksitasi, dan karakteristik (mV/V) *Load Cell* itu sendiri. Berikut perhitungan output tegangan menurut karakteristik *Load Cell*:

$$V_{\text{output}} = \frac{\text{berat beban}}{\text{kapasitas load cell}} \times V_{\text{input}} \times V_{\text{output Sensitivity}}$$

Load Cell 50 kg memiliki output sensitivitas sebesar 2.0 ± 0.3 mV/V. Terdapat 4 *Load Cell* yang dipasang pada *Smart Hospital Bed*, sehingga total beban yang dapat ditimbang yaitu 200 kg. Jika beban 200 kg diberikan pada *Load Cell* dengan tegangan input 5 V dan tegangan output sensitivitas 2 mV/V, maka sinyal yang terkirim dari *Load Cell* tersebut adalah sebesar 10 mV. Demikian juga apabila dibebani 100 kg dengan tegangan input dan output sensitivitas yang sama, maka keluaran *loadcell* menjadi 5 mV.

Berdasarkan rumus di atas diperoleh hasil pengukuran tegangan output *Load Cell* pada timbangan digital dan *Smart Hospital Bed* dalam tabel berikut.

Tabel 3. Pengukuran Tegangan Output

No	Timbangan digital (kg)	V		Simpangan (mV)	
		output (V ₁ , mV)	<i>Smart Hospital Bed</i> (kg) output (V ₂ , mV)		
1	25,35	1,2675	25,34	1,2670	0,0005
2	56,70	2,8350	56,67	2,8335	0,0015
3	64,15	3,2075	64,05	3,2025	0,0050
4	73,85	3,6925	73,79	3,6895	0,0030
5	86,10	4,3050	86,19	4,3095	0,0045
6	95,20	4,7600	95,01	4,7505	0,0095

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa tegangan output pada *Load Cell* sangat berpengaruh pada hasil pengukuran berat badan. Semakin berat beban yang diterima *Load Cell*, maka semakin besar juga tegangan output yang dihasilkan. Tegangan output pada *Load Cell* juga menentukan ketelitian hasil pengukuran.

b. Perhitungan Arus

Setelah melakukan pengujian tegangan, dilakukan juga perhitungan arus untuk mengetahui apakah ada pengaruh kenaikan berat badan terhadap arus. Hasilnya terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Arus

No	Sampel	Arus output (mA)	
		Berat pada <i>Smart Hospital Bed</i> (kg)	
1	I	25,34	127,2
2	II	56,67	127,2
3	III	64,05	127,2
4	IV	73,79	127,2
5	V	86,19	127,2
6	VI	95,01	127,2

Hasil pengujian menyatakan bahwa beban yang diterima *Load Cell* tidak berpengaruh pada kenaikan/penurunan arus listrik.

c. Perhitungan Daya

Hasil data pengujian tegangan dan arus akan digunakan untuk perhitungan daya listrik pada sistem *Smart Hospital Bed*. Dengan menggunakan rumus (7) diperoleh hasil sebagai berikut.

Daya output dari *Power Supply* menuju Arduino

$$V = 5 \text{ V}$$

$$I = 127,2 \text{ mA}$$

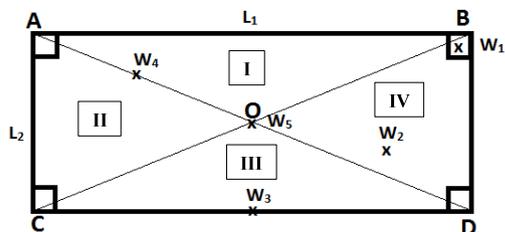
Selanjutnya diperoleh data daya output pada *Load Cell* pada tabel berikut

Tabel 5. Perhitungan Daya

No Sampel		Berat pada <i>Smart Hospital Bed</i> (kg)			
		Arus output (mA)	Tegangan output (mV)	Daya output	
1	I	25,34	127,2	1,2670	161,1624
2	II	56,67	127,2	2,8335	360,4212
3	III	64,05	127,2	3,2025	407,3580
4	IV	73,79	127,2	3,6895	469,3044
5	V	86,19	127,2	4,3095	568,1684
6	VI	95,01	127,2	4,7505	604,2636

4.3 Analisis Matematis Distribusi Beban pada Rangka

Perancangan rangka bertujuan untuk mengurangi beban yang berlebih pada rangka dengan tetap memperhitungkan segala aspek yang diperlukan. Contohnya yaitu perhitungan terhadap gaya lengkung pada rangka. Rangka yang melengkung pada saat diberi beban akan sangat memengaruhi sensitivitas *Load Cell* saat melakukan pengukuran. Perhitungan distribusi beban juga menjadi salah satu aspek agar hasil pengukuran berat badan tetap sama di setiap titik pengukuran. Pada pembahasan kali ini akan dilakukan analisis secara matematis pendistribusian beban yang diletakkan pada rangka. Saat *Smart Hospital Bed* dihidupkan, berat awal sebelum pasien naik akan dihitung nol. Sehingga berat rangka itu sendiri serta pendistribusiannya pada tumpuan tidak akan dibahas. Perhitungan dilakukan dengan memberikan beban yang sama (64,05 kg) pada beberapa titik secara bergantian, seperti pada Gambar 20.



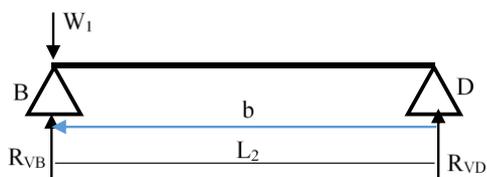
Gambar 20. Diagram Analisis Rangka

Keterangan

- A, B, C, D : Titik tumpu rangka
- W₁, W₂, W₃, W₄, W₅: Beban di titik 1, 2, 3, 4, 5
- O : Titik berat rangka
- L₁ : Panjang rangka
- L₂ : Lebar rangka

$W_1 = W_2 = W_3 = W_4 = W_5 = 64,05 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 640,50 \text{ N}$
 $L_1 = 150 \text{ cm} = 1,50 \text{ m}$
 $L_2 = 54 \text{ cm} = 0,54 \text{ m}$

1) Penghitungan reaksi tumpuan titik 1
 Beban W₁ diletakkan tepat di atas tumpuan B. Pada kondisi ini beban memberi reaksi pada tumpuan B dan D (area IV).



$W_1 = 640,50 \text{ N}$
 $b = 0,54 \text{ m}$
 $a = 0$
 $L_2 = 0,54 \text{ m}$

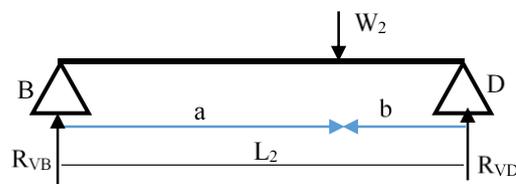
Dengan menggunakan rumus (2) dan (3) diperoleh

a) $\sum M_B = 0 \rightarrow W_1 \cdot a - R_{vD} \cdot L_2 = 0$
 $R_{vD} = \frac{W_1 \cdot a}{L_2} = \frac{640,50 \cdot 0}{0,54} = 0$
 b) $\sum M_D = 0 \rightarrow W_1 \cdot b - R_{vB} \cdot L_2 = 0$
 $R_{vB} = \frac{W_1 \cdot b}{L_2} = \frac{640,50 \cdot 0,54}{0,54} = 640,50 \text{ N}$

Untuk mengecek reaksi tumpuan sudah benar (seimbang antara gaya yang bekerja dengan reaksi tumpuan yang dihasilkan) maka perlu dilakukan kontrol terhadap vertikal.

$\sum V = 0$
 $R_{vB} + R_{vD} - W_1 = 0$
 $640,50 \text{ N} + 0 - 640,50 \text{ N} = 0$
 $0 = 0 \text{ (terbukti)}$

2) Reaksi tumpuan di titik 2
 Beban W₂ diletakkan di antara tumpuan B dan D pada daerah IV.

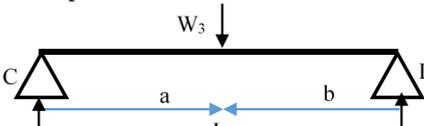


$W_2 = 640,50 \text{ N}$
 $b = 0,15 \text{ m}$
 $a = 0,39 \text{ m}$
 $L_2 = 0,54 \text{ m}$

Dengan menggunakan rumus (2) dan (3) diperoleh

a) $\sum M_B = 0 \rightarrow W_1 \cdot a - R_{vD} \cdot L_2 = 0$
 $R_{vD} = \frac{W_2 \cdot a}{L_2} = \frac{640,50 \cdot 0,39}{0,54} = 462,58 \text{ N}$
 b) $\sum M_D = 0 \rightarrow W_1 \cdot b - R_{vB} \cdot L_2 = 0$
 $R_{vB} = \frac{W_2 \cdot b}{L_2} = \frac{640,50 \cdot 0,15}{0,54} = 177,92 \text{ N}$
 c) Kontrol
 $\sum V = 0$
 $R_{vB} + R_{vD} - W_2 = 0$
 $177,92 \text{ N} + 462,58 \text{ N} - 640,50 \text{ N} = 0$
 $0 = 0 \text{ (terbukti)}$

3) Reaksi tumpuan di titik 3
 Beban W₃ diletakkan tepat di tengah tumpuan C dan D pada daerah III.



$W_3 = 640,50 \text{ N}$ $L_2 = 1,50 \text{ m}$
 $a = b = 0,75 \text{ m}$

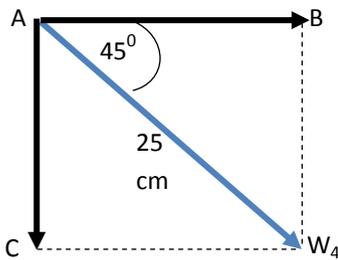
Dengan menggunakan rumus (2) dan (3) diperoleh

a) $\sum M_C = 0 \rightarrow W_3 \cdot a - R_{vD} \cdot L_1 = 0$
 $R_{vD} = \frac{W_3 \cdot a}{L_1} = \frac{640,50 \cdot 0,75}{1,50} = 320,25 \text{ N}$
 b) $\sum M_D = 0 \rightarrow W_3 \cdot b - R_{vC} \cdot L_1 = 0$
 $R_{vC} = \frac{W_3 \cdot b}{L_1} = \frac{640,50 \cdot 0,75}{1,50} = 320,25 \text{ N}$
 c) Kontrol
 $\sum V = 0$
 $R_{vC} + R_{vD} - W_3 = 0$
 $320,25 \text{ N} + 320,25 \text{ N} - 640,50 \text{ N} = 0$
 $0 = 0 \text{ (terbukti)}$

4) Reaksi tumpuan di titik 4
 Beban W₄ diletakkan di antara 2 penampang, yaitu daerah I dan II. Karena terletak pada dua penampang, maka beban terbagi dua. Sehingga beban yang dikalkulasikan pada tiap penampang adalah sebagai berikut.

$W_4 = 640,5 : 2 = 320,25 \text{ N}$

Titik 4 terletak sejauh 25 cm dari tumpuan A pada garis miring dengan sudut bidang 45°. Sehingga untuk menentukan jarak horizontal masing-masing penampang digunakan rumus Trigonometri segitiga.



$$\cos 45^\circ = \frac{AB}{AW_4}$$

$$\sin 45^\circ = \frac{AC}{AW_4}$$

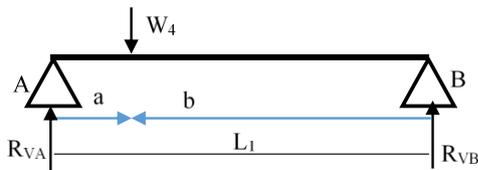
$$AB = AW_4 \cos 45^\circ = 25 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

$$AC = AW_4 \sin 45^\circ = 25 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}$$

$$AB = 13,13 \text{ cm}$$

$$AC = 13,13 \text{ cm}$$

Daerah I



$$W_4 = 320,25 \text{ N}$$

$$a = 13,13 \text{ cm} = 13,13 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$b = 136,87 \text{ cm} = 136,87 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$L_1 = 1,50 \text{ m}$$

Dengan menggunakan rumus (2) dan (3) diperoleh

a) $\sum M_A = 0 \rightarrow W_4 \cdot a - R_{vB} \cdot L_1 = 0$

$$R_{vB} = \frac{W_4 \cdot a}{L_1} = \frac{320,25 \cdot 13,13 \times 10^{-2}}{150 \times 10^{-2}} = 28,03 \text{ N}$$

b) $\sum M_B = 0 \rightarrow W_4 \cdot b - R_{vA} \cdot L_1 = 0$

$$R_{vA} = \frac{W_4 \cdot b}{L_1} = \frac{320,25 \cdot 136,87 \times 10^{-2}}{150 \times 10^{-2}} = 292,22 \text{ N}$$

c) Kontrol

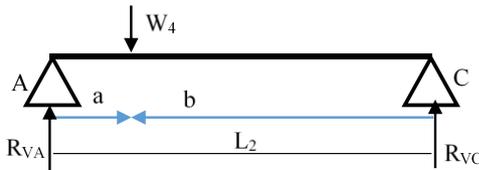
$$\sum V = 0$$

$$R_{vB} + R_{vA} - W_4 = 0$$

$$28,03 \text{ N} + 292,22 \text{ N} - 320,25 \text{ N} = 0$$

$$0 = 0 \text{ (terbukti)}$$

Daerah II



$$W_4 = 320,25 \text{ N}$$

$$a = 13,13 \text{ cm} = 13,13 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$b = 40,87 \text{ cm} = 40,87 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$L_1 = 0,54 \text{ m}$$

Dengan menggunakan rumus (2) dan (3) diperoleh

a) $\sum M_A = 0 \rightarrow W_4 \cdot a - R_{vC} \cdot L_2 = 0$

$$R_{vC} = \frac{W_4 \cdot a}{L_2} = \frac{320,25 \cdot 13,13 \times 10^{-2}}{54 \times 10^{-2}} = 77,87 \text{ N}$$

b) $\sum M_C = 0 \rightarrow W_4 \cdot b - R_{vA} \cdot L_2 = 0$

$$R_{vA2} = \frac{W_4 \cdot b}{L_2} = \frac{320,25 \cdot 40,87 \times 10^{-2}}{54 \times 10^{-2}} = 242,38 \text{ N}$$

c) Kontrol

$$\sum V = 0$$

$$R_{vA2} + R_{vC} - W_4 = 0$$

$$77,87 \text{ N} + 242,38 \text{ N} - 320,25 \text{ N} = 0$$

$$0 = 0 \text{ (terbukti)}$$

Akibat adanya pembagian distribusi beban pada daerah I dan II, titik tumpu A menerima dua kali gaya reaksi, yaitu

$$R_{vA\text{total}} = R_{vA1} + R_{vA2} = 292,22 \text{ N} + 77,87 \text{ N}$$

$$= 370,09 \text{ N},$$

Sehingga

$$R_{vA} + R_{vB} + R_{vC} = 370,09 + 28,03 + 242,38$$

$$= 640,50 \text{ N (terbukti)}$$

5) Reaksi tumpuan di titik pusat rangka

Titik pusat rangka merupakan titik simetris pendistribusian beban secara merata ke setiap tumpuan. Dalam hal ini, beban yang diterima rangka akan terbagi empat ke tumpuan A, B, C, D dengan nilai di penampang I, II, III, dan IV.

$$W_5 : 4 = 640,5 \text{ N} : 4 = 160,125 \text{ N}$$

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian alat, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. *Smart Hospital Bed* memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan rata-rata *error* sebesar 0,10% sehingga dapat diaplikasikan sebagai alat bantu medis.
2. *Smart Hospital Bed* diharapkan dapat membantu para pasien berkebutuhan khusus yang tidak dapat ditimbang secara normal.
3. Alat ini akan membantu banyak rumah sakit, klinik, dalam meningkatkan kualitas pelayanannya. *Smart Hospital Bed* diharapkan mampu bersaing dengan produk impor sejenis dengan harga yang lebih kompetitif.
4. Produk ini memungkinkan untuk dimultifungsikan, sebagai contoh menambahkan fitur IoT agar kondisi terkini pasien dapat diketahui dan diperiksa secara *real time* melalui *smartphone*.

5.2. Saran

Dalam penyempurnaan kinerja *Smart Hospital Bed*, diberikan saran sebagai berikut

1. Dibutuhkan dukungan lanjut untuk meningkatkan kualitas dan manfaat alat.
2. *Smart Hospital Bed* merupakan karya anak bangsa yang diyakini akan memberikan manfaat yang besar, sehingga diharapkan mendapat hak paten untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan untuk terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Adriansyah, A., dan Hidayatama, O. 2013. *Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328p*. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Mercu*. 4 (3): 100-112.
- [2]. Atmika, I Ketut Adi. 2016. *Metode Numerik*. Bali: Universitas Udayana.
- [3]. Badan Pusat Statistik. 2016. *Jumlah Sarana Kesehatan-kesehatan Masyarakat dan Sejenisnya Menurut Kabupaten Kota Unit 2015*. <https://sumut.bps.go.id>. Diakses pada 15 Desember 2021.
- [4]. Darnis S., Fareau N., Corallo C.E., Poole S., Dooley M.J., Cheng A.C. 2012. *Estimation of body weight in hospitalized patients*. *Q J Med*. 105 (8): 769–774.
- [5]. Jabar, L. A., Prayitno, A., dan Pancarini, E. 2018. *Uji Validitas, Realibilitas Hasil Pengukuran Berat Badan Menggunakan Rumus Jung Dengan Timbangan Elektronik Pada Pasien Stroke Lanjut Usia*. *Jurnal Kesehatan Kusuma Husada*. 174-180.
- [6]. Jannah, R., Murtono, A., & Siswoto. 2017. *Desain dan Analisis Ripple Tegangan dan Arus Luaran Peralatan Baterai Lead Acid*. *Jurnal ELKOLIND*. 4 (3): 33-38.
- [7]. Khakim, A. L. 2015. *Rancang Bangun Alat Timbang Digital Berbasis AVR Tipe Atmega32*. Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [8]. Mandayatma, E. 2018. *Peningkatan Resolusi Sensor Load Cell Pada Timbangan Elektronik*. *Jurnal ELTEK*. 16 (01): 37-50.
- [9]. Nerindra, A. L, dan Ardiansyah, D. 2020. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Arus Searah 24 Volt- 120 Watt*. Skripsi. Universitas 17 Agustus 1945. Surabaya
- [10]. Nisa, K. 2018. *Rancang Bangun Timbangan Dapur Menggunakan Load Cell Berbasis Mikrokontroler Atmega 328*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [11]. Nuryanto, R. 2015. *Pengukur Berat dan Tinggi Badan Ideal Berbasis Arduino*. Karya Ilmiah Program Sarjana. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [12]. Sholeh, M. N. 2019. *Mekanika Rekayasa: Ilmu Dasar Teknik Sipil*. Yogyakarta: DEEPUBLISH.
- [13]. Wahyudi, Rahman, A., dan Nawawi, M. 2017. *Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual*. *Jurnal ELKOMIKA*. 5 (2): 207-220.
- [14]. Zulfikar, R. 2013. *Evaluasi Kebutuhan Daya Listrik Dan Kemungkinan Untuk Penghematan Energy Listrik Di Hotel Santika Bogor*. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*. 1 (1).