

## Rancang Bangun Peralatan Fisioterapi Dua Derajat Kebebasan Berbiaya Rendah

Risdiyono<sup>1, a \*</sup>, Rahman Nur Hakim<sup>2</sup> dan Sugiyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia,  
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta, Indonesia

<sup>a</sup>risdiyono@uii.ac.id

### Abstrak

Fisioterapi memiliki peran yang sangat penting dalam membantu proses pemulihan seseorang yang mengalami penurunan kemampuan gerak akibat kecelakaan, penyakit maupun faktor lainnya. Di era yang serba otomatis ini, keahlian para fisioterapis telah banyak diadopsi di berbagai peralatan canggih berbasis komputer yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan. Peralatan canggih ini biasanya hanya tersedia di pusat fisioterapi modern maupun rumah sakit ternama. Dikarenakan harganya yang mahal maka sangat sulit bagi perseorangan untuk memiliki peralatan tersebut di rumah untuk keperluan program terapi mandiri. Makalah ini membahas tentang rancang bangun peralatan fisioterapi berbiaya rendah yang dapat membantu memulihkan kemampuan gerak anggota tubuh, khususnya lengan atas dan lengan bawah. Mekanisme dari sistem didasarkan pada gerakan rotasi dua derajat kebebasan dengan menggunakan motor stepper sebagai penggerak dan mikro kontroler sebagai pengendali. Dari evaluasi pengujian purwarupa yang telah dikembangkan, dapat disimpulkan bahwa alat yang dibuat telah mampu menunjukkan kinerja seperti yang diharapkan. Meskipun demikian, penyempurnaan masih diperlu dilakukan terutama dari segi ergonomi.

**Kata kunci** : alat fisioterapi, rancang bangun, gerak dua derajat kebebasan

### Pendahuluan

Secara umum, fisioterapi (*physiotherapy/physical therapy*) dapat didefinisikan sebagai proses rehabilitasi fisik dari cedera lemah otot untuk mengembalikan fungsi gerak dalam rangka meningkatkan kualitas hidup melalui pengecekan, diagnosis dan prognosis yang seringkali melibatkan penggunaan gaya dan gerakan mekanis. Fisioterapi biasanya dilakukan oleh seorang fisioterapis yang memiliki pengetahuan dan keahlian khusus di bidang *neurology*, perawatan luka, EMG, *geriatrics*, *orthopaedic and pediatrics* [1].

Proses fisioterapi pada umumnya merupakan kombinasi antara terapi gerakan oleh fisioterapis, penggunaan obat, pemakaian peralatan mekanis, penggunaan media fisis (panas, dingin, listrik, gelombang suara, radiasi, sinar X, prosthesis, orthotic) serta edukasi [2].

Fisioterapis seringkali bekerja sama dengan dokter dalam melakukan terapi fisik pasca operasi ortopedi, patah tulang, cedera

olah raga, keseleo, sakit punggung dan leher, gangguan tulang belakang dan cacat akibat amputasi [3].

Proses fisioterapi yang relatif lama menyebabkan munculnya berbagai alat bantu terapi mandiri, dimana pasien dimungkinkan untuk secara mandiri melakukan proses terapi di bawah pengawasan seorang fisioterapis. Peralatan fisioterapi yang digunakan biasanya difungsikan secara otomatis berbasis komputer yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan. Sayangnya, peralatan tersebut saat ini hanya tersedia di pusat fisioterapi maupun rumah sakit ortopedi dikarenakan harganya yang relative mahal.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan penelitian rancang bangun peralatan fisioterapi yang memiliki fungsi serupa akan tetapi harganya terjangkau oleh masyarakat. Sebagai langkah awal, penelitian hanya difokuskan pada pembuatan dan pengontrolan dua derajat kebebasan untuk terapi lengan atas dan bawah.

## Konsep Desain

Salah satu perusahaan yang membuat alat terapi untuk penderita kelemahan otot karena stroke atau penyebab lain, seperti kecelakaan atau cedera saat berolahraga adalah Myomo, Inc. Perusahaan yang berdiri sejak tahun 2007 ini membuat produk untuk membantu meningkatkan kekuatan otot dengan nama Myopro (Gambar 1). Produk ini menggunakan penggerak motor dengan satu derajat kebebasan untuk terapi lengan.



Gambar 1. Alat fisioterapi Myopro [4]

Meskipun produk ini sudah tersedia di pasaran, akan tetapi masih terbuka ruang yang cukup luas untuk melakukan inovasi. Secara sederhana, inovasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses untuk menaikkan nilai suatu produk maupun sebuah sistem. Persamaan umum yang sering dipakai untuk menggambarkan nilai (*value*) sebuah produk hasil dari inovasi adalah sebagai berikut:

$$Value = \frac{Functionality}{Cost} \dots\dots\dots (1)$$

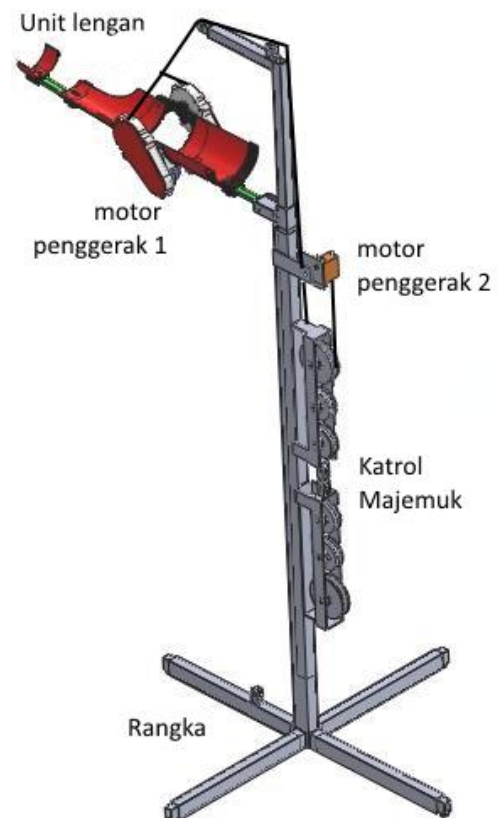
Dari persamaan 1, dengan mengubah variabel fungsionalitas dan harga, dapat diturunkan beberapa metode untuk menaikkan value dari sebuah produk. Cara yang paling ideal adalah dengan menaikkan fungsionalitas dan menurunkan harga secara bersamaan. Tentu saja cara ini sangat sulit untuk dilakukan.

Rancang bangun peralatan fisioterapi yang dilakukan difokuskan pada penurunan harga yang cukup signifikan tanpa mengurangi fungsionalitas yang diinginkan. Bahkan diharapkan desain yang dibuat mampu memberikan 1 derajat kebebasan tambahan sehingga fungsionalitasnya bisa bertambah. Dengan demikian kesederhanaan dari sistem menjadi faktor yang sangat penting untuk diperhatikan.

Mengingat motor penggerak dan kontroler merupakan dua komponen utama yang sangat mempengaruhi harga akhir produk, maka diperlukan inovasi pada kedua komponen tersebut sehingga bisa lebih murah tanpa menurunkan kinerjanya.

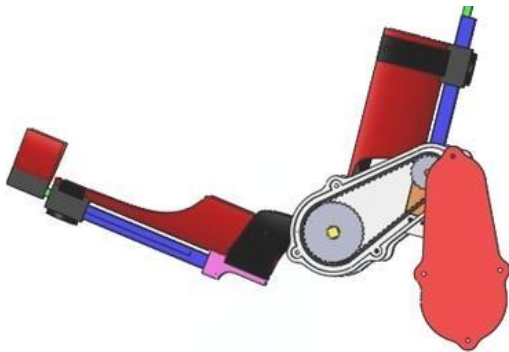
Kinerja penggerak sangat ditentukan oleh motor penggerak yang digunakan. Untuk alat fisioterapi yang pada umumnya memerlukan torsi yang cukup besar, motor servo seringkali menjadi pilihan. Harga motor servo berbanding lurus dengan torsi yang mampu dilayani. Semakin besar torsinya, semakin mahal harganya.

Ada dua gerakan yang dirancang dalam alat terapi ini, yaitu gerakan lengan dan gerakan bahu. Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan bagian bahu lebih besar dibandingkan dengan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan bagian lengan. Untuk itu diperlukan spesifikasi motor yang lebih besar atau dibuat mekanisme gerakan yang berbeda. Penggunaan motor servo dengan torsi kecil yang digabungkan dengan sistem katrol merupakan salah satu inovasi yang dilakukan untuk dalam situasi ini dengan tujuan untuk menurunkan biaya pembuatan (gambar 2).



Gambar 2. Desain alat terapi lengan dan bahu

Unit lengan merupakan unit yang digunakan untuk tempat diletakkan lengan yang akan diterapi dan terdiri dari bagian rangka, bagian penumpu, dan bagian sistem transmisi. Unit ini menggunakan penggerak motor servo 180° yang dihubungkan dengan sistem transmisi sabuk. Unit lengan dihubungkan dengan unit bahu yang digerakkan oleh tali katrol dengan penggerak motor servo 360° (gambar 3).



Gambar 3. Unit lengan

### Rancangan Kontrol Gerakan

Mikrokontroler adalah miniatur dari sistem komputer yang digunakan untuk tujuan penggunaan daya listrik rendah dan memori yang kecil [5]. Mikrokontroler terdiri dari sebuah mikrochip pada papan sirkuit dengan kemampuan read-write, memory, input dan output.

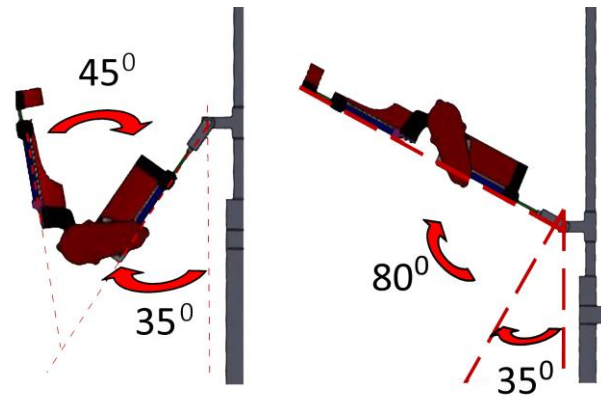
Program pada mikrokontroler disimpan dalam memori yang terdapat di dalam cip. Mikrokontroler berisi suatu cip yang dapat diprogram untuk melakukan fungsi kendali pada suatu alat [6]. Program tersebut dapat diisikan melalui komputer dengan perantara port serial maupun USB.

Mikrokontroler merupakan perangkat yang digunakan untuk tujuan yang spesifik tidak seperti komputer yang dapat menangani berbagai program [7,8]. Untuk mengontrol gerakan lengan dan bahu pada penelitian ini digunakan mikrokontroler Atmega328 pada platform Arduino Uno. Adapun jangkauan gerakan alat adalah sebagai berikut (gambar 4):

- a. Untuk motor servo 1 (penggerak lengan), sudut bagian dalam yang terbentuk antara tiang penyangga dan prototipe alat adalah  $\pm 35^\circ$ , sedangkan sudut bagian dalam yang terbentuk antara lengan

atas dan lengan bawah adalah  $45^\circ$ . Jadi data posisi maksimal yang dapat diterima motor servo adalah  $135^\circ$ .

- b. Untuk motor servo 2 (penggerak bahu), sudut yang terbentuk antara posisi awal dan posisi terjauh yang dapat dijangkau oleh prototipe alat adalah  $\pm 80^\circ$ .



Gambar 4. Jangkauan gerak alat

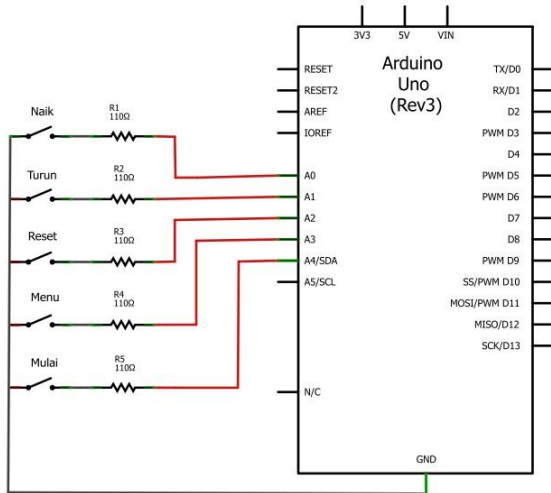
Mikrokontroler dirancang untuk mampu mengendalikan ragam gerakan alat terapi yang meliputi (a) menggerakkan unit lengan tanpa menggerakkan bahu, (b) menggerakkan bahu tanpa menggerakkan unit lengan dan (c) menggerakkan lengan kemudian bahu.

Untuk kebutuhan input dibutuhkan push button. Push button yang digunakan memiliki 2 kaki; satu kaki dihubungkan pada pin gnd (ground) Arduino dan yang satu lagi dihubungkan ke salah satu pin analog. Karena dalam sistem kendali gerakan ini membutuhkan 5 push button yakni, untuk reset, berpindah menu, mengeksekusi data dan 2 tombol untuk merubah posisi servo, maka salah satu kaki push button tersebut dihubungkan dengan pin analog pada Arduino yakni, A0 untuk gerak inkremental naik, A1 untuk gerak inkremental turun, A2 untuk mengulang program, A3 untuk berpindah menu dan A4 untuk mengeksekusi data (gambar 5).

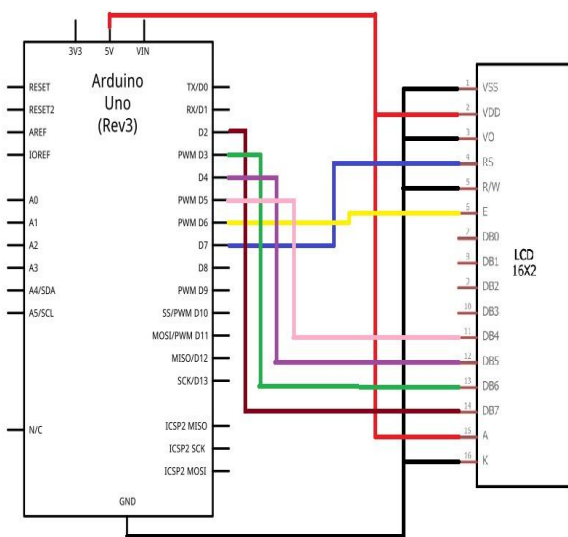
Untuk menampilkan data diperlukan LCD. LCD mempunyai 16 pin, namun untuk berkomunikasi dengan Arduino cukup menggunakan 12 pin. Konektivitas antara pin LCD dengan pin Arduino ditunjukkan pada skema rangkaian pada gambar 6.

Motor servo memiliki 3 pin yang dihubungkan pada Arduino. Karena daya yang keluar dari Arduino terlalu kecil, maka

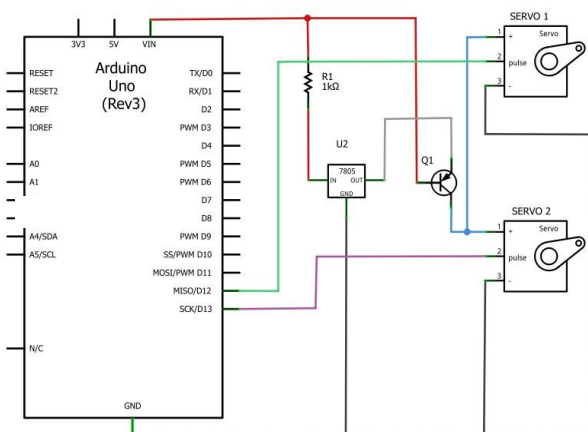
perlu rangkaian tambahan dengan komponen transistor, regulator serta resistor guna menaikkan daya yang diterima motor servo agar memiliki torsi yang lebih besar. Skema rangkaian antara motor servo dan Arduino ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 5. Skema rangkaian push button



Gambar 6. Skema rangkaian LCD – Arduino



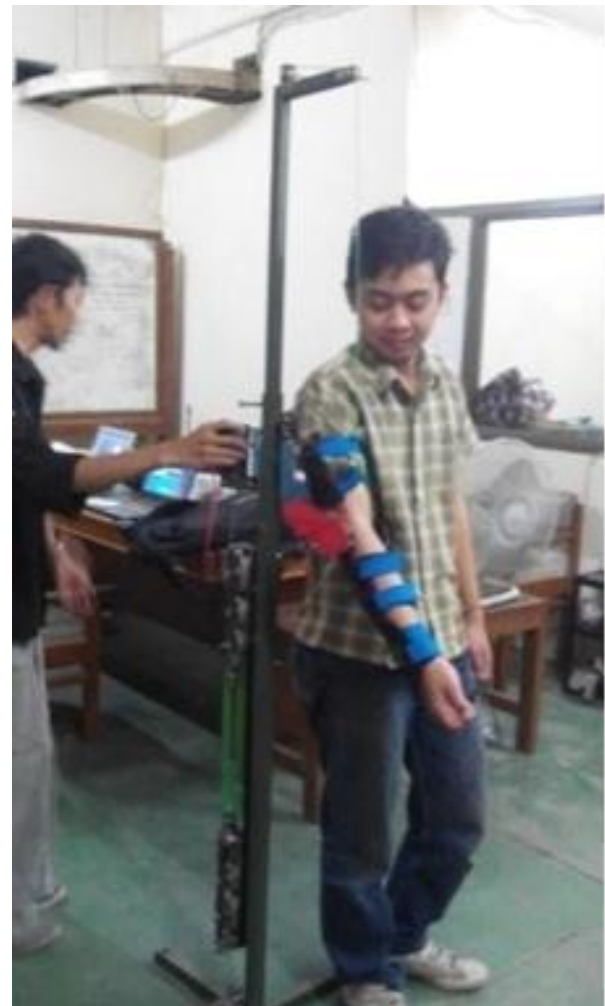
Gambar 7. Skema rangkaian motor servo

## Hasil dan Pembahasan

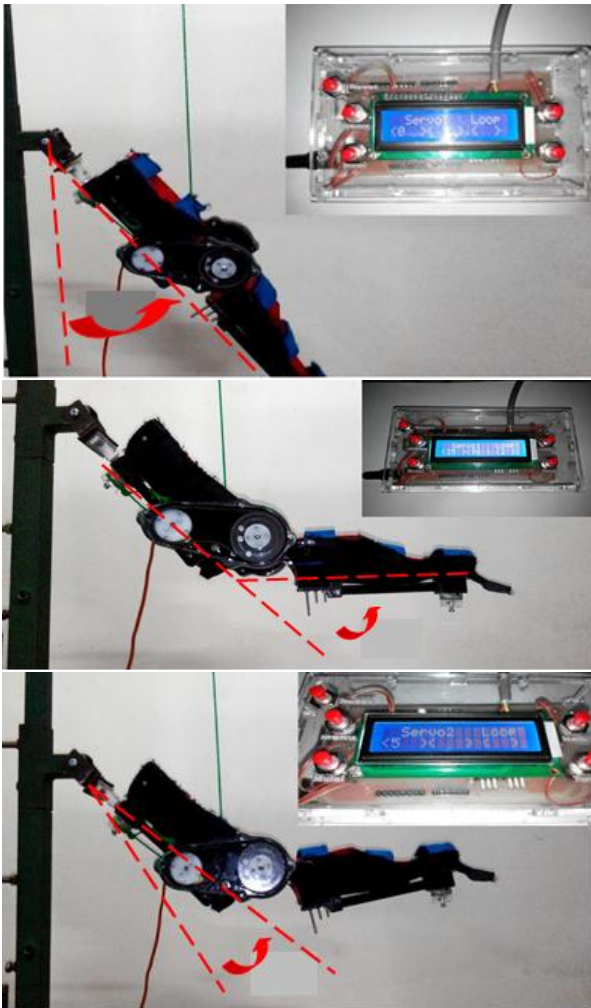
Hasil perancangan dan pembuatan alat fisioterapi yang meliputi mekanisme gerakan dan pengontrolannya dapat dilihat pada gambar 8. Alat ini bisa dipakai oleh pasien dalam kondisi berdiri, duduk, ataupun berbaring dengan cara mengatur ketinggian rangkanya.

Pengujian dilakukan dengan kondisi tanpa beban maupun dengan beban. Pengujian tanpa beban dilakukan untuk mengecek akurasi pengontrolan gerakan oleh mikrokontroler, sedangkan pengujian dengan beban bertujuan untuk mengetahui beban maksimal yang bisa diampu oleh motor servo.

Pada pengujian tanpa beban, tiga ragam gerakan alat terapi yang diuji meliputi gerakan bahu tanpa gerakan lengan, gerakan lengan tanpa gerakan bahu, dan kombinasi keduanya (gambar 9). Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu bekerja sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.



Gambar 8. Alat fisioterapi hasil rancangan



Gambar 9. Hasil uji coba kontrol gerakan alat.

Pada pengujian dengan beban diketahui bahwa motor servo yang digunakan mampu mengangkat beban sampai dengan 0.8 kg tanpa dihubungkan dengan katrol. Jika menggunakan katrol, maka beban yang bisa ditanggung menjadi sebesar 5 kg. Kekuatan ini sudah melebihi kekuatan yang direncanakan, yaitu sebesar 4 kg. Dengan demikian peralatan yang dikembangkan telah memenuhi persyaratan kontrol gerakan dan persyaratan beban maksimal yang diijinkan.

Meskipun belum dilakukan analisa secara mendalam tentang biaya pembuatan, potensi untuk memproduksi dengan biaya rendah sangat terlihat.

### Kesimpulan dan saran

Sebuah prototype peralatan fisioterapi dua derajat kebebasan berbiaya rendah telah berhasil dikembangkan. Persyaratan mekanis berupa keakuratan pengendali dan kekuatan

mengangkat beban telah berhasil dipenuhi. Penyempurnaan tentu saja masih sangat diperlukan terutama dari sisi ergonomic.

### Referensi

- [1] Klinteberg, Margareta (1992). "The History and Present Scope of Physical Therapy". *International Journal of Technology Assessment in Health Care* 8 (1): 4–9.
- [2] Basson, Annalie (2010). "History: Abridged version of IFOMPT History". *International Federation of Orthopaedic Manipulative Physical Therapists (IFOMPT)*. Retrieved 9 January 2014.
- [3] Inverarity, Laura; Grossman, K.(2007) "Types of Physical Therapy". The New York Times Company.
- [4] Myomo Team,"Myopro" tersedia secara online di [www.myopo.com](http://www.myopo.com), diunduh 10 Juni 2010
- [5] Gibb, Alicia M. (2010). "New Media Art, Design, And The Arduino Microcontroller: A Malleable Tool". School of Art and Design Pratt Institute New York
- [6] Budiharto, W. (2008). *10 Proyek Robot Spektakuler*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [7] Artanto, D. (2012). *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta Pusat : Elex Media Komputindo.
- [8] Banzi, M. (2008). *Getting Started with Arduino*. Sebastopol: O'Reilly.