

MODUL TEKNIS TUGAS BESAR  
TF-2207  
LABORATORIUM TEKNIK FISIKA II

Robotic Arm



Program Studi Teknik Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
2020

## **Tugas Besar**

### **Laboratorium Teknik Fisika II**

Dosen : Dr. Ir. Eko Mursito Budi, M.T., IPM  
Dr. Eng. Muhammad Haris Mahyuddin S.T., M.Eng.

Koor. Lab : Elfi Yulia S.T., M.T.

Koor. Asisten : Krisna Diastama (13317016)  
Yan Setiaji (13317077)

Asisten : Miranda Prima Alifiana (13317053)  
Rio Ariesta Sasmono (13317057)  
Ngakan Putu Gede Amartya Kumara Sayang (13317059)  
Indira Puspita Margariza (13317062)  
Alif Rizqullah Mahdi (13317072)  
Gregory Sembiring Brahmana (13317001)  
Muhammad Iqbal Anggoro Agung (13317007)  
Muhammad Vardani Rulianto (1331709)  
Muhammad Raihan Miransyahputra (13317031)  
Karina Ardelia Arfian (13317033)



Dokumen ini disusun untuk praktikum Laboratorium Teknik Fisika II di lingkungan ITB. Dokumen ini berada di bawah lisensi *Creative Commons Attribution Non-Commercial ShareAlike 4.0* (CC BY-NC-SA 4.0). Anda dipersilahkan mendistribusikan, menggunakan, dan memodifikasi dokumen ini untuk kebutuhan non komersial dengan mencantumkan sumber dan lisensi yang sama. Lisensi lengkap dapat dilihat di <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

# Pendahuluan

Modul teknis ini akan menjelaskan beberapa komponen-komponen standar yang dapat digunakan dalam tugas besar. Penjelasan akan terdiri dari deskripsi singkat komponen, skematik (bila diperlukan), sambungan pin, dan kamus singkat program. Selamat bekerja!

## Overview

- Membuat robotic arm dengan 3 DOF menggunakan bahan dasar akrilik dan penggerak berupa motor servo dan motor stepper ditambah dengan aktuator tambahan pada arm berupa solenoid (Rangkaian yang akan dibuat akan diberikan skematiknya). Arduino UNO akan digunakan sebagai mikrokontroler dari robotic arm dengan PCB yang dibuat berupa shield untuk Arduino tersebut
- Membuat algoritma untuk menggerakkan robotic arm dengan menggunakan Inverse Kinematics dan membuat Controller menggunakan smartphone dengan memanfaatkan koneksi Bluetooth
- Memindahkan payload berupa mur menggunakan solenoid dari satu tempat ke tempat lain (masing-masing tim akan dibandingkan skornya untuk menentukan penilaian kinerja dari robotic arm). Solenoid yang dibuat perlu menarik maksimal 0,5-0,8A untuk memastikan power supply bisa menahan beban yang dimiliki robotic arm dan solenoid. Untuk mencapai arus yang cukup rendah diperlukan lilitan kira-kira 10-15 kali dengan mur sepanjang 5 cm

## Parameter yang perlu dicapai:

- Robot arm dapat mengangkat mur (ukuran M4) memakai magnet solenoid dan memindahkannya dari suatu tempat ke tempat lain sesuai permintaan penguji.
- Robot arm dapat dikontrol secara manual memakai HP lewat koneksi bluetooth.
- Program disusun dengan rapi (memakai komentar agar mudah dibaca)
- Desain mekanik dan elektrik didokumentasikan dengan baik.

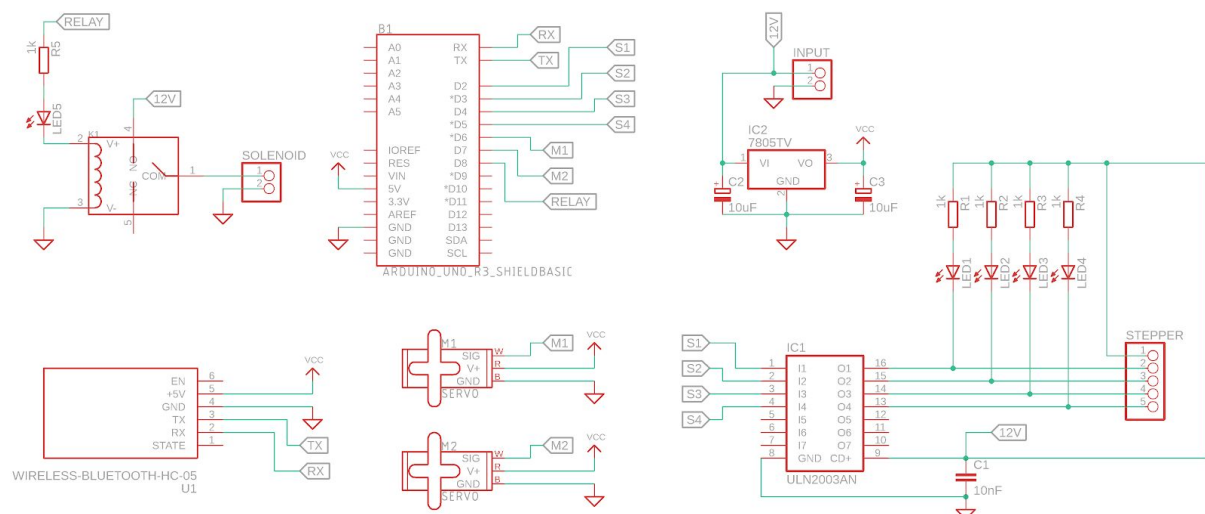
## Komponen yang dibutuhkan

Semua komponen berikut kecuali Arduino UNO akan disediakan oleh Tim Lab TF 2

No	Nama Komponen	Jumlah
1	Arduino UNO	1
2	Motor Servo	2
3	Motor Stepper 12V	1
4	Bluetooth Module HC-05	1
5	ULN2003	1
6	Relay	1
7	Power Supply 12V 3A	1
8	LM7805	1
9	Polarized Capacitor 47nF 35V	2
10	Kapasitor 10nF	1
11	Terminal 2 pin	1
12	Resistor 1k Ohm	5
13	LED	5
14	Male Header 10 pin	4
15	Akrilik tebal 3 mm, 40 cm x 60 cm	1

Selain dari komponen yang tertera diatas, mohon disediakan sendiri, termasuk diantaranya PCB, kawat solenoid, kabel, pengganti komponen rusak, dll. Untuk *laser cutting* dapat dilakukan secara gratis di workshop TF ITB.

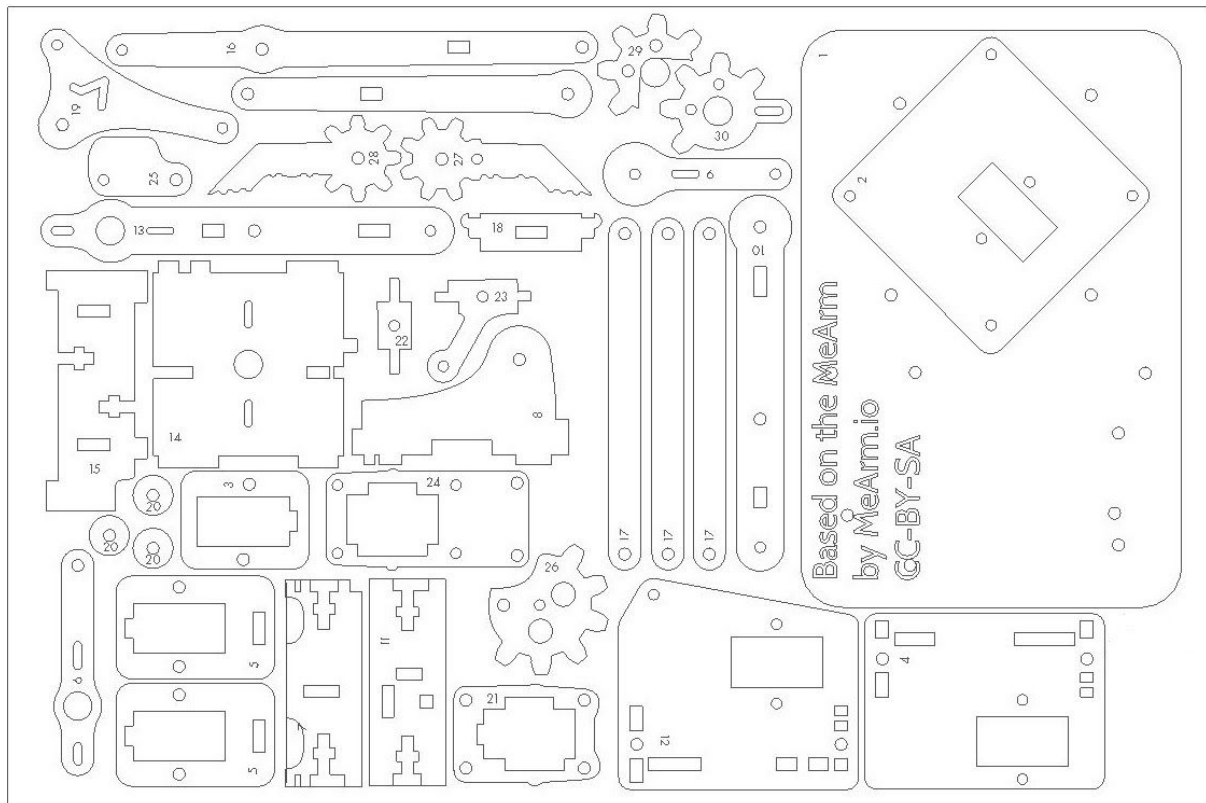
## Skematik Elektrikal



Gambar 1. Rangkaian Skematik dari Shield PCB Robotic Arm

Rangkaian diatas akan dicetak pada PCB dengan bentuk menyesuaikan arduino sehingga akan berbentuk shield. Hubungan dari komponen seperti motor servo dan motor stepper akan berupa pin to pin dimana pada shield yang kalian akan buat digunakan pin header male, sementara untuk motor sesuai standar penjualan pada pasaran akan menggunakan pin header female. Pada rangkaian diatas juga dapat dilihat terdapat beberapa sub-rangkaian yaitu rangkaian power supply, rangkaian kontrol untuk motor stepper, dan rangkaian kontrol solenoid. Untuk power supply sendiri digunakan masukan sebesar 12V sehingga motor stepper dapat langsung menerima tegangan sebesar 12V, sementara itu karena komponen lain membutuhkan tegangan sebesar 5V digunakan LM7805 beserta kapasitor (untuk menstabilkan keluaran) agar komponen lain selain motor stepper mendapatkan tegangan sebesar 5V. Kemudian, untuk rangkaian kontrol motor stepper digunakan ULN2003 yang berupa transistor untuk memastikan arus yang masuk ke dalam motor stepper cukup kuat untuk menggerakkannya (dibutuhkan arus diatas 80mA). Komponen resistor, LED, dan kapasitor pada rangkaian kontrol motor stepper berada pada rangkaian dengan tujuan untuk menyamakan dengan spesifikasi standar untuk modul ULN2003 yang digunakan sebagai kontrol motor stepper pada umumnya. Guna LED adalah sebagai indikator untuk mengetahui pada arah mana motor stepper dinyalakan. Untuk rangkaian kontrol solenoid, dapat dilihat pada sub-rangkaian tersebut digunakan relay dengan tegangan switching sebesar 5V (dari arduino) dan tegangan yang dikontrol sebesar 12V. Sehingga, ketika arduino memberikan output HIGH maka relay akan aktif dan menghubungkan power supply ke solenoid (akan *short* dan menghasilkan medan magnet). Komponen lain yang digunakan adalah Wireless-Bluetooth Module HC-05 yang digunakan sebagai komunikasi data antara arduino dengan *smartphone* secara serial.

## Skematik Mekanik



Gambar 2. Drawing dari *Robotic Hand MeArm V1.0* (dapat diunduh pada tautan berikut: [Unduh](#))

MeArm merupakan sebuah desain *Robotic Arm open source* yang dapat dibuat dengan komponen yang cukup sedikit. Pada dasarnya, MeArm memiliki 4 derajat kebebasan/*degree of freedom* (DOF), namun, untuk pelaksanaan tugas besar kali ini, desain asli MeArm yang digunakan akan sedikit dimodifikasi pada 2 bagian, yang pertama adalah pada bagian kepalanya karena untuk bagian kepalanya tidak akan digunakan pencapit, namun akan diganti dengan solenoid untuk memindahkan *mur* sehingga DOF *Robotic Arm* akan berkurang menjadi 3 DOF. Bagian kedua yang

dimodifikasi adalah bagian *base*-nya karena desain asli MeArm menggunakan motor servo sebagai penggeraknya, namun kali ini akan digunakan motor stepper sebagai *base*-nya agar lengan dapat berputar 360°. Hal yang perlu diperhatikan adalah pemilihan bahan untuk membuat solenoid, serta desain *head* untuk menopang solenoid agar solenoid dapat kuat menahan beban.



□□ **Catatan** Potong part cadangan untuk komponen yang berpotensi patah !

Gambar 3. Desain *Robotic Hand MeArm* yang telah dimodifikasi

## Catatan Pemrograman

Sebagian besar komponen memerlukan library untuk mempermudah pemrograman. Untuk mengecek apakah library sudah terinstal, lihat daftar library di **Sketch** → **Include Library**. Bila belum terinstal, silahkan download dan install library. Petunjuk instalasi library dapat dilihat di <https://www.arduino.cc/en/Guide/Libraries>.

Sebagian besar library digunakan dengan proses berikut:

1. Menggunakan library dengan `#include <nama-library.h>` di bagian awal program.
2. Inisialisasi komponen, dilakukan di bagian awal program (sebelum `setup()`). Bentuknya biasanya adalah `[nama-library] nama(parameter)`, dengan nama akan menunjuk kepada komponen yang diinisialisasi. Inisialisasi dapat dilakukan berkali-kali untuk menggunakan banyak komponen (misalnya bila menggunakan lebih dari satu servo) dengan membedakan namanya.
3. Kode yang diletakkan di `setup` sebagai inisiasi awal komponen. Dipanggil dengan format `nama.perintah(parameter)`, dengan nama merujuk pada komponen yang ingin diberi perintah
4. Kode yang digunakan untuk menjalankan komponen. Dipanggil dengan format `nama.perintah(parameter)`, dengan nama merujuk pada komponen yang ingin diberi perintah.

## Motor Servo

### Deskripsi

Motor servo merupakan motor yang bergerak dengan input sinyal PWM yang diterjemahkan menjadi posisi sudut tertentu. Motor servo yang disediakan dalam tugas besar kali ini adalah jenis Micro Servo yang posisi porosnya dapat diatur dari 0 hingga 180 derajat.

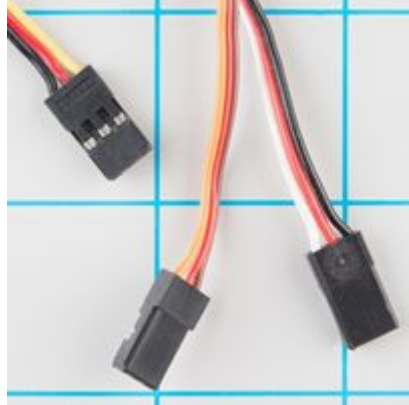
Servo berguna untuk gerakan yang membutuhkan posisi yang spesifik dan rutin. Selain berukuran kecil dan tidak memerlukan daya yang besar, servo juga mudah dikendalikan dengan bantuan library.

### Rangkaian

Rangkaian motor servo cukup sederhana karena tidak memerlukan perlakuan khusus atau komponen pendukung. Konektor motor servo terdiri dari 3 pin, yaitu GND, VCC, dan jalur data. Servo dikontrol menggunakan sinyal PWM sehingga pin data perlu dihubungkan ke pin PWM pada Arduino.

Perhatikan urutan kabel konektor pada servo. Untuk jenis yang disediakan dalam tugas besar ini, urutan kabel adalah coklat/hitam untuk GND, merah untuk VCC, dan kuning/putih untuk data. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 1.

⚠ **Perhatian** perhatikan urutan pin, jangan tertukar baik pada jalur maupun ketika menyambungkan komponen!



Gambar 4. Konektor pada servo.



Gambar 5 Skematik konektor motor servo.

## Program

Untuk memprogram motor servo, digunakan library Servo.h yang merupakan library bawaan Arduino IDE. Perintah-perintah untuk mengendalikan motor servo adalah sebagai berikut.

<i>Inisiasi library</i>	<code>#include &lt;Servo.h&gt;</code>
<i>Inisiasi objek</i>	<code>Servo nama-objek; Servo nama-objek-2; ...</code>
<i>Perintah</i>	<code>nama-objek.attach(pin); #penentuan pin servo nama-objek.detach(pin); #melepas servo nama-objek.write(angle); #mengatur sudut nama-objek.read(); #membaca posisi servo</code>

Meskipun servo dapat diposisikan hingga 0 atau 180 derajat, sebaiknya servo tidak didorong hingga posisi tersebut agar tidak terjadi *stalling*. Coba temukan sudut minimum dan maksimum optimal servo Anda. Atau, jika hanya diperlukan *positioning* terbatas, gunakan *range* tengah motor servo.



# Motor Stepper

## Deskripsi

Motor stepper adalah motor DC yang bergerak dalam step yang diskrit. Motor stepper memiliki beberapa coil dalam bentuk kelompok-kelompok yang dinamakan phase. Dengan energizing tiap fasa dalam sekuen tertentu, motor akan berputar 1 step per energize. Dengan melakukan kontrol pada proses energize maka dapat diperoleh posisi atau kecepatan putar yang presisi. Oleh karena itu, motor stepper biasa digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan gerakan atau posisi yang presisi.

Penjelasan lebih lanjut mengenai motor stepper dapat dilihat di [video ini](#). Perhatikan bahwa motor stepper memiliki kontrol yang bersifat open loop, artinya tidak ada umpan balik kepada pengontrol (Arduino) mengenai posisi atau kecepatan motor stepper.

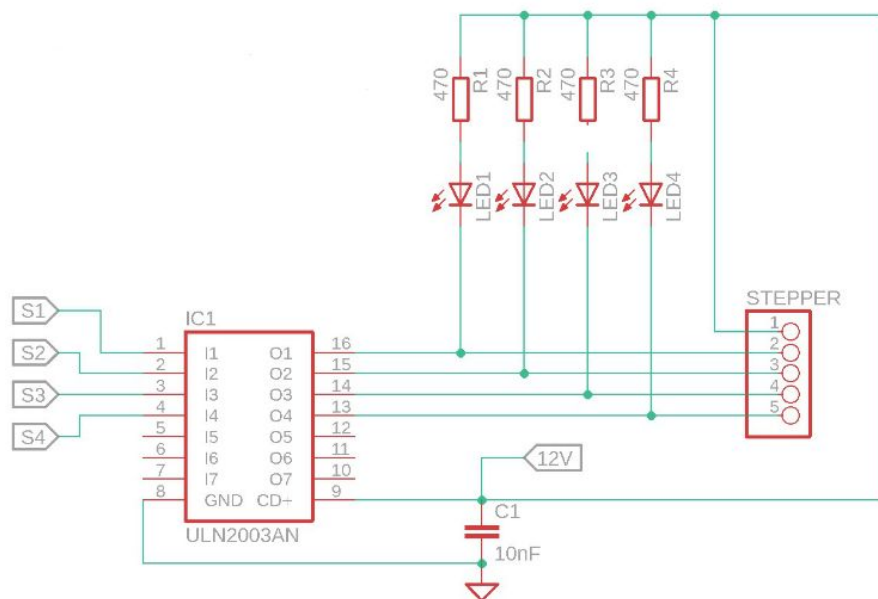
## Rangkaian

Motor stepper yang disediakan memiliki torsi lebih besar daripada motor servo sehingga dapat menanggung beban lebih besar. Namun, hal ini menyebabkan motor stepper menggunakan daya lebih besar. Untuk mengontrol motor stepper, Arduino dan koil-koil motor dihubungkan melalui transistor. Sebagai driver, akan digunakan transistor array ULN2003AN.

Motor stepper dapat dikendalikan melalui pin digital manapun. Setiap koil dalam motor stepper dihubungkan dengan kode warna tertentu (biru, kuning, oranye, dan pink). Selain itu, terdapat pin VCC sehingga total pin motor stepper adalah 5 buah.

☐☐ **Catatan** catat baik-baik urutan koneksi kabel motor stepper ketika melakukan routing dan merangkai, karena urutan yang salah akan menyebabkan kesalahan urutan sekuens fasa.

⚠ **Perhatian** jangan tarik daya (VCC) untuk motor stepper dari Arduino. Tarik langsung dari power supply!



Gambar 6. Skematik driver dan konektor motor stepper.

## Program

Untuk mempermudah pemrograman motor stepper, akan digunakan library Stepper.h. Library Stepper.h menggunakan algoritma full-step.

Bila diinginkan putaran yang lebih halus dapat digunakan metode half-step. Metode ini menggunakan library AccelStepper.h yang dapat didownload pada [link ini](#). Dokumentasi dari library tersebut dapat diakses [di sini](#).

<i>Inisiasi library</i>	<code>#include &lt;Stepper.h&gt;</code>
<i>Inisiasi objek</i>	<code>Stepper nama-objek(steps-per-rev, pin-biru, pin-kuning, pin-pink, pin-oranye);</code>
<i>Perintah</i>	<code>nama-objek.setSpeed(speed); #kecepatan putar nama-objek.step(steps); #memutar sejumlah step nama-objek.step(-steps); #arah sebaliknya</code>

Perhatikan bahwa fungsi `step()` akan memutar motor sesuai rasio step dalam satu putaran.





## Pembuatan PCB

PCB didesain membentuk *shield* seperti pada Gambar 9. Pada konfigurasi ini, komponen berada di dalam area Arduino. Gunakan header pin untuk menyambungkan shield dengan Arduino. Silahkan menggunakan routing single layer maupun double layer, namun perhatikan kompleksitas dan biaya pembuatannya. Dalam pembuatan jalur, perhatikan pula tebal dari wire dan clearance, terutama untuk jalur power. Ingat ada dua jalur berbeda yaitu dari power supply sebesar 12V dan dari power regulator sebesar 5V.



Gambar 9. Contoh shield Arduino.

## Referensi

Sebagian materi di dalam modul ini diambil dari modul teknis tugas besar Laboratorium TF II tahun 2019 dengan penyesuaian topik tugas besar.