

**LAPORAN RESEARCH GROUP
ELECTRONICS INDUSTRY & LEARNING
TAHUN ANGGARAN 2018**

**JUDUL PENELITIAN:
KENDALI ADAPTIVE PADA INVERTED PENDULUM
SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TEACHING FACTORY**



PENGUSUL

Ahmad Awaluddin Baiti, S.Pd.T., M.Pd.
Dr. Masduki Zakarijah, M.T

Nama Mahasiswa	NIM
1. Ibrahim Galih Nasa	14502241016
2. Ridho Abdu Sidiq	15507134028

Dibiayai oleh Dana
Tahun Anggaran 2018
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan
Penelitian Riset Grup
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
No Kontrak 272.17/UN34.15/PL/2018

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2018**

PRAKATA

Laporan penelitian yang berjudul “Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory” dapat diusulkan ke Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta. Ucapan terimakasih yang setinggi-tingginya sehubungan dengan penulisan proposal ini kami sampaikan kepada yang terhormat :

1. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika FT UNY.
4. Semua pihak yang membantu penulisan proposal penelitian ini.

Kritik dan saran sehubungan dengan penyempurnaan proposal penelitian ini dengan senang hati akan dipertimbangkan.

Yogyakarta, 26 Januari 2018

Peneliti.

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN RESEARCH GROUP

1. Judul Penelitian : Kendali Adaptive pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory
2. Ketua Peneliti :
a. Nama lengkap : Ahmad Awaluddin Baiti, S.Pd.T, M.Pd
b. Jabatan : Tenaga Pengajar
c. Program Studi :
d. Alamat : Mlangi 03/32 Nogotirto, Gamping Sleman, Yogyakarta
e. Telepon : +6287738045447
f. e-mail : aawaluddin@uny.ac.id
3. Nama Research Group : Industrial Electronics & Its Learning
4. Tim Peneliti :

No	Nama, Gelar	NIP/NIM	Bidang Keahlian
1.	Dr. Drs Masduki Zakarijah, M.T	19640917 198901 1 001	Pend. Teknik Elektronika
2	Ibrahim Galih Nasa	14502241016	
3	Ridho Abdul Sidiq	15507134028	

5. Mahasiswa yang terlibat : 2 orang
6. Lokasi Penelitian : Laboratorium Sistem Kendali
7. Waktu Penelitian : 3 Februari 2018 s/d 29 Juni 2018
8. Dana yang diusulkan : Rp. 10.000.000,00

Mengetahui,
Ketua JPTEI,

Dr. Fatchul Arifin, M.T.
NIP 197205081998021002

Yogyakarta, 28 Juli 2018
Ketua Pelaksana

Ahmad Awaluddin Baiti, S.Pd.T, M.Pd
NIP 198704142015041002

Mengesahkan
Dekan FT,

Dr. Widarto, M.Pd.
NIP 19631230 198812 1 001

ABSTRAK
Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum
Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory

Oleh
Ahmad Awaluddin Baiti, Masduki Zakarijah

Inverted pendulum merupakan sebuah dasar sistem kendali yang aplikasinya banyak ditemui dilapangan. Inverted pendulum memiliki sifat yang tidak tentu dan tidak stabil. Dengan adanya sifat-sifat tersebut, sebuah inverted pendulum membutuhkan sebuah sistem kendali adaptif yang robust dan dapat menyesuaikan dengan kondisi lingkungannya. Untuk mengatasi permasalahan diatas, logika fuzzy dipilih sebagai sistem kendali adaptif pada inverted pendulum. Logika fuzzy yang di aplikasikan pada penelitian ini menggunakan metoda kendali adaptif langsung dan tak langsung.

Penelitian ini di rancang dengan menggunakan model matematika dan pengujian stabilitas sistem kendalinya menggunakan teori lyapunov. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem kendali yang di rancang benar-benar memiliki kesalahan nol. Selanjutnya, setelah sebuah sistem kendali di buat, sistem tersebut digunakan dan diuji sebagai media pembelajaran teknik kendali adaptif.

Kata kunci: inverted pendulum, kendali adaptif, logika fuzzy, media pembelajaran.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian dengan judul “Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory”.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menambah media pembelajaran dengan cara membuat prototype Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory untuk mahasiswa jurusan pendidikan teknik elektronika.

Kegiatan penelitian ini dapat terlaksana dengan baik berkat adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dekan dan para Pembantu Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Para mahasiswa yang telah membantu kegiatan ini, dan pihak terkait lainnya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Atas bantuan dan peran sertanya selama penelitian ini kami ucapkan terima kasih dan semoga mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Demikian laporan ini kami susun, segala saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan laporan ini sangat kami perlukan untuk perbaikan. Apabila dalam penyusunan laporan ini terdapat kekeliruan, kami mohon maaf yang sebesar-besarnya. Akhir kata semoga laporan ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang berkepentingan.

Yogyakarta, 1 Mei 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PRAKATA	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II KAJIAN PUSTAKA	3
BAB III METODE PENELITIAN	21
Gambar 3. Diagram Four D Model.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
Gambar 4. Desain rancangan inverted pendulum.....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
DAFTAR PUSTAKA	32
Lampiran 1. Dukungan sarana dan prasarana penelitian.....	33
Lampiran 2. Susunan Organisasi, Tugas Dan Alokasi Pembagian Waktu Peneliti Dan Mahasiswa	34
Lampiran 3. Surat Keterangan Keterlibatan.....	37
Lampiran 4. Biodata Peneliti	38
Lampiran 5. Desain Inverted Pendulum.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Skema Inverted Pendulum.....	7
Gambar 2. Definisi Teaching Factory	16
Gambar 3. Diagram Four D Model	26
Gambar 4. Desain rancangan inverted pendulum.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dukungan sarana dan prasarana penelitian **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 2. Susunan Organisasi, Tugas Dan Alokasi Pembagian Waktu Peneliti Dan Mahasiswa **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 3. Surat Keterangan Keterlibatan Mahasiswa **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 4. Biodata Peneliti **Error! Bookmark not defined.**

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Era industri versi 4.0 merupakan sebuah kenyataan yang terjadi dan tidak bisa di hindari saat ini dan dimasa yang akan datang [1]. Era tersebut merupakan sebuah tantangan dimana perubahan kurikulum pembelajaran di sekolah sangat dibutuhkan [2]. Untuk menghadapi tantangan tersebut, perlu upaya-upaya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya bidang teknologi. Sebuah metoda pembelajaran ini harus mendekati lingkungan industri, mengadopsi pengetahuan dan teknologi baru, serta memperkuat inovasi teknologi industri, khususnya bagi lulusannya sebagai insinyur muda [3]. Penguatan kemampuan inovasi ini dapat dilakukan seperti penyelesaian masalah, kreatifitas, pengetahuan dan bakat untuk berkompetisi di industri. Dalam rangka memperkuat pengetahuan dan ketrampilan inovasi teknologi industri, maka pada mata kuliah teknik kendali dibutuhkan media pembelajaran yang sifatnya umum dan dapat digunakan meningkatkan inovasi dan pemikiran yang kreatif, dalam hal ini adalah Inverted Pendulum. Dengan kata lain, media pembelajarannya satu buah sebagai *plant*, tetapi dapat digunakan untuk mengaplikasikan beberapa metode teknik kendali adaptive sesuai dengan kreatifitas dan inovasi masing-masing siswa.

Inverted pendulum merupakan sebuah aplikasi kendali sebagai dasar keilmuan yang sangat penting untuk dipelajari. Berbagai macam fenomena di alam dan aplikasi dilapangan banyak ditemui menggunakan inverted pendulum sebagai dasar-dasar keilmuan, seperti robot berjalan, roket, pesawat terbang, unicycle (kendaraan beroda satu), kendaraan bermotor modern, wheel chair, kendali posisi satelit, dan permainan (Cubic Li) [4]. Untuk mempelajari kendali pada inverted pendulum membutuhkan sebuah inovasi yang melibatkan fungsi matematis. Fungsi ini dapat dilakukan dengan metode kendali konvensional atau kendali modern. Kendali konvensional adalah metode kendali yang sudah biasa digunakan di industry seperti Proportional Integral Derivative (PID) controller, dan Sliding Mode Controller (SMC). Karakteristik metode kendali konvensional memiliki kemampuan terbatas dan tidak bisa aplikasikan pada kondisi tertentu dimana sifat-sifat tidak linear muncul pada sebuah sistem yang dikendalikan, seperti dead-zone, friction, dan gangguan-gangguan lainnya.

Dengan kompleksitas sistem kendali yang dipengaruhi oleh sifat-sifat nonlinear, karakteristik metode kendali konvensional tersebut sangat tidak bisa menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang ada dilapangan. Metode kendali adaptif yang sesuai adalah menggunakan kecerdasan buatan (*Artificial intelligence*). Kecerdasan buatan secara garis besar dibagi menjadi menjadi tiga bagian, yaitu Logika Fuzzy, Jaringan syaraf Tiruan, dan

kecerdasan buatan terdistribusi. Dengan berbagai karakteristik sistem kendali tersebut diatas, pada penelitian ini mengaplikasikan logika fuzzy sebagai kendali adaptifnya. Hal tersebut dikarenakan karena sifat logika fuzzy yang menggunakan operasi IF-THEN rule yang dapat menyerupai pola pikir manusia. Selain itu, pengendalian adaptif pada inverted pendulum memerlukan metode yang tepat supaya mendapatkan hasil pengendalian yang robust.

Beberapa studi tentang kendali adaptif pada inverted pendulum, khususnya yang menggunakan logika fuzzy telah dilakukan sebelumnya. Pendekatan baru untuk menentukan struktur kendali logika fuzzy untuk inverted pendulum telah di teliti oleh Margaliot [5]. Yamakawa telah menunjukkan sebuah kendali logika fuzzy dengan kecepatan tinggi menggunakan logika fuzzy tujuh rule untuk mengendalikan inverted pendulum [6,7]. Yubazaki telah membuat kendali fuzzy pada sistem inverted pendulum [8]. Kendali adaptif logika fuzzy dengan empat masukan telah di teliti pada [7]. Dengan adanya beberapa penelitian sebelumnya, sistem kendali sebuah Inverted pendulum dapat di rancang dengan menggunakan logika fuzzy. Pada penelitian ini, inverted pendulum yang dirancang menggunakan kendali adaptif, khususnya logika fuzzy, dan kemudian diaplikasikan sebagai media pembelajaran di kelas.

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Melakukan disain Kendali Adaptive pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory, dalam perspektif perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Memodelkan inverted pendulum menggunakan *mathematical modelling*.
3. Mensimulasikan kendali adaptif pada inverted pendulum menggunakan computer
4. Melakukan pengujian kinerja kendali adaptif pada inverted pendulum sebagai media pembelajaran teaching factory

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian teori tentang Proses Pengembangan Produk

Penelitian yang berorientasi pada produk disebut dengan penelitian R&D (*Research and Development*). Apabila produk tersebut telah mendapat validasi dan pengakuan kelayakan dari ahli melalui uji alfa, kemudian dilanjutkan dengan uji beta dan dievaluasi pada implementasi sesungguhnya. Pengembangan media ini menggunakan beberapa model pengembangan. Model pengembangan merupakan tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan. Pengembangan media pembelajaran ini merujuk pada *four-D model*. Model pengembangan ini memiliki empat tahapan, yaitu tahap pendefinisian (*definition*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*) (Thiagarajan *et al*, 1974: 5). Pada penelitian hanya terbatas pada tahap pendefinisian, perancangan, dan pengembangan saja. Tahap penyebaran tidak dilakukan, karena penelitian ini hanya melakukan uji validitas, kelayakan, dan uji kelompok kecil.

Menurut Thiagarajan dalam Rochmad (2012: 62-63), tahap pendefinisian adalah tahapan yang memiliki tujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pengajaran (*instructional*). Melalui analisis ditentukan tujuan dan kendala untuk materi pengajaran (*instruction materials*). Tahapan ini meliputi lima fase, yaitu 1) *front end analysis* (analisis awal akhir), pada fase ini kegiatan yang dilakukan yaitu mempelajari masalah mendasar yang dihadapi peserta didik, bagaimana cara menciptakan pembelajaran yang lebih efisien; 2) *learners analysis* (analisis pembelajar), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mempelajari karakteristik peserta didik dan mengidentifikasi relevansi karakteristik peserta dengan desain dan pengembangan instruksional; 3) *task analysis* (analisis tugas), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan menganalisis keterampilan yang harus dikuasai oleh peserta didik dan memastikan semua tugas yang akan diberikan membantu dalam menguasai keterampilan tersebut; 4) *concept analysis* (analisis konsep), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mengidentifikasi konsep-konsep utama yang akan diajarkan; 5) *specifying instructional objectives* (tujuan instruksional khusus), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mengubah hasil analisis tugas dan konsep dalam tujuan-tujuan secara behavior (*behaviorally*). Sekumpulan tujuan ini menjadi dasar

untuk mengkonstruksi tes dan desain instruksional. Setelah itu diintegrasikan ke dalam perangkat pembelajaran.

Tahap perancangan adalah tahapan yang memiliki tujuan mendesain bahan ajar (*instructional material*). Kegiatan pada tahapan ini dilakukan setelah menentukan sekumpulan tujuan behavior (*behavior objectives*) untuk perangkat pembelajaran yang telah ditentukan. Pemilihan format dan media untuk bahan dan produksi versi awal mendasari aspek utama pada tahap desain. Tahapan perancangan meliputi empat fase, yaitu 1) *constructing criterion-referenced test* (mengkonstruksi tes beracuan-kriteria); 2) *media selection* (pemilihan media), memilih media yang cocok untuk mempresentasikan isi pengajaran; 3) *format selection* (pemilihan format); 4) *initial design* (desain awal). Tahap pengembangan adalah tahapan yang memiliki tujuan memodifikasi bahan ajar. Pada tahapan ini bahan ajar dimodifikasi untuk didapatkan bahan ajar yang efektif. Umpan balik diperoleh melalui evaluasi formatif dan digunakan untuk merevisi bahan ajar. Tahap pengembangan memiliki dua fase, yaitu 1) *expert appraisal* (penilaian ahli); 2) *developmental testing* (uji pengembangan). Tahap penyebaran merupakan tahapan akhir pada *Four-D* model. Bahan ajar sampai pada tahap produksi akhir jika uji pengembangan menunjukkan hasil yang konsisten dan hasil penilaian ahli merekomendasikan komentar positif. Pada tahap penyebaran terdapat dua fase, yaitu 1) *validating testing* (uji waliditas); 2) pengemasan (*packaging*) difusi dan adopsi.

Pengembangan produk yang berupa media pembelajaran Model *Smart Door Locks* dengan android dan arduino dengan *Four-D* model merupakan ide kreatif dan inovatif dalam memotivasi dan meningkatkan pemahaman serta hasil belajar peserta didik pada mata kuliah praktik Kendali. Ide pengembangan media pembelajaran ini diawali karena selama ini belum ada inovasi pada media pembelajaran untuk membantu peserta didik dalam mempermudah memahami teori dan langkah-langkah praktikum pada mata kuliah praktik Kendali.

Penelitian yang berorientasi pada produk disebut dengan penelitian R&D (*Research and Development*). Apabila produk tersebut telah mendapat validasi dan pengakuan kelayakan dari ahli melalui uji alfa, kemudian dilanjutkan dengan uji beta dan dievaluasi pada implementasi sesungguhnya. Pengembangan media ini menggunakan beberapa model pengembangan. Model pengembangan merupakan tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan. Pengembangan media pembelajaran ini merujuk pada *four-D model*. Model pengembangan ini memiliki

empat tahapan, yaitu tahap pendefinisian (*definition*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*), dan penyebaran (*disseminate*) (Thiagarajan *et al*, 1974: 5). Pada penelitian hanya terbatas pada tahap pendefinisian, perancangan, dan pengembangan saja. Tahap penyebaran tidak dilakukan, karena penelitian ini hanya melakukan uji validitas, kelayakan, dan uji kelompok kecil.

Menurut Thiagarajan dalam Rochmad (2012: 62-63), tahap pendefinisian adalah tahapan yang memiliki tujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pengajaran (*instructional*). Melalui analisis ditentukan tujuan dan kendala untuk materi pengajaran (*instruction materials*). Tahapan ini meliputi lima fase, yaitu 1) *front end analysis* (analisis awal akhir), pada fase ini kegiatan yang dilakukan yaitu mempelajari masalah mendasar yang dihadapi peserta didik, bagaimana cara menciptakan pembelajaran yang lebih efisien; 2) *learners analysis* (analisis pembelajar), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mempelajari karakteristik peserta didik dan mengidentifikasi relevansi karakteristik peserta dengan desain dan pengembangan instruksional; 3) *task analysis* (analisis tugas), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan menganalisis keterampilan yang harus dikuasai oleh peserta didik dan memastikan semua tugas yang akan diberikan membantu dalam menguasai keterampilan tersebut; 4) *concept analysis* (analisis konsep), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mengidentifikasi konsep-konsep utama yang akan diajarkan; 5) *specifying instructional objectives* (tujuan instruksional khusus), pada fase ini kegiatan yang dilakukan adalah mengubah hasil analisis tugas dan konsep dalam tujuan-tujuan secara behavior (*behaviorally*). Sekumpulan tujuan ini menjadi dasar untuk mengkonstruksi tes dan desain instruksional. Setelah itu diintegrasikan ke dalam perangkat pembelajaran.

Tahap perancangan adalah tahapan yang memiliki tujuan mendesain bahan ajar (*instructional material*). Kegiatan pada tahapan ini dilakukan setelah menentukan sekumpulan tujuan behavior (*behavior objectives*) untuk perangkat pembelajaran yang telah ditentukan. Pemilihan format dan media untuk bahan dan produksi versi awal mendasari aspek utama pada tahap desain. Tahapan perancangan meliputi empat fase, yaitu 1) *constructing criterion-referenced test* (mengkonstruksi tes beracuan-kriteria); 2) *media selection* (pemilihan media), memilih media yang cocok untuk mempresentasikan isi pengajaran; 3) *format selection* (pemilihan format); 4) *initial design* (desain awal). Tahap pengembangan adalah tahapan yang memiliki tujuan memodifikasi bahan ajar. Pada tahapan ini bahan ajar dimodifikasi untuk didapatkan

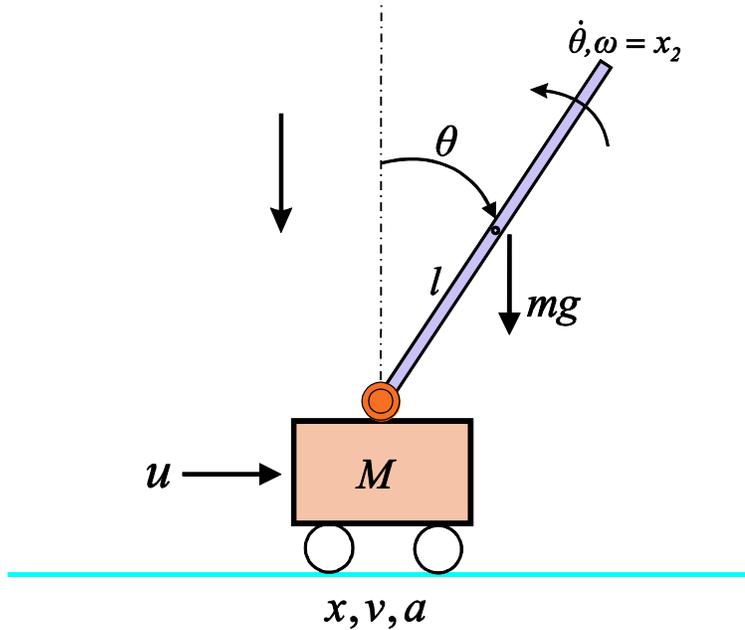
bahan ajar yang efektif. Umpan balik diperoleh melalui evaluasi formatif dan digunakan untuk merevisi bahan ajar. Tahap pengembangan memiliki dua fase, yaitu 1) *expert appraisal* (penilaian ahli); 2) *developmental testing* (uji pengembangan). Tahap penyebaran merupakan tahapan akhir pada *Four-D* model. Bahan ajar sampai pada tahap produksi akhir jika uji pengembangan menunjukkan hasil yang konsisten dan hasil penilaian ahli merekomendasikan komentar positif. Pada tahap penyebaran terdapat dua fase, yaitu 1) *validating testing* (uji waliditas); 2) pengemasan (*packaging*) difusi dan adopsi.

B. Kajian teori tentang Produk yang dikembangkan

1. Inverted pendulum

Inverted pendulum memiliki sifat-sifat tidak stabil (*unstable*) dan tidak tentu (*uncertain*). Adanya sifat-sifat tersebut, sebuah pendulum dapat digolongkan sebagai masalah kendali tidak linear (*nonlinear*). Masalah utama pada sebuah pendulum adalah pada sifat parameter tidak tentu. Masalah tersebut dibagi menjadi dua kelompok yaitu: kelompok pertama adalah parameter yang tidak menentu dan cenderung mengabaikan linearitas. Kelompok kedua adalah ketidak linearan dan ketidak-tentuan dinamis yang tak bisa dimodelkan [9]. Parameter-parameter tak tentu disebabkan oleh besaran-besaran yang sulit atau tidak mungkin diukur karena selalu berubah-ubah sesuai fungsi waktu, suhu, dan lain-lain. Sifat nonlinear dinamis tidak tentu tersebut muncul karena adanya fungsi sinyal sinus dan cosinus. Sinyal tersebut dikirimkan pada sebuah pengendali, sehingga tujuan utama dari pengendali sebuah pendulum adalah untuk meminimalkan pengaruh adanya sifat-sifat pendulum yang tidak tentu tersebut.

Dalam prakteknya, ada beberapa variasi metode kendali pada sebuah inverted pendulum sampai saat ini. Metode kendali tersebut dikategorikan menjadi kendali konvensional seperti PID [10], kendali modern seperti kendali optimal [11], dan kecerdasan buatan seperti Neural-network dan Fuzzy system [12,13]. Dengan adanya variasi metode kendali yang berbeda-beda, inverted pendulum sangat sesuai digunakan untuk pembandingan (*benchmark system*) atau menguji performa sistem kendali [14]. Hal tersebut dikarenakan bahwa inverted pendulum memiliki bersifat sederhana. Skematik diagram sebuah sistem kendali dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Skema Inverted Pendulum

Sebuah inverted pendulum dapat didefinisikan dan ditunjukkan pada gambar 1. Hal tersebut dibentuk dari cart, sebuah pendulum, rail untuk mendefinisikan posisi cart/pembawa. Pendulum akan menempatkan posisinya di titik tengah pada permukaan pembawa (cart). Kemudian pembawa akan bergerak ke kiri dan ke kanan menyesuaikan kondisi pendulum. Persamaan dinamis sebuah inverted pendulum dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 = \ddot{\theta} &= \frac{g \sin \theta - \frac{m_p l \dot{\theta} \cos \theta \sin \theta}{m_c + m_p} + \frac{\cos \theta}{m_c + m_p} u}{l \left(\frac{4}{3} - \frac{m_p \theta}{m_c + m_p} + \cos^2 \theta \right)} \end{aligned} \quad (1)$$

dimana parameter m_c dan m_p adalah massa cart dan massa pendulum dalam satuan kg, parameter g adalah gravitasi bumi dengan besar 9.8 m/s^2 , parameter l adalah setengah panjang pendulum dalam satuan meter (m), variabel u adalah gaya force dalam newton (N), parameter θ, ω, α adalah sudut pendulum, kecepatan angular, dan percepatan

angular. Parameter x, v, a adalah posisi cart dari kondisi awal, kecepatannya dan percepatannya.

2. Kendali Adaptive

Kendali adaptive adalah sebuah kendali yang dapat menyesuaikan dengan lingkungannya. Kendali adaptive biasanya melibatkan sebuah kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Metode kecerdasan buatan ini saat ini dikelompokkan menjadi tiga kategori, antara lain: Logika Fuzzy, Neural Network, dan kecerdasan buatan terdistribusi (*Distributed Artificial Intelligence*). Kecerdasan buatan terdistribusi merupakan sebuah metode yang digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja system dengan metoda heuristik atau pencarian. Beberapa metode kecerdasan buatan terdistribusi yang cukup populer ini antara lain Algoritma Genetika (GA) dan Partikel swarm optimization (PSO). Dari ketiga kategori tersebut dapat berdiri sendiri sebagai system kendali adaptive atau digabungkan untuk mendapatkan performa system kendali yang lebih baik yang disebut kendali *hybrid*.

a. Logika Fuzzy

Sistem kendali adaptif menggunakan logika fuzzy dibagi menjadi empat komponen antara lain: fuzzy rule, fuzzy inferensi, fuzzifier, dan defuzzifier. Fuzzy rule base di susun dari sekumpulan fuzzy IF-THEN rule, menggunakan prinsip-prinsip berikut:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1^l \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_n^l, \text{ THEN } y \text{ is } G^l \quad (2)$$

dimana $x = [x_1 \dots x_n]^T$ adalah masukan fuzzy dan y adalah keluaran dari logika fuzzy, $l_i = 1, 2, \dots, p_i$, $i = 1, 2, \dots, n$ dan G^l adalah fuzzy set. Dengan menggunakan metode logika fuzzy center average, product inference fuzzy, singleton fuzzifier, dan defuzzifier, keluaran y dapat di presentasikan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$y(x) = \frac{\sum_{l=1}^p \theta^l \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i) \right)}{\sum_{l=1}^p \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i) \right)} \quad (3)$$

Dimana $\mu_{A_i^l}$ adalah fungsi membership dari l^{th} fuzzy set, θ^l adalah kumpulan dari parameter terkontrol. Kemudian, persamaan (3) dapat di ekpresikan sebagai berikut:

$$y(x) = \theta^T \xi(x) \quad (4)$$

dimana $y(x) = [\theta^1 \ \theta^2 \ \dots \ \theta^M]^T$ adalah parameter vektor, $\xi(x) = [\xi(x)^1 \ \xi(x)^2 \ \dots \ \xi(x)^M]^T$ is adalah vektor regresi, yang mana dapat ditulis menjadi fuzzy basis function sebagai berikut:

$$\xi(x) = \frac{\sum_{l=1}^p \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i) \right)}{\sum_{l=1}^p \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i) \right)} \quad (5)$$

b. Kendali Adaptive Fuzzy langsung (*Direct Fuzzy*)

Asumsikan sebuah sistem tidak linear dengan input tunggal (*single-input system*) di ekspresikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x^{(n)} &= f(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)}) + bu + d(t) \\ y &= x \end{aligned} \quad (6)$$

Dimana fungsi $f(x)$ adalah sebuah fungsi yang tidak diketahui nilainya, b is positive constant, $d(t)$ adalah gangguan eksternal (*external disturbance*) dan $x = (x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)})^T$ untuk $u \in \mathbb{R}, y \in \mathbb{R}$ dan $x \in \mathbb{R}^n$ adalah input, output dan state vector dari sebuah sistem. Untuk merancang sebuah kendali menggunakan logika fuzzy, umpan balik sebuah sistem kendali dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$u = u(\mathbf{x} | \theta) \quad (7)$$

Dimana u adalah sistem fuzzy, θ adalah kumpulan parameter yang disesuaikan dengan hukum kendali adaptif (*adaptation control law*). Persyaratan parameter θ yang digunakan pada sistem harus memiliki kondisi sebagai berikut:

- i. Untuk system kendali tertutup, system harus dibuat betul-betul stabil dan handal. Hal tersebut memiliki sebuah syarat dimana variabel $x(t)$, $\theta(t)$ dan $u(x | \theta)$ harus memiliki batasan yang sama (uniformly bounded).
- ii. Traking keluaran kesalahan $e = y_m - y$ harus dibuat sekecil mungkin.

Kesalahan pada vektor state $e = (e, \dot{e}, \dots, e^{(n-1)})^T$ dan $k = (k_n, \dots, k_1)^T$.

Dengan kondisi tersebut diatas, maka looping kendali tertutup sebuah sistem kendali dapat di presentasikan menggunakan persamaan berikut:

$$e^{(n)} + k_n e^{(n-1)} + k_{(n-1)} e^{(n-2)} + \dots + k_2 \dot{e} + k_1 e = 0 \quad (8)$$

dimana tujuan utama dari adalah $\lim_{t \rightarrow \infty} e_i(t) = 0$, dan traking kesalahan dapat di tentukan oleh persamaan berikut:

$$s = \mathbf{c}^T e \quad (9)$$

dimana $\mathbf{k}^T = [k_1, k_2, \dots, k_{n-1}, 1]^T$. Berdasarkan pendekatan tak tentu (*certainty approach*), yang mana jika sebuah fungsi f diketahui dan $d = 0$, maka persamaan hukum kendali adaptive (*adaptation law*) dapat ditulis sebagai berikut:

$$u^* = -f(x) + y_m^{(n)} + k_d s + \sum_{i=1}^{n-1} k_i e_i + 1 \quad (10)$$

dimana k_d adalah nilai positif constant. Subtitusikan rumus (10) kedalam persamaan (6), kemudian persamaan tersebut dapat di tulis ulang sebagai berikut:

$$e^{(n)} + (k_d + c_{n-1})e^{(n-1)} + \dots + (k_d c_2 + c_1)\dot{e} + k_d c_1 e = 0 \quad (11)$$

Selanjutnya nilai aproksimasi dari sebuah kendali adaptif langsung menggunakan logika fuzzzi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$u_{fd}(x|\theta) = \hat{u}^* = \theta^T \xi(x) = \xi^T(x)\theta \quad (12)$$

Subtitusikan persamaan (10) dan (7) menuju (6), Hasilnya dapat diperoleh sebuah persamaan berikut:

$$e^{(n)} = -\mathbf{k}^T \mathbf{e} + \mathbf{b}[u_{fd}(x|\theta) - u^*] - d \quad (13)$$

dimana u^* adalah nilai kendali ideal. Selanjutnya persamaan (13) dapat di konversi menjadi persamaan berikut:

$$\dot{e} = \mathbf{A}e + \mathbf{b}[u_{fd}(x|\theta) - u^*] - d \quad (14)$$

dimana matrik \mathbf{A} dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -k_n & -k_{n-1} & -k_{n-2} & \dots & -k_1 \end{bmatrix}, \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Tentukan parameter optimal vektor θ sebagai berikut:

$$\theta = \arg \min_{\theta \in R^{1 \times m_i}} \left[\sup_{x \in R^n} |u^* - u(x|\theta)| \right] \quad (16)$$

Ketika kesalahan minimum (minimum error) $\omega = u_{fd}(x|\theta^*) - u^*$ dan $b = 1$, maka persamaan (14) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\dot{e} = \mathbf{A}e + [u_{fd}(x|\theta^*) - u_{fd}(x|\theta)] + [u^* - u_{fd}(x|\theta^*)] - d \quad (17)$$

$$= \mathbf{A}e + \xi^T(x)\phi - (\omega - d)$$

dimana $\phi = \theta^* - \theta$. ϕ, ω dan d memiliki nilai yang dibatasi (*bounded*), secara terus-menerus. Selain itu, traking kesalahan, $e^{(i)}$, $i = 1, 2, \dots, n-1$ juga memiliki nilai terbatas. Untuk mendapatkan perfoma pengendalian sistem yang lebih baik, parameter vektor dari hukum kendali adaptif dapat di modifikasi sebagai berikut:

$$\dot{\theta} = \eta \cdot c^T \cdot e \cdot \xi(x) = \eta \cdot s \cdot \xi(x) \quad (18)$$

dimana η adalah nilai adaptasi (*adaptation rate*). Menurut teori, modifikasi parameter-parameter pada persamaan (18) akan membawa pengaruh terhadap besaran jarak pada sebuah grafik hyperplane sistem kendali secara proporsional. Ketika terjadi penyimpangan error state pada hyperplane $s = 0$, sistem kendali adaptive fuzzy langsung akan melakukan perbaikan performa sistem kendali ke lintasan yang sesuai melalui perubahan nilai tertentu pada persamaan (18). Dengan demikian, informasi lokasi dari vektor error state dari lintasan hyperplane $s = c^T e$ akan menentukan kinerja sistem, sedangkan informasi gerak dari vektor error state $\dot{s} = c^T \dot{e}$ akan mengukur performa sistem. Oleh karena itu, disain dari hukum sistem kendali adaptif akan memperbaiki performa sistem pengendalian. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\dot{\theta} = \eta \cdot (\dot{s} + \lambda \cdot s) \cdot \xi(x) \quad (19)$$

dimana λ adalah nilai konstan positif.

c. Kendali Adaptif Fuzzy tak langsung (*Indirect fuzzy*)

Asumsikan sebuah sistem nonlinear dengan input tunggal (single-input) sebagaimana tertulis pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned} x^{(n)} &= f(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)}) + g(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)})u + d(t) \\ y &= x \end{aligned} \quad (20)$$

dimana $f(x)$ dan $g(x)$ adalah sebuah fungsi yang tidak diketahui nilainya (*unknown function*), $d(t)$ adalah pengganggu dari luar sistem (*external disturbance*), dan $x = (x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)})^T$. Notasi $u \in R, y \in R$ dan $x \in R^n$ adalah nilai masukan, keluaran, dan vektor kondisi dari sebuah sistem. Agar persamaan (20) dapat bersifat *controllable*, maka $g \neq 0$ untuk x dalam daerah terkendali (*controllable region*) $U_c \in R$ dan $g > 0$ untuk $x \in U_c$. Dengan mempertimbangkan kesalahan tracking dalam persamaan (14), maka sistem pengendali adaptif tersebut dapat menggunakan pengendali fuzzy tidak langsung (*indirect adaptive fuzzy controller*). Jika sebuah fungsi f dan g di ketahui dan nilai $d = 0$, maka masukan sebuah sistem kendali dapat ditulis sebagai berikut:

$$u^* = \frac{1}{g(x)} \left[-f(x) + y_m^{(n)} + k_d s + \sum_{i=1}^{n-1} c_i e_i + 1 \right] \quad (21)$$

Dimana k_d adalah nilai konstat positif. Dengan melakukan substituting persamaan (21) pada (20), persamaan tersebut dapat di ekspresikan sebagai berikut:

$$e^{(n)} + (k_d + c_{n-1})e^{(n-1)} + \dots + (k_d c_2 + c_1)\dot{e} + k_d c_1 e = 0 \quad (22)$$

Karena f dan g adalah memiliki nilai yang belum diketahui (*unknown*) dan $d \neq 0$, maka variabel-variabel tersebut di generate dari besaran aproksimasi yang di peroleh dari logika fuzzy. Besaran aproksimasi dalam sistem kendali ini digunakan untuk mengatasi permasalahan sistem kendali yang bersifat nonlinear. Nilai besaran fungsi f dan g pada persamaan (21) dapat di tentukan oleh logika fuzzy. Kemudian besaran tersebut dapat di ubah dan ditulis sebagai berikut:

$$u_f(x | \theta_f) = \hat{f}(x | \theta_f) = \theta_f^T \xi_f(x) = \xi_f^T(x) \theta_f \quad (23)$$

$$u_g(x | \theta_g) = \hat{g}(x | \theta_g) = \theta_g^T \xi_g(x) = \xi_g^T(x) \theta_g \quad (24)$$

dimana, $\xi_f(x)$ dan $\xi_g(x)$ adalah basis vektor fuzzy, θ_f dan θ_g adalah besaran parameter vektor tiap fuzzy sistem. Dengan memasukan persamaan (24) dan (23) kedalam (21) persamaan kendali adaptifnya dapat di tulis sebagai berikut:

$$u_t = \frac{1}{u_g(x|\theta_g)} \left[-u_f(x|\theta_f) + y_m^{(n)} + k_d s + \sum_{i=1}^{n-1} c_i e_i + 1 \right] \quad (25)$$

Substitusi dari persamaan (25) dan (20), traking error dinamis dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$e^{(n)} = -k^T e + \left[(u_f(x|\theta_f) - f(x)) + u_g(x|\theta_g) - g(x) \right] u_t - d \quad (26)$$

dimana $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)^T$, kemudian tentukan parameter optimal pada vektor θ_f dan θ_g sebagai berikut:

$$\theta_f = \arg \min_{\theta_f \in R^{1^m} = 1^m} \left[\sup_{x \in R^n} |f(x) - u_f(x|\theta_f)| \right] \quad (27)$$

$$\theta_g = \arg \min_{\theta_g \in R^{1^m} = 1^m} \left[\sup_{x \in R^n} |g(x) - u_g(x|\theta_g)| \right] \quad (28)$$

Karena perkiraan kesalahan di hitung dari $\omega = (f(x) - u_f(x|\theta_f^*)) - (g(x) - u_g(x|\theta_g^*)) u_t$, maka persamaan (26) dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$e^{(n)} = -k^T e + \xi_f^T(x) \phi_f - \xi_g^T(x) \phi_g u_t - (\omega + d) \quad (29)$$

dimana $\phi_f = \theta_f^* - \theta_f$, dan $\phi_g = \theta_g^* - \theta_g$. Sementara besaran-besaran $\phi_f, \phi_g, u_t, \omega$ dan d bersifat terbatas. Untuk memperoleh hasil yang baik dari sistem kendali adaptif, parameter vektor θ_f, θ_g , dapat juga di update secara proporsional kedalam kombinasi sistem kendali linear, sebagaimana tertulis dibawah ini:

$$\begin{aligned}\dot{\theta}_f &= -\eta_1 \cdot c^T \cdot e \cdot \xi_f(x) = -\eta \cdot s \cdot \xi_f(x) \\ \dot{\theta}_g &= -\eta_2 \cdot c^T \cdot e \cdot \xi_g(x) u_t = -\eta_2 \cdot s \cdot \xi_g(x) u_t\end{aligned}\tag{30}$$

dimana η_1 dan η_2 adalah nilai adaptasinya. Berdasarkan persamaan [15], kelemahan dari persamaan (30) adalah jika diaplikasikan pada kendali adaptif sangat sensitif dengan adanya gangguan eksternal. Dengan menggunakan modifikasi sederhana pada parameter sistem fuzzinya, hal tersebut dapat diperbaiki pada perilaku sistem. Selanjutnya nilai positif constant λ dapat ditambahkan pada parameter dan ditulis persamaannya menjadi sebagai berikut:

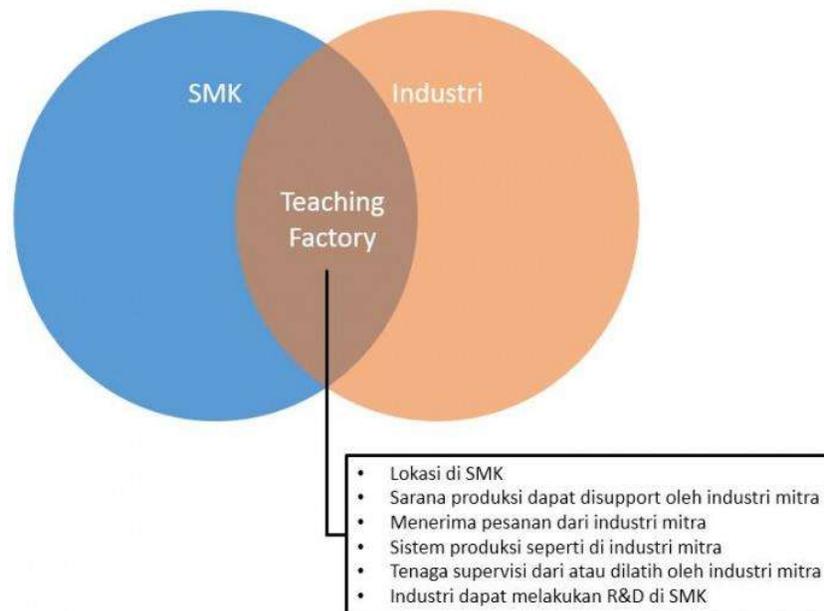
3. Teaching Factory

Pentingnya penyediaan sumberdaya manusia (SDM) yang terampil diwujudkan pemerintah melalui kebijakan peningkatan mutu pendidikan kejuruan yang memberi perhatian pada Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Pengembangan SMK saat ini mulai bergerak dari orientasi pasar tenaga kerja lokal kepada pasar tenaga kerja ASEAN menyambut masyarakat ekonomi ASEAN (MEA), serta mempersiapkan para lulusan dengan pembekalan karakter kewirausahaan (entrepreneurship). Penerapan teaching factory di SMK merupakan wujud dari salah satu upaya Direktorat Pembinaan SMK untuk lebih mempererat kerjasama atau sinergi antara SMK dengan industri.

Menurut Kuswanto (2014), *teaching factory* menjadi konsep pembelajaran dalam keadaan yang sesungguhnya untuk menjembatani kesenjangan kompetensi antara pengetahuan yang diberikan sekolah dan kebutuhan industri. *Teaching factory* merupakan pengembangan dari unit produksi yakni penerapan sistem industri mitra di unit produksi yang telah ada di SMK. Unit produksi adalah pengembangan bidang usaha sekolah selain untuk menambah penghasilan sekolah yang dapat digunakan dalam upaya pemeliharaan peralatan, peningkatan SDM, dll juga untuk memberikan pengalaman kerja yang benar-benar nyata pada siswanya. Penerapan unit produksi sendiri memiliki landasan hukum yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 1990 pasal 29 ayat 2 yaitu "Untuk mempersiapkan siswa sekolah menengah kejuruan menjadi tenaga kerja, pada sekolah menengah kejuruan dapat didirikan unit produksi yang beroperasi secara profesional."

Pembelajaran *Teaching Factory* adalah model pembelajaran di SMK berbasis produksi/jasa yang mengacu pada standar dan prosedur yang berlaku di industri dan dilaksanakan dalam suasana seperti yang terjadi di industri. Pelaksanaan *Teaching Factory* menuntut keterlibatan mutlak pihak industri sebagai pihak yang relevan menilai kualitas hasil pendidikan di SMK. Pelaksanaan *Teaching Factory* (TEFA) juga harus melibatkan pemerintah, pemerintah daerah dan *stakeholders* dalam pembuatan regulasi, perencanaan, implementasi maupun evaluasinya.

Pembelajaran melalui *teaching factory* bertujuan untuk menumbuhkan-kembangkan karakter dan etos kerja (disiplin, tanggung jawab, jujur, kerjasama, kepemimpinan, dan lain-lain) yang dibutuhkan DU/DI serta meningkatkan kualitas hasil pembelajaran dari sekedar membekali kompetensi (*competency based training*) menuju ke pembelajaran yang membekali kemampuan memproduksi barang/jasa (*production based training*).



Gambar 2. Definisi *Teaching Factory*

Hubungan kerjasama antara SMK dengan industri dalam pola pembelajaran *Teaching Factory* akan memiliki berdampak positif untuk membangun mekanisme kerjasama (*partnership*) secara sistematis dan terencana didasarkan pada posisi tawar *win-win solution*. Penerapan pola pembelajaran *Teaching Factory* merupakan interface dunia pendidikan kejuruan dengan dunia industri, sehingga terjadi *check and balance* terhadap proses

pendidikan pada SMK untuk menjaga dan memelihara keselarasan (*link and match*) dengan kebutuhan pasar kerja.

Pelaksanaan *Teaching Factory* sesuai Panduan TEFA Direktorat PMK terbagi atas 4 model, dan dapat digunakan sebagai alat pemetaan SMK yang telah melaksanakan TEFA. Adapun model tersebut adalah sebagai berikut:

- **Model pertama, *Dual Sistem*** dalam bentuk praktik kerja lapangan adalah pola pembelajaran kejuruan di tempat kerja yang dikenal sebagai *experience based training* atau *enterprise based training*.
- **Model kedua, *Competency Based Training (CBT)*** atau pelatihan berbasis kompetensi merupakan sebuah pendekatan pembelajaran yang menekankan pada pengembangan dan peningkatan keterampilan dan pengetahuan peserta didik sesuai dengan kebutuhan pekerjaan. Pada model ini, penilaian peserta didik dirancang untuk memastikan bahwa setiap peserta didik telah mencapai keterampilan dan pengetahuan yang dibutuhkan pada setiap unit kompetensi yang ditempuh.
- **Model ketiga, *Production Based Education and Training (PBET)*** merupakan pendekatan pembelajaran berbasis produksi. Kompetensi yang telah dimiliki oleh peserta didik perlu diperkuat dan dipastikan keterampilannya dengan memberikan pengetahuan pembuatan produk nyata yang dibutuhkan dunia kerja (industri dan masyarakat).
- **Model keempat, *Teaching Factory*** adalah konsep pembelajaran berbasis industri (produk dan jasa) melalui sinergi sekolah dan industri untuk menghasilkan lulusan yang kompeten dengan kebutuhan pasar.

Tujuan pembelajaran *Teaching Factory*

- Mempersiapkan lulusan SMK menjadi pekerja dan wirausaha;
- Membantu siswa memilih bidang kerja yang sesuai dengan kompetensinya;
- Menumbuhkan kreatifitas siswa melalui *learning by doing*;
- Memberikan keterampilan yang dibutuhkan dalam dunia kerja;
- Memperluas cakupan kesempatan rekrutmen bagi lulusan SMK;
- Membantu siswa SMK dalam mempersiapkan diri menjadi tenaga kerja, serta membantu menjalin kerjasama dengan dunia kerja yang aktual;
- Memberi kesempatan kepada siswa SMK untuk melatih keterampilannya sehingga dapat membuat keputusan tentang karier yang akan dipilih.

Tujuan yang selaras tentang pembelajaran *teaching factory* (Sema E. Alptekin, Reza Pouraghabagher, Patricia McQuaid, and Dan Waldorf; 2001) adalah sebagai berikut.

- Menyiapkan lulusan yang lebih profesional melalui pemberian konsep manufaktur moderen sehingga secara efektif dapat berkompetitif di industri;
- Meningkatkan pelaksanaan kurikulum SMK yang berfokus pada konsep manufaktur moderen;
- Menunjukkan solusi yang layak pada dinamika teknologi dari usaha yang terpadu;
- Menerima transfer teknologi dan informasi dari industri pasangan terutama pada aktivitas peserta didik dan guru saat pembelajaran.

Atas dasar uraian di atas, sintaksis pembelajaran *teaching factory* dapat menggunakan sintaksis PBET/PBT atau dapat juga menggunakan sintaksis yang diterapkan di Cal Poly – San Luis Obispo USA (Sema E. Alptekin : 2001) dengan langkah-langkah yang disesuaikan dengan kompetensi keahlian :

- **Merancang produk**

Pada tahap ini peserta didik mengembangkan produk baru/ cipta resep atau produk kebutuhan sehari-hari (*consumer goods*)/merancang pertunjukan kontemporer dengan menggambar/membuat scrip/merancang pada komputer atau manual dengan data spesifikasinya.

- **Membuat *prototype***

Membuat produk/ kreasi baru /tester sebagai proto type sesuai data spesifikasi.

- **Memvalidasi dan memverifikasi *prototype***

Peserta didik melakukan validasi dan verifikasi terhadap dimensi data spesifikasi dari prototype/kreasi baru/tester yang dibuat untuk mendapatkan persetujuan layak diproduksi/dipentaskan.

- **Membuat produk massal**

Peserta didik mengembangkan jadwal dan jumlah produk/ pertunjukan sesuai dengan waktu yang *ditetapkan*.

Dadang Hidayat (2011) berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, mengembangkan langkah-langkah pembelajaran *Teaching Factory* sebagai berikut.

- **Menerima order**

Pada langkah belajar ini peserta didik berperan sebagai penerima order dan berkomunikasi dengan pemberi order berkaitan dengan pesanan/layanan jasa yang *diinginkan*. Terjadi komunikasi efektif dan santun serta mencatat keinginan/keluhan pemberi order seperti contoh: pada gerai perbaikan *Smart Phone* atau reservasi kamar hotel.

- **Menganalisis order**

Peserta didik berperan sebagai teknisi untuk melakukan analisis terhadap pesanan pemberi order baik berkaitan dengan benda produk/layanan jasa sehubungan dengan gambar detail, spesifikasi, bahan, waktu pengerjaan dan harga di bawah supervisi guru yang berperan sebagai supervisor.

- **Menyatakan Kesiapan mengerjakan order**

Peserta didik menyatakan kesiapan untuk melakukan pekerjaan berdasarkan hasil analisis dan kompetensi yang dimilikinya sehingga menumbuhkan motivasi dan tanggung jawab.

- **Mengerjakan order**

Melaksanakan pekerjaan sesuai tuntutan spesifikasi kerja yang sudah dihasilkan dari proses analisis order. Siswa sebagai pekerja harus menaati prosedur kerja yang sudah ditentukan. Dia harus menaati keselamatan kerja dan langkah kerja dengan sungguh-sungguh untuk menghasilkan benda kerja yang sesuai spesifikasi yang ditentukan pemesan

- **Mengevaluasi produk**

Melakukan penilaian terhadap benda kerja/layanan jasa dengan cara membandingkan parameter benda kerja/ layanan jasa yang dihasilkan dengan data parameter pada spesifikasi order pesanan atau spesifikasi pada service manual.

- **Menyerahkan order**

Peserta didik menyerahkan order baik benda kerja/layanan jasa setelah yakin semua persyaratan spesifikasi order telah terpenuhi, sehingga terjadi komunikasi produktif dengan pelanggan. (*disarikan dari Bahan Penyegaran Kurikulum 2013 SMK tahun 2017*)

C. Kajian Hasil Penelitian yang relevan

Berikut beberapa hasil penelitian yang relevan dengan penelitian pengembangan ini:

1. Djoko Santoso dkk. *Pengembangan Trainer Signal Conditioning Untuk Mata Kuliah Instrumentasi*. Yogyakarta: UNY. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *trainer signal conditiong* untuk mahasiswa jurusan pendidikan teknik elektronika dan menilai kelayakan *trainer signal condition* untuk mahasiswa jurusan pendidikan teknik elektronika. Penelitian ini menggunakan model pengembangan yang terdiri dari analisis, desain, implementasi dan evaluasi, dimana letak evaluasi dan revisi terletak pada tiap tahapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kelayakan media *trainer signal conditioning* secara umum memperoleh nilai 3,28 yang diintegrasikan dalam kategori Sangat Baik dan diperoleh beberapa masukan yang telah diperbaiki, terkait penambahan jumlah bahan praktikum, penggantian kabel yang putus dan pembuatan kalimat instruksi. Nilai kelayakan yang dapat diintegrasikan sangat baik pada *trainer signal conditioning* menunjukkan bahwa *trainer* ini dapat digunakan dalam pembelajaran dikelas.
2. Totok Sukardiyono dkk. *Pengembangan Model Smart Door Locks Dengan Android Dan Arduino Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Praktik Kendali*. Yogyakarta : UNY. Penelitian ini menggunakan 4 tahap, yaitu : pendefinisian, perancangan, pengembangan, dan penyebaran. Hasil yang didapatkan antara lain: Model Smart Door Locks dengan android dan arduino sangat layak sebagai media pembelajaran pada mata kuliah Praktik Kendali untuk mahasiswa jurusan pendidikan teknik elektronika. Hal ini ditunjukkan dengan skor hasil pengujian oleh: ahli materi 4,28 dengan kriteria sangat baik atau sangat layak, ahli media 4,56 dengan kriteria sangat baik atau sangat layak, uji terbatas pada pengguna 4,47 dengan kriteria sangat baik atau sangat layak (uji alfa), dan uji lapangan di kelas lain 4,11 dengan kriteria baik atau layak (uji beta).

BAB III METODE PENELITIAN

A. Model Penelitian Pengembangan

Model memberikan kerangka kerja untuk pengembangan teori dan penelitian. Dengan mengikuti pada suatu model tertentu, maka akan diperoleh sejumlah masukan untuk melakukan penyempurnaan produk yang dihasilkan, seperti bahan ajar atau media. Terdapat beberapa jenis pengembangan dalam penelitian R & D menurut Mulyatiningsih (2011), yaitu:

1. Pengembangan Model
2. Pengembangan Tes
3. Pengembangan Data-Based Management Sistem
4. Pengembangan Media Audio-Visual
5. Pengembangan Sistem Pembelajaran

Pengembangan sistem pembelajaran mengembangkan komponen input, proses, dan output. Komponen input terdiri dari karakteristik peserta didik dan guru, sarana dan prasarana, serta perangkat pendukung pembelajaran. Komponen proses menitikberatkan pada strategi, model, dan metode pembelajaran. Komponen output berupa hasil dan dampak pembelajaran.

Dalam model pengembangan ini peneliti dapat memilih salah satu komponen namun dalam penempatannya harus mempertimbangkan komponen sistem lain. Mulyatiningsih (2011) memberikan dua model R&D untuk pengembangan sistem pembelajaran, yaitu 4D (Thiagarajan, 1974), ADDIE (Dick & Carrey, 1996), serta ditambah dengan pendekatan sistem (systems approach)

Model pengembangan adalah suatu proses desain konseptual yang diupayakan untuk meningkatkan fungsi dari model sebelumnya dengan menambahkan komponen pembelajaran yang diperkirakan dapat meningkatkan kualitas pencapaian tujuan (Sugiarta, 2007:11).

Model konseptual adalah model yang bersifat analitis yang memberikan atau menjelaskan komponen-komponen produk yang akan dikembangkan dan keterkaitan antar komponennya (UM, 2000).

Model prosedural adalah model deskriptif yang menggambarkan alur atau langkah-langkah prosedural yang harus diikuti untuk menghasilkan suatu produk tertentu. Model prosedural biasanya berupa langkah-langkah, yang diikuti secara bertahap dari langkah awal hingga langkah akhir. Model prosedural biasa kita jumpai dalam model rancangan sistem pembelajaran. Banyak model rancangan sistem pembelajaran yang dikenal, misalnya model Kaufman, model Kemp, IDI, ADDIE, Dick and Carey, Thiagarajan (4D), Borg and Gall, dan sebagainya.

Penelitian ini merupakan penelitian yang berorientasi pada produk sehingga menggunakan prosedur *Research and Development* (R&D). Secara umum, prosedur R&D merupakan serangkaian kegiatan pengembangan sebuah produk, dalam hal ini pengembangan kendali adaptive pada inverted pendulum sebagai media pembelajaran *teaching factory*, yang terbagi menjadi tiga bagian besar kegiatan. Setelah melakukan perencanaan dan desain, produk dikembangkan dan divalidasi baik secara tertutup (pada sebuah kelompok kecil) maupun para ahli atau biasa disebut dengan uji Alfa. Apabila produk tersebut telah mendapat validasi serta pengakuan dari ahli melalui uji alfa, baru kemudian uji beta dan dievaluasi pada implementasi sesungguhnya. pengembangan media pembelajaran ini merujuk pada *four-d model*. pengembangan media kendali adaptive pada inverted pendulum sebagai media pembelajaran *teaching factory* sebagai media pembelajaran sendiri merupakan salah satu inovasi dalam pengembangan media pembelajaran yang variatif yang muncul dari hasil observasi awal di Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika dan juga kajian literatur.

B. Prosedur Pengembangan

Four-D model merupakan model pengembangan di bidang pendidikan yang dikembangkan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel (1974). Model pengembangan ini meliputi empat tahapan, yaitu:

1. Define (Pendefinisian)

Tahap define adalah tahap untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Tahap define ini mencakup lima langkah pokok, yaitu:

- a. analisis ujung depan (*front-end analysis*), dosen melakukan diagnosis awal untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran matakuliah praktik perancangan sistem elektronika.
- b. analisis siswa (*learner analysis*), dosen mempelajari karakteristik mahasiswa peserta matakuliah praktik perancangan sistem elektronika, seperti: kemampuan, motivasi belajar, latar belakang pengalaman mahasiswa.
- c. analisis tugas (*task analysis*), dosen menganalisis tugas-tugas pokok yang harus dikuasai mahasiswa supaya mahasiswa dapat mencapai kompetensi minimal.

- d. analisis konsep (*concept analysis*), menganalisis konsep yang akan diajarkan dan menyusun langkah-langkah yang akan dilakukan secara rasional
- e. perumusan tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*), menulis tujuan pembelajaran, perubahan perilaku yang diharapkan setelah belajar dengan kata kerja operasional.

Dalam konteks pengembangan bahan ajar Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory tahap pendefinisian dilakukan dengan cara:

- a. Analisis definisi *teaching factory* , pada tahap awal peneliti mengkaji kurikulum yang berlaku saat ini. Dalam kurikulum terdapat kompetensi yang ingin dicapai. Analisis kurikulum berguna untuk menetapkan pada kompetensi yang mana bahan ajar tersebut akan dikembangkan. Hal ini dilakukan karena tidak semua kompetensi yang ada dalam kurikulum dapat disediakan bahan ajarnya.
- b. Analisis karakteristik peserta didik, seperti layaknya seorang dosen yang akan mengajar, dosen harus mengenali karakteristik peserta didik yang akan menggunakan bahan ajar. Hal ini penting karena semua proses pembelajaran harus disesuaikan dengan karakteristik mahasiswa. Hal-hal yang dipertimbangkan untuk mengetahui karakteristik mahasiswa yaitu: kemampuan akademik individu, karakteristik fisik, kemampuan kerja kelompok, motivasi belajar, latar belakang ekonomi dan sosial, dan pengalaman belajar sebelumnya. Dalam kaitannya dengan pengembangan bahan ajar, karakteristik peserta didik perlu diketahui untuk menyusun bahan ajar yang sesuai dengan kemampuan akademiknya.
- c. Analisis materi, dilakukan dengan cara mengidentifikasi materi utama yang perlu diajarkan, mengumpulkan dan memilih materi yang relevan, dan menyusunnya kembali secara sistematis
- d. Merumuskan tujuan, sebelum menulis bahan ajar, tujuan pembelajaran dan kompetensi yang hendak diajarkan dirumuskan terlebih dahulu. Hal ini berguna untuk membatasi peneliti supaya tidak menyimpang dari tujuan semula pada saat menulis bahan ajar.

2. *Design* (Perancangan)

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang perangkat pembelajaran. Thiagarajan membagi empat langkah yang harus dilakukan pada tahap ini, yaitu:

- a. penyusunan standar tes (*criterion-test construction*), sebagai tindakan pertama untuk mengetahui kemampuan awal mahasiswa, dan sebagai alat evaluasi setelah implementasi kegiatan
- b. pemilihan media (*media selection*) yang sesuai dengan karakteristik materi dan tujuan pembelajaran, memilih media pembelajaran yang sesuai dengan materi dan karakteristik mahasiswa.
- c. pemilihan format (*format selection*), yakni mengkaji format-format bahan ajar yang ada dan menetapkan format bahan ajar yang akan dikembangkan. Pemilihan bentuk penyajian pembelajaran disesuaikan dengan media pembelajaran yang digunakan.
- d. membuat rancangan awal (*initial design*) sesuai format yang dipilih. Mensimulasikan penyajian materi dengan media dan langkah-langkah pembelajaran yang telah dirancang. Pada saat simulasi pembelajaran berlangsung, dilaksanakan juga penilaian dari teman sejawat.

Dalam tahap perancangan, peneliti sudah membuat produk awal (prototype) atau rancangan produk. Pada konteks pengembangan bahan ajar, tahap ini dilakukan untuk membuat Model Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory sesuai dengan kerangka isi hasil analisis dan materi. Sebelum rancangan (design) produk dilanjutkan ke tahap berikutnya, maka rancangan produk tersebut perlu divalidasi. Validasi rancangan produk dilakukan oleh teman sejawat dosen bidang studi/bidang keahlian yang sama. Berdasarkan hasil validasi teman sejawat tersebut, rancangan produk diperbaiki sesuai dengan saran validator. Pada tahap perancangan dilakukan perancangan media pembelajaran Inverted Pendulum . Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah: identifikasi kebutuhan, perancangan produk, pembuatan produk, penyusunan tes

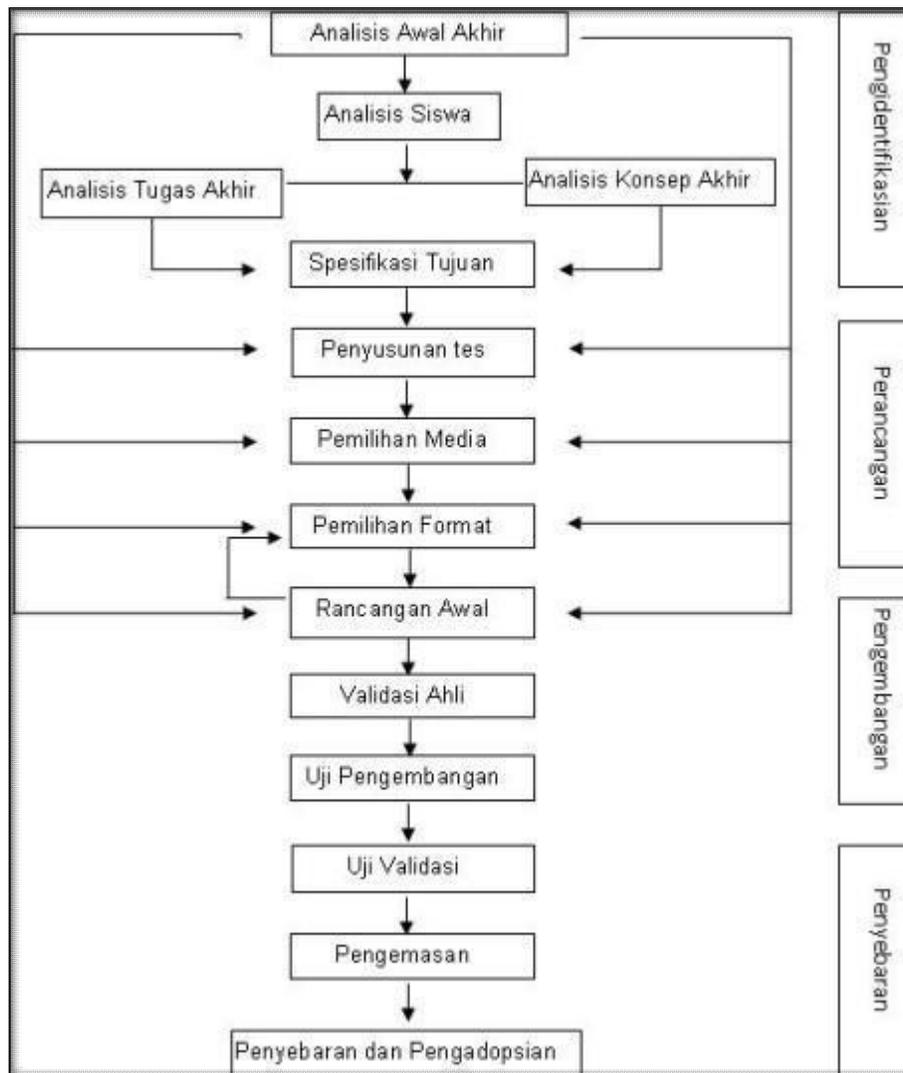
3. *Develop* (Pengembangan)

Tahap pengembangan dilakukan dengan menyempurnakan media pembelajaran model Model Kendali Adaptive Pada Inverted Pendulum Sebagai Media Pembelajaran Teaching Factory melalui revisi berdasarkan uji kelayakan dan saran-saran ahli media maupun ahli materi.

4. *Disseminate* (Penyebaran)

Proses diseminasi merupakan suatu tahap akhir pengembangan. Tahap diseminasi dilakukan untuk mempromosikan produk pengembangan agar bisa diterima pengguna, baik individu, suatu kelompok, atau sistem. Produsen dan distributor harus selektif dan bekerja sama untuk mengemas materi dalam bentuk yang tepat. Menurut Thiagarajan dkk, (1974: 9), *“the terminal stages of final packaging, diffusion, and adoption are most important although most frequently overlooked.”*

Diseminasi dilakukan di kelas lain dengan tujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan perangkat dalam proses pembelajaran.



Gambar 3. Diagram Four D Model

C. Sumberdata/Subjek Penelitian

Subyek penelitian ini adalah mahasiswa jurusan pendidikan Teknik Elektronika sebanyak 15 orang mahasiswa program studi pendidikan teknik elektronika dan 30 orang mahasiswa program studi teknik elektronika. Mahasiswa dilibatkan dalam observasi, uji alfa (uji coba terbatas dan uji coba luas), dan validasi akhir (beta). Sedangkan dosen pengampu dan beberapa ahli media dan materi dilibatkan dalam observasi dan validasi materi & media.

D. D. Metode dan Alat Pengumpul Data

Pada penelitian ini, dilakukan uji alfa (uji coba terbatas dan uji coba luas) dan uji beta untuk memastikan bahwa media pembelajaran model *Inverted pendulum* yang dihasilkan mampu menjawab permasalahan yang telah dirumuskan.

Berikut detail dari bagian uji coba produk :

1. Desain Uji Coba

Desain uji coba akan dilakukan dalam dua tahap yaitu: uji alfa dan uji beta. Kedua pengujian ini dilakukan karena memungkinkan ahli maupun pengguna menemukan kesalahan yang lebih rinci sekaligus sebagai rekomendasi untuk revisi produk yang telah dikembangkan.

a. Uji Alfa

Uji alfa bertujuan untuk menguji kelayakan produk baik dari segi media dan materi pada para ahli serta para pengguna terbatas. Masukan dari para ahli dan pengguna terbatas kemudian dijadikan bahan revisi dan penyempurnaan sebelum disebarluaskan. Para ahli yang ditunjuk dalam uji alfa terdiri dari dua ahli materi (pengembangan hardware dan software), dan dua ahli media (bidang pembelajaran). Uji coba pengguna terbatas dilakukan oleh 15 orang mahasiswa. Mahasiswa pengguna menilai media pembelajaran inverted pendulum. Hasil dari uji alfa ini akan menjadi bahan revisi dan penyempurnaan produk media pembelajaran.

b. Uji Beta

Pada uji beta dilakukan oleh mahasiswa/pengguna sebanyak 30 orang mahasiswa pada dua kelas lain. Mahasiswa pengguna menilai media pembelajaran inverted pendulum sebagai pembelajaran teaching factory. Hasil uji beta merupakan hasil diseminasi atau penyebaran.

2. Instrumen Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan instrumen pengumpulan data angket untuk mengukur hasil uji alfa dan angket untuk mengukur hasil uji beta. Ada tiga angket sebagai instrumen pengumpulan data, yaitu: angket untuk ahli materi, angket untuk ahli media, dan angket untuk pengguna. Pada angket ahli materi digunakan untuk mengukur kelayakan materi pembelajaran dari aspek pembelajaran yang meliputi empat indikator yaitu: tujuan, materi, metode, dan kondisi mahasiswa oleh ahli materi. Angket ahli media digunakan untuk mengukur kelayakan media pembelajaran dari aspek kriteria umum yang meliputi enam indikator yaitu: praktis, kuat, dan mudah dioperasikan; keamanan; suku cadang; sumber daya; brosur petunjuk pengoperasian; standar untuk digunakan di Indonesia; dan aspek kriteria khusus dengan indikator spesifikasi teknis oleh ahli media. Sedangkan angket pengguna digunakan untuk mengukur kelayakan media pembelajaran dari

aspek kualitas isi dan tujuan yang meliputi tujuh indikator yaitu: ketepatan, kepentingan, kelengkapan, keseimbangan, minat atau perhatian, keadilan, kesesuaian dengan situasi mahasiswa; aspek kualitas pembelajaran yang meliputi sembilan indikator yaitu: memberikan kesempatan belajar, memberikan bantuan untuk belajar, kualitas memotivasi, fleksibilitas pembelajarannya, hubungan dengan program pembelajaran lain, kualitas social interaksi pembelajaran, kualitas tes dan penilaiannya, dapat memberikan dampak bagi mahasiswa, dapat membawa dampak bagi dosen dan pembelajarannya; dan aspek kualitas teknis yang terdiri dari enam indikator yaitu: keterbacaan, mudah digunakan, kualitas tampilan atau tayangan, kualitas penanganan jawaban, kualitas pengelolaan program, kualitas pendokumentasiannya

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

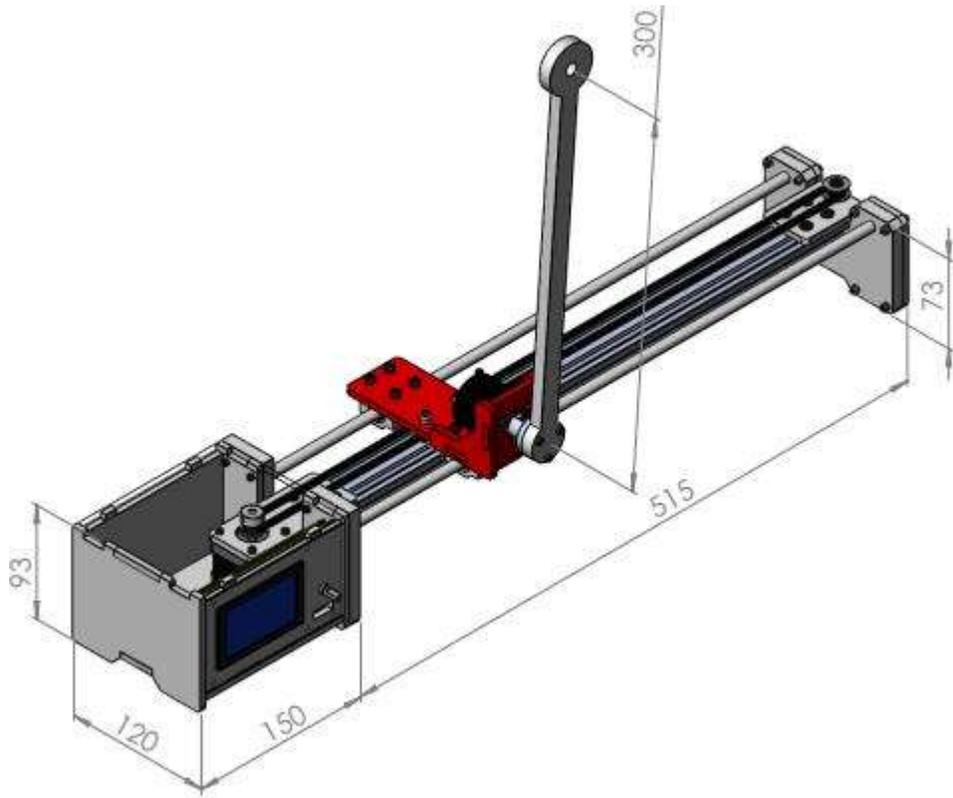
1. *Define* (Pendefinisian)

Tujuan tahap pendefinisian adalah menetapkan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan pembelajaran dengan menganalisis tujuan dan batasan materi. Tahap define ini mencakup lima langkah pokok, yaitu 1) analisis awal akhir/ujung depan (*front-end analysis*), 2) analisis mahasiswa (*learner analysis*), 3) analisis tugas (*task analysis*), 4) analisis konsep (*concept analysis*) dan 5) perumusan tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*).

Teaching Factory (TEFA) adalah salah satu pembelajaran yang diterapkan di SMK. TEFA didefinisikan sebagai konsep pembelajaran dalam keadaan yang sesungguhnya untuk menjembatani kesenjangan kompetensi antara pengetahuan yang diberikan sekolah dan kebutuhan industri. Teaching factory merupakan pengembangan dari unit produksi yakni penerapan sistem industri mitra di unit produksi yang telah ada di SMK.

2. *Design*

Pada tahap ini yang dilakukan adalah merancang perangkat yang akan digunakan untuk pembelajaran. Desain terdiri atas perangkat lunak dan perangkat keras. Kemudian desain ini dirancang sedemikian rupa sesuai kebutuhan. Desain yang digunakan berupa inverted pendulum yang dirancang melalui persamaan matematika. Detail lengkap berada di lampiran. Berikut desain sederhananya



Gambar 4. Desain rancangan inverted pendulum

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Melihat dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Desain inverted pendulum menggunakan model matematis yang diwujudkan dalam bentuk perangkat keras dan perangkat lunak
2. Penelitian ini dilakukan hingga tahap desain

B. Saran

1. Penelitian agar diselesaikan hingga tahap pengujian hingga didapat hasil maksimal
2. Inverted Pendulum dapat dikembangkan untuk sumber pembelajaran yang lain

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Drath dan A. Horch, *Industrie 4.0: Hit or Hype?*, IEEE Industrial Electronics Magazine, Vol. 8, Iss. 2, Juni 2014, DOI: 10.1109/MIE.2014.2312079.
- [2] C. Fallera, and D. Feldmüllera, *Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs*, The 5th Conference on Learning Factories 2015, *Procedia CIRP* Vol. 32 pp. 88-91, 2015.
- [3] E. Abelea, J. Metternicha, M. Tischa, G. Chryssolourisb, W. Sihnc, H. ElMaraghyd, V. Hummele, and F. Ranze, *Learning Factories for research, education, and training*, The 5th Conference on Learning Factories 2015, *Procedia CIRP*, Vol. 32, pp. 1-6. 2015.
- [4] M. Akole, B. Tyagi, *Design of fuzzy logic controller for nonlinear model of inverted pendulum-car system*, in: National Systems Conference, NSC 2008.
- [5] M. Margaliot, G. Langholz, *Adaptive fuzzy controller design via fuzzy lyapunov synthesis*, in: *Proceedings of FUZZ-IEEE'98*, 1998, pp.354–359.
- [6] T. Yamakawa, *Stabilization of an inverted pendulum by a high-speed fuzzy logic controller hardware system*, *Fuzzy Sets and Systems* 32 (1989) 161–180.
- [7] S. Kawaji, T. Maeda, *Fuzzy servo control system for an inverted pendulum*, in: *Proceedings of IFES'91*, vol. 2, 1991, pp. 812–823.
- [8] N. Yubazaki, J. Yi, M. Otani, K. Hirota, *SIRMs dynamically connected fuzzy inference model and its applications*, in: *Proceedings of IFSA'97*, vol. 3, 1997, pp. 410–415.
- [9] H. Niemann, J. K. Poulsen, *Analysis and design of controllers for a double inverted pendulum*, in: *Proceedings of the American Control Conference Denver, Colorado, 2003*, 2803–2808.
- [10] J. Wang, *Simulation studies of inverted pendulum based on PID controllers*, *Simul. Model. Pract. Theory* 19 (2011) 440–449.
- [11] V. Sukontanakarn, M. Parnichkun, *Real-time optimal control for rotary inverted pendulum*, *Am. J. Appl. Sci.* 6 (2009) 1106–1115.
- [12] H. Lu, M. Chang, C. Tsai, *Adaptive self-constructing fuzzy neural network controller for hardware implementation of an inverted pendulum system*, *Appl. Soft Comput.* 11 (2011) 3962–3975.
- [13] W. Chang, J.B. Park, Y.H. Joo, G. Chen, *Design of robust fuzzy-model-based controller with sliding mode control for SISO nonlinear systems*, *Fuzzy Sets Syst.* 125 (2002) 1–22.
- [14] Yasar Beceriklia, B. Koray Celikb, *Fuzzy control of inverted pendulum and concept of stability using Java application*, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol.46, pp.24–37, 2007.
- [15] Y.-T. Kim, Z.Z.B. *Robust adaptive fuzzy control in the presence of external disturbance and approximation error*. *Fuzzy Sets and Systems* 2004, 148, 377 – 393.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dukungan sarana dan prasarana penelitian

No.	Nama Sarana Pendukung	Kuantitas/Kualitas	Kegunaan
1.	Lab. Instrumentasi dan Kendali Fakultas Teknik UNY	-Oscilloscope -Function Generator -Multimeter -Modul Input/Output -Komputer PC	Proses perancangan, implementasi, pengukuran, dan uji coba sistem.
2.	Bengkel Proyek Elektronika Fakultas Teknik UNY	- Mesin Pemotong - Mesin Pelipat - Mesin Gerinda - Mesin Bor - Processing PCB - Perakitan Komponen	Proses fabrikasi dan perakitan rangkaian sistem elektronik.
3.	Industri Elektronik dan Rekayasa Perangkat Lunak	<i>Sharing capacity</i> untuk aplikasi produk elektronik dan rekayasa perangkat lunak	Daya dukung proses perencanaan dan fabrikasi sistem
4.	Pusat Kurikulum Instruksional dan Sumber Belajar LPPMP UNY	Pusat Layanan Jasa Konsultasi dan Pengembangan Aktivitas Instruksional	Konsultasi dan validasi modul pembelajaran dan media pembelajaran
5.	UPT (Unit Pelaksana Teknis) Pusat Komputer (Puskom) UNY.	Sebagai layanan jasa konsultasi dan layanan <i>e-learning</i>	Sebagai lembaga yang berwenang melakukan proses pengaturan dan <i>setting</i> pada lalulintas data dan informasi elektronik yang berkaitan dengan penempatan <i>hosting</i> program <i>e-learning</i> pada <i>server</i> Puskom UNY.

Lampiran 2. Susunan Organisasi, Tugas Dan Alokasi Pembagian Waktu Peneliti Dan Mahasiswa Peneliti

No.	Nama / NIP	Jabatan dan Alokasi Waktu (Jam / Minggu)	Tugas Penelitian
1	Ahmad Awaluddin Baiti, S.Pd.T, M.Pd		<ul style="list-style-type: none"> - Merencanakan strategi pelaksanaan penelitian - Mengorganisasikan elemen-elemen yang diperlukan dalam penelitian - Melakukan kajian substansi penelitian - Bersama-sama dengan Tim Peneliti melakukan proses dan evaluasi penelitian pada setiap tahap.
2	Dr. Masduki Zakarijah, M.T		<ul style="list-style-type: none"> - Merencanakan strategi pelaksanaan penelitian - Melakukan kajian substansi penelitian - Menyiapkan perancangan Media dan Modul pembelajaran yang berkaitan dengan Rekayasa Sistem Elektronik - Bersama-sama dengan Tim Peneliti melakukan proses dan evaluasi penelitian pada setiap tahap.

No.	Nama / NIP	Jabatan dan Alokasi Waktu (Jam / Minggu)	Tugas Penelitian
3	Suprpto,M.T, Ph.D	10	<ul style="list-style-type: none"> - Merencanakan strategi pelaksanaan penelitian - Mengorganisasikan elemen-elemen yang diperlukan dalam penelitian - Melakukan kajian substansi penelitian - Melakukan negosiasi dengan lembaga terkait yang menunjang kegiatan penelitian. - Bersama-sama dengan Tim Peneliti melakukan proses dan evaluasi penelitian pada setiap tahap.

Mahasiswa

No.	Nama / NIM	Jabatan dan Alokasi Waktu (Jam / Minggu)	Tugas Membantu Penelitian
1	Ibrahim Galih Nasa 14502241016	4	-Membantu peneliti dalam merencanakan strategi pelaksanaan penelitian
			-Membantu peneliti dalam implementasi mekanik
			-Membantu peneliti dalam implementasi rekayasa perangkat lunak
			- Membantu penyiapan perancangan Media dan Modul pembelajaran yang berkaitan dengan mekanik
			- Bersama-sama dengan Tim Peneliti melakukan proses dan evaluasi penelitian pada setiap tahap.
1	Ridho Abdu Sidiq 15507134028	4	-Membantu peneliti dalam merencanakan strategi pelaksanaan penelitian
			-Membantu peneliti dalam implementasi mekanik

No.	Nama / NIM	Jabatan dan Alokasi Waktu (Jam / Minggu)	Tugas Membantu Penelitian
			<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="773 312 1300 386">-Membantu peneliti dalam implementasi rekayasa perangkat lunak <li data-bbox="773 430 1273 537">- Membantu penyiapan perancangan Media dan Modul pembelajaran yang berkaitan dengan mekanik pendulum <li data-bbox="773 541 1260 648">- Bersama-sama dengan Tim Peneliti melakukan proses dan evaluasi penelitian pada setiap tahap.

Lampiran 3. Surat Keterangan Keterlibatan

SURAT KETERANGAN KETERLIBATAN MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Fatchul Arifin, M.T.
NIP : 19720508 199802 1 002
Fak /Jur / Prodi : Teknik / JPTEI / Pend Teknik Elektronika
Jabatan Struktural : Kajur Pend. Telknik Elektronika dan Informatika

Dengan ini menerangkan bahwa :

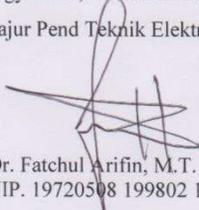
No.	Nama	NIM	Jurusan/Prodi
1.	Ibrahim Galih Nasa	14502241016	Pend. Teknik Elektronika - S1
2.	Ridho Abdul Sidiq	15507134028	Teknik Elektronika - D3

nama-nama tersebut diatas ini adalah benar-benar masih tercatat sebagai mahasiswa aktif di Prodi Pendidikan Teknik Elektronika dan Prodi Teknik Elektronika.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 26 Januari 2018

Kajur Pend Teknik Elektronika dan Informatika


Dr. Fatchul Arifin, M.T.
NIP. 19720508 199802 1 002

Lampiran 4. Biodata Peneliti

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI KETUA

1. Identitas Diri

- a. Nama Lengkap Ahmad Awaluddin Baiti, S.Pd.T, M.Pd
- b. Jabatan Fungsional Tenaga Pengajar
- c. NIP/NIK 19870414 2015041 002
- d. NIDN 0014048702
- e. Tempat dan Tanggal Lahir Sleman, 14 April 1987
- f. Alamat Rumah Mlangi RT 03 RW 32, Nogotirto, Gamping Sleman, Yogyakarta
- g. Nomor Telp/Fax -
- h. Nomor HP 087738045447
- i. Alamat Kantor Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik UNY, Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281
- j. Nomor Telp/Fax -
- k. Alamat e-mail aawaluddin@uny.ac.id

2. Riwayat Pendidikan

Jenjang	Nama Perguruan Tinggi dan Lokasi	Tahun Lulus	Program Studi
S3	-	-	-
S2	Universitas Negeri Yogyakarta	2013	Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
S1	Universitas Negeri Yogyakarta	2010	Pendidikan Teknik Elektronika
D3	Universitas Negeri Yogyakarta	2010	Teknik Elektronika

3. Riwayat Mengajar

Mata Kuliah	Program Pendidikan	Institusi/Jurusan/ Program Studi	Sem./Tahun Akademik
PTK	S1	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Elektronika	Genap 2014-2015

Perakitan dan Instalasi Komputer	S1	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Informatika	Ganjil 2015-2016
Elektronika Analog 2	S1/D3	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Elektronika dan Teknik Elektronika	Genap 2015-2016
Teknik Pemeliharaan dan Reparasi	S1	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Elektronika dan Teknik Elektronika	Genap 2015-2016
Mikrokontroler	D3	UNY/Pend. Tek. Elektronika/ Teknik Elektronika	Genap 2015-2016
Bahasa Pemrograman	S1	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Elektronika	Ganjil 2016-2017
Elektronika Analog I	S1/D3	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Elektronika dan Teknik Elektronika	Ganjil 2016-2017
Otomasi Industri	D3	UNY/Pend. Tek. Elektronika/ Teknik Elektronika	Ganjil 2016-2017
Teknik Pemeliharaan dan Reparasi	S1	UNY/Pend. Tek. Elektronika/Pend. Tek. Elektronika dan Teknik Elektronika	Genap 2016-2017
Manajemen Proyek Elektronika	D3	UNY/Pend. Tek. Elektronika/ Teknik Elektronika	Genap 2016-2017

4. Pelatihan Profesional

Tahun	Jenis Pelatihan (Dalam/Luar Negeri)	Penyelenggara	Jangka Waktu
2016-2017	Pelatihan Bahasa Inggris Program IELTS (International English Language Testing System) Batch II Tahun 2016	Pusat Bahasa Universitas Negeri Malang	2,5 Bulan
2017	Pelatihan Matlab	Lembaga Tesla	1 hari

5. Pengalaman Penelitian 5 Tahun Terakhir

No	Judul Penelitian	Sumber Dana	Tahun
1	Analisis Penerapan Sistem Informasi Akademik (SIKAD) 2013 Menggunakan Model <i>End-User Computing Satisfaction</i> (EUCS) di Program Studi Pendidikan Teknik Informatika	DIPA FT UNY	2015
2	Evaluasi Pelaksanaan Teaching Factory pada SMK Rujukan di Daerah Istimewa Yogyakarta	DIPA UNY	2016

3	Pengembangan Model Smart Door Locks Dengan Android Dan Arduino Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Praktik Perancangan Sistem Elektronika	DIPA UNY	2016
4	PENINGKATAN KETRAMPILAN MAHASISWA DALAM PENGEMBANGAN GPRS – 3G SURVEILANCE SYSTEM PADA MATA KULIAH KOMUNIKASI BERGERAK DAN SELULER	DIPA UNY	2017
5	Studi Penelusuran Alumni Teknik Elektronika D3 Sebagai Upaya Peningkatan Mutu Penyelenggaraan Program Studi	DIPA UNY	2017
6	Peningkatan High Order Thingking Skill (HOTS) Melalui Model Project Based Learning (PBL) Pada Mata Kuliah Praktik Instrumentasi dab Elektronika Medis Untuk Mendukung Program Asian University Network Quality Assurance (AUN QA)		

Yogyakarta, 14 February 2018
Yang membuat pernyataan,

ttd.

Ahmad Awaluddin Baiti, M.Pd

DAFTAR RIWAYAT HIDUP
Peneliti Anggota 1

- a. Nama lengkap : Dr. Drs. Masduki Zakarijah, M.T.
 b. Jabatan : Lektor
 c. Program Studi : Pend. Teknik Elektronika - S1
 d. Alamat : Godegan RT 05 RW 04 Tamantirto Kasihan Bantul
 e. Telepon : +62818465921
 f. e-mail : masduki_zakaria@uny.ac.id
 a. Nama lengkap : Dr. Drs. Masduki Zakarijah, M.T.
 b. Jabatan : Lektor

1. Ijazah/Riwayat Pendidikan Formal

	S-1	S-2	S-3
Tahun lulus	1988	2002	2017
PT	IKIP Yogyakarta	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	Universitas Negeri Yogyakarta
Prodi	Pendidikan Teknik Elektronika	Teknik Elektro	Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Bidang keahlian	Pendidikan Teknik Elektronika	Sistem Cerdas	Pengembangan VET (<i>Vocational Education & Training</i>)
Judul TA	Studi Pengaruh Lingkungan Keluarga Terhadap Prestasi Belajar Siswa STM Pembangunan Yogyakarta.	Implementasi Sel Syaraf Tiruan Berbasis <i>Fields Programmable Gate Arrays</i> (FPGA)	Sistem Pendukung pengambilan keputusan bagi Kepala SMK

2. Mata Kuliah yang diampu 5 Tahun Terakhir

No	Nama Mata Kuliah (Praktikum)	Tim/Individual
1	Pembelajaran Mikro	Individual
2	Sistem Kendali	Individual
3	Elektronika Industri	Individual
4	Matematika Diskret	Individual
5	Pemrograman Web	Individual

3. Penelitian yang dilakukan 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Posisi*)	Sumber Dana
----	-------	------------------	----------	-------------

1	2015	Perancangan Kebutuhan Pengembangan <i>Teaching Factory & Technopark</i> di SMK Rujukan Sesuai dengan Rencana Pengembangan Sektor-Sektor Ekonomi di Indonesia.	Anggota	Hibah Kajian, Dit. PSMK Ditjend. Dikmen Kemdikbud
2	2015	<i>Reverse engineering</i> sebagai model pembelajaran <i>project work</i> untuk percepatan penyelesaian tugas akhir pada pendidikan vokasi.	Ketua	Hibah Bersaing, Dit. Riset & PM Ditjend. Penguatan Riset & Pengembangan Kemristek Dikti
3	2012, 2013, dan 2014	Deteksi Visual Terhadap Pelanggaran Lalulintas pada <i>Smart Traffic Control System</i> Menggunakan Jaringan Terdistribusi.	Ketua	Hibah Strategis Nasional, DP2M Ditjend. Dikti Kemdikbud
4	2011	Sistem Cerdas untuk Inovasi <i>Traffic Light Control System</i> Menggunakan <i>Programmable Logic Controller</i> .	Ketua	Hibah Bersaing, DP2M Ditjend. Dikti Kemdiknas

5. Pengabdian pada Masyarakat (PPM) 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul PPM	Posisi*)	Sumber Dana
1	2014	Penyusun Soal Uji Kompetensi Awal PPG (Pendidikan Profesi Guru) Program Keahlian Teknik Broadcasting Bidang keahlian TIK	Ketua	Pusat Pengembangan Profesi Pendidik, BPSDMPK & PMPK Kemdikbud
2	2013	IbM (Ipteks bagi Masyarakat) Desa Bangunjiwo Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul.	Anggota	DP2M DitJend. Dikti Kemdikbud
3	2013	Penyusun "Pedoman Penilaian" Paket Keahlian Teknik produksi dan Penyiaran Program Pertelevisian SMK	Ketua	Dit. PSMK DitJend. Dikmen Kemdikbud
4	2013	Review Soal Uji Kompetensi Guru Pasca PLPG pada Sertifikasi Guru SMK Program Studi Keahlian Teknik Broadcasting Bidang keahlian TIK	Ketua	Pusat Pengembangan Profesi Pendidik, BPSDMPK & PMPK Kemdikbud

5	2012	Pelatihan Pemrograman <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC) bagi Guru SMK	Anggota	FT UNY
6	2012	<i>Training Lecture</i> , dalam rangka Kompetisi Robot	Anggota	POLITEKNIK Negeri Jakarta
7	2012	Penyusun Soal Uji Kompetensi Pasca PLPG pada Sertifikasi Guru Program Studi Keahlian Teknik Broadcasting Bidang Studi Keahlian TIK	Ketua	Pusat Pengembangan Profesi Pendidik, BPSDMPK & PMPK Kemdikbud
8	2012	Penyusun Soal Uji Kompetensi Guru, (UKG) Program Studi Keahlian Teknik Broadcasting Bidang Studi Keahlian TIK	Ketua	Pusat Pengembangan Profesi Pendidik, BPSDMPK & PMPK Kemdikbud
9	2011	Penyusun Kisi-kisi dan Soal Uji Kompetensi Awal (UKA) pada Sertifikasi Guru SMK Program Studi Keahlian Teknik Broadcasting Bidang Studi Keahlian TIK	Ketua	Pusat Pengembangan Profesi Pendidik, BPSDMPK & PMPK Kemdikbud
10	2011	Pelatihan pemrograman Web bagi guru-guru SMK Se DIY	Anggota	LPM UNY
11	2011	Pelatihan Penulisan Karya Ilmiah bagi Guru-guru SMK Se DIY.	Anggota	FT UNY

Keterangan: *) Ketua/Anggota

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara umum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resikoanya.

Yogyakarta, 12 Pebruari 2018

Dosen,

Masduki Zakarijah
NIP. 196409171989011001

DAFTAR RIWAYAT HIDUP
Peneliti Anggota 2

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap (dengan gelar)	Suprpto
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki
3.	Jabatan Fungsional	Lektor (378.50)
4.	NIP/ NIK/ Identitas lainnya	19750710 200501 1 002
5.	NIDN	0010077503
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Kebumen, 10 Juli 1975
7.	E-mail	suprpto@uny.ac.id/d10210035@yuntech.edu.tw
8.	Nomor Telepon/ HP	081802510537
9.	Alamat Kantor	Teknik Elektronika, FT, UNY Karangmalang, Yogyakarta, 55281
10.	Nomor Telepon/ Faks	(0274) 554686
11.	Lulusan yang Telah dihasilkan	10 Orang
	Mata kuliah yang diampu	1. Mikrokontroller (Sem. Genap, 11/12, 12/13) 2. 3.

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Negeri Yogyakarta	Universitas GadjahMada, Yogyakarta	National Yunlin University of Science and Technology, Taiwan
Bidang Ilmu	Pend. Teknik Elektro	Teknik Elektro	Electrical Engineering
Tahun Masuk-Lulus	1995 - 2001	2002 - 2005	2013 - 2018
Judul Skripsi/ Tesis/ Disertasi	Pengembangan Sistem Minimum Mikroprosesor Z-80: Studi kasus Alat Pengukur Suhu dan Intensitas Cahaya	Telepanel Menggunakan Internet dan Wireless Application Protocol (WAP)	Nonlinear System Identification and Adaptive Control Using Artificial Intelligent Methods
Nama Pembimbing/ Promotor	DR. Putu Sudira, M.P.	Lukito Edi Nugroho, Ph.D.	Wei-Lung Mao, Ph.D.

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir (Bukan Skripsi, Tesis maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan		Mahasiswa yg terlibat
			Sumber	Jml (Juta Rp)	
1.	-	-	-	-	-

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan		Mahasiswa yg terlibat
			Sumber	Jml (Juta Rp)	
1.	2012	Review Pedoman Penggunaan SIM PTK Pendidikan menengah, Cipayung Bogor			
2.	2013	Juri pada Lomba Bidang Electronic Application pada lomba Kompetensi Siswa SMK Kelompok Teknologi Industri Tingkat Propinsi Klaten, FT UNY			

E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/ Tahun
1.	The Integration of Wireless Sensor Networks and Monitoring Technology for Advanced Metering Infrastructure	ICIC Express Letters (ICIC-EL)	Vol. 10, No. 3, Mar. 2016. (Scopus/EI, ISSN 1881-803X)
2.	Unambiguous Galileo Acquisition Using BPSK-like Parallel CSC Method	ICIC Express Letters, Part B: Applications (ICIC-ELB)	Vol. 7, No. 5, May 2016. (Scopus/EI, ISSN 2185-2766)
3.	Adaptive Fuzzy Trajectory Control for Biaxial Motion Stage System	Advances in Mechanical Engineering	Vol. 8, No.4, Apr. 2016. (WoS/Scopus, IF: 0.8, ISSN 16878140).
4.	Adaptive Neural Network-based Synchronized Control of Dual-axis Linear Actuators	Advances in Mechanical Engineering	Vol. 8, No.7, July 2016. (WoS/Scopus, IF: 0.8, ISSN 16878140)
5.	Indirect Fuzzy Contour Tracking for X-Y PMSM Actuated Motion System Applications	IET Electric Power Applications Journal.	Online Jun. 2017. DOI: 10.1049/iet-epa.2016.0881 (WoS, IF: 1.85, ISSN 1751-8679)
6.	Type-2 Fuzzy Neural Network Using Grey Wolf Optimization Learning Algorithm for System Identification	Microsystems Technologies, Springer	Article in Press No. 542, Nov.2017. DOI: 10.1007/s00542-017-3636-x (WoS/Scopus, IF: 1.195, ISSN 1432-1858)
7.	The Application of Fuzzy-PI Controller for Synchronized XY Motion Gantry Stage System	Advances in Mechanical Engineering	Accepted in 2017, will be online in 2018, (WoS/Scopus, IF: 0.8)

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/ Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	2014 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFuzzy)	Adaptive Neural Network-based Synchronization Control for Dual-drive Servo System	Nov. 26-28, 2014, Kaohsiung, Taiwan, DOI:10.1109/iFUZZY.2014.7091225
2.	2015 Asian Conference and Natural Sciences (ACENS)	Adaptive Affine Projection Filter for Narrowband	Feb. 3-5, 2015, Tokyo, Japan

		Interference Suppression in GPS System	
3.	2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics	Design of Synchronized Control Method of Dual-axis Linear Actuator	June 6-8, 2015, Taipei Taiwan, DOI:10.1109/ICCE-TW.2015. 7216996
4.	2015 International conference on applied system innovation	Adaptive Fuzzy Control for Linear Motion Stage	May 22-27, 2015, Osaka, Japan
5.	The 2017 International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB2017)	Adaptive CMAC Filter for Chaotic Time Series Prediction	pp.48., Jan. 19-22, 2017, Miyazaki, Japan
6.	2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation (IEEE ICASI 2017)	Design of T2FNN Using Grey Wolf Optimization Learning Algorithm for System Identification	May 13-17, 2017, Sapporo, Japan.

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	Aplikasi dan Pemrograman Mikrokontroler AVR ISBN 978-979-8418-79-2	2012	210	UNY Press

H. Perolehan HKI dalam 5-10 Tahun Terakhir

No.	Judul/ Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Alat Untuk Mengukur Jumlah sedimen layang di Air mengalir	2011		P00201100161
2.	Robot Penentu Koordinat Titik Material Dasar Sungai Model Flume (Koorefhidsu Type 231109)	2010		P00201000474
3.	Alat Ukur Kecepatan Aliran Arus Air (Current Meter Type 180210)	2010		P00201000475

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/ Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul/ Tema/ Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.	-	-	-	-

J. Penghargaan dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberian Penghargaan	Tahun
-----	-------------------	---------------------------------	-------

1.	PENYAJI POSTER TERBAIK Seminar hasil Penelitian Strategis Nasional	DP2M Jakarta Sertifikat No: 2074/D3/PL/2010 Tanggal 12 s.d. 15 Oktober 2010	2010
2.	BEST PAPER CONFERENCE AWARD for the paper “Design of T2FNN Using Grey Wolf Optimization Learning Algorithm for System Identification”	IEEE Tainan Section Sensors Council, and Taiwanese Institute of Knowledge Innovation (TIKI)	2017

Yogyakarta, 3 January 2017

Suprpto
NIP. 19750710 200501 1 002

DAFTAR RIWAYAT HIDUP
ANGGOTA PENELITI
MAHASISWA 1



A. Biodata Pribadi

1. Nama : Ridho Abdul Sidiq
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Pekerjaan : Mahasiswa
4. Fakultas : Teknik
5. Jurusan : Teknik Elektronika
6. Prodi : Pendidikan Teknik Elektronika
7. Nim : 15507134028
8. Tempat tanggal lahir : Sukaraja Nuban, 22 Maret 1997
9. Kebangsaan : Indonesia
10. Status : Belum Menikah
11. Tinggi, Berat badan : 155 cm, 49 kg
12. Agama : Islam
13. Alamat : Kecubung Gg. Bima. Terbanggi besar . Lampung Tengah
14. No Hp : 0896-2823-9561
15. Email : ridhoabdulsidiq@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SD : SD IT Bustanul Ulum 2003-2009
2. SMP : SMP IT Bustanul Ulum 2009-2012
3. SMK : SMKN 3 Terbanggi Besar 2012-2015

C. Prestasi

- Juara 3 Lomba Keterampilan Siswa (LKS) tingkat kota Bandar Lampung bidang lomba Elektronik Application tahun 2014.
- Juara 2 kontes robot indonesia (KRI) tingkat regional 3 bidang lomba Kontes robot ABU indonesia tahun 2017.
- Juara 1 kontes robot indonesia (KRI) tingkat regional 3 bidang lomba Kontes robot ABU indonesia tahun 2016.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP
ANGGOTA PENELITI
MAHASISWA 2

A. Biodata Pribadi

Nama : Ibrahim Galih Nasa
Alamat : Jalan Sidokabul 32 RT.31/RW08 Umbulharjo Yogyakarta
Kode.Pos : 55162
Nomor Telepon : 085643398996
Email : ign.nasa@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat,Tanggal Lahir : Yogyakarta, 21 Maret 1996
Status Marital : Belum Menikah
Warga Negara : WNI
Agama : Islam
Golongan Darah : B
Hobby : -
Moto Hidup : -

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

Nama Sekolah	Alamat	Tahun
SD PIRI NITIKAN	Jl. Nitikan Baru Yogyakarta	2002 - 2008
MTs N 2 Yogyakarta	Mendungan Yogyakarta	2008 - 2011
SMK N 3 Yogyakarta	Jl. RW. Monginsidi Yogyakarta	2011 - 2014
Universitas Negeri Yogyakarta	Karang malang, Yogyakarta	2014 -.....

C. RIWAYAT ORGANISASI

Nama Organisasi	Jabatan	Periode
Ekstrakurikuler Robotika	Sie Pembelajaran	2013 – 2014
UKM RESTEK UNY	Anggota	2014 – 2016
HIMANIKA FT UNY	Staf Minat dan Bakat	2016 – 2017

Lampiran 5. Desain Inverted Pendulum

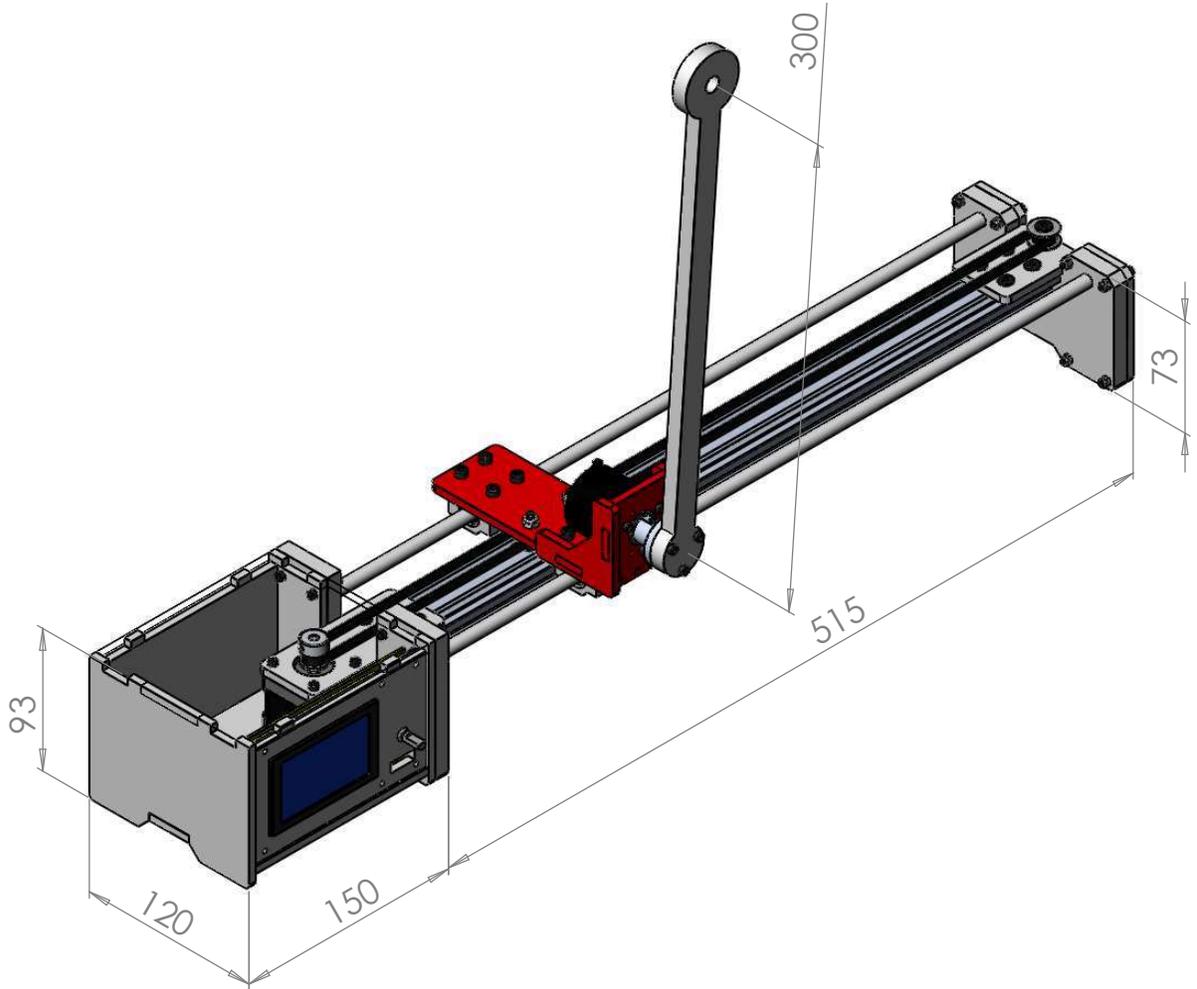
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
F MFG					
Q.A					

TITLE:

Inverted Pendulum

MATERIAL:

DWG NO.

01

A4

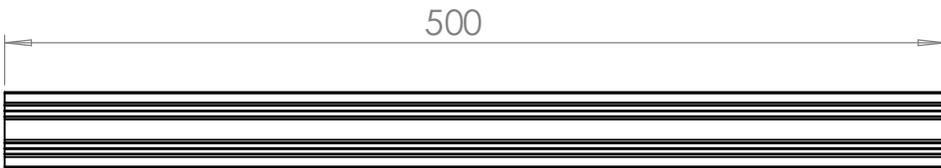
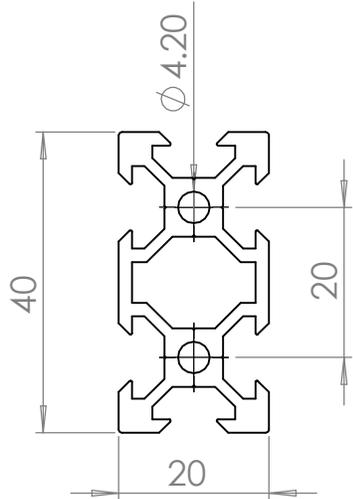
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Aluminium Alloy	

TITLE:		2040 V Slot	
DWG NO.			

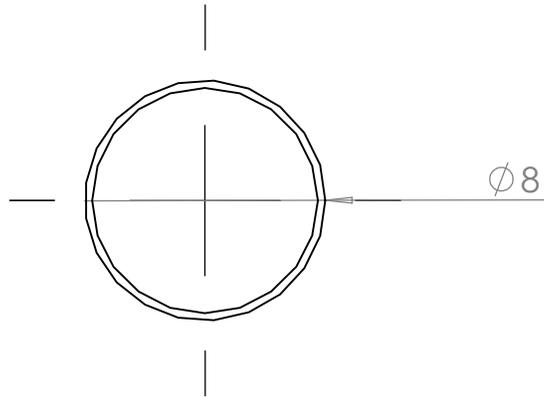
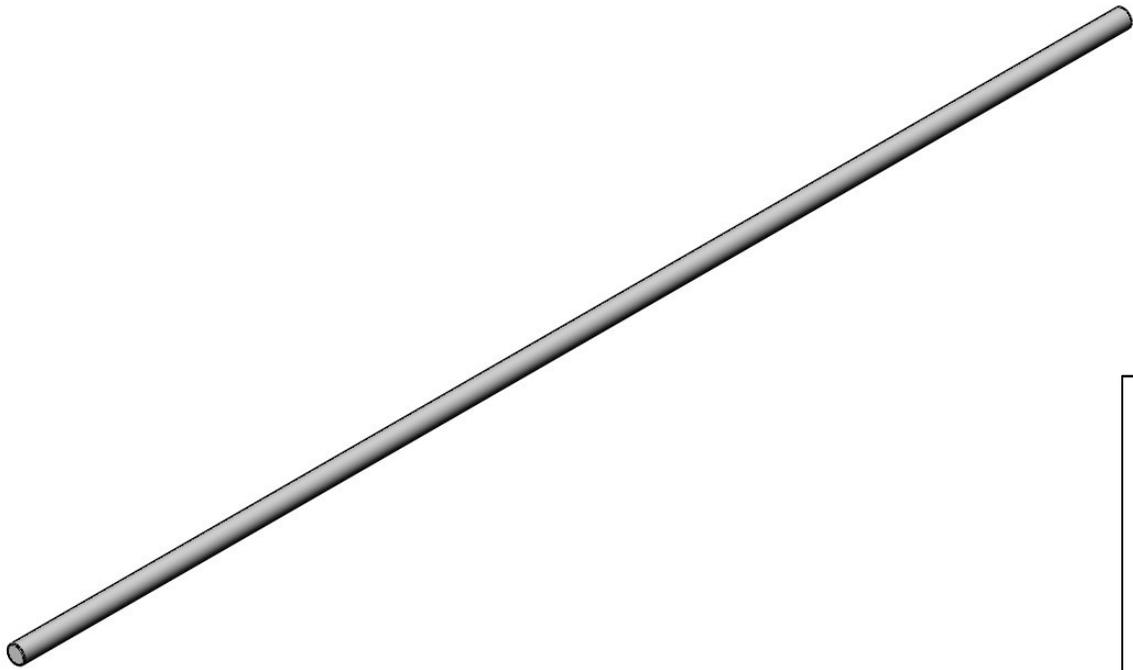
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
F MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Stainless Steel	

TITLE:

Linear Shaft

DWG NO.

03

A4

A

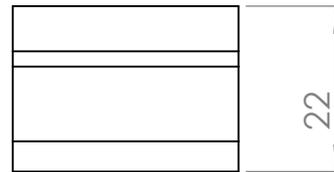
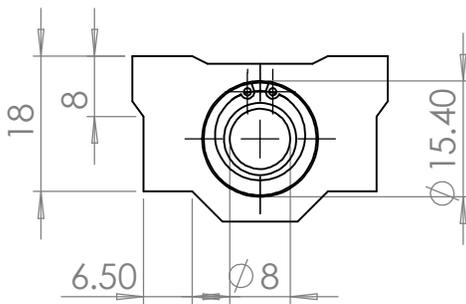
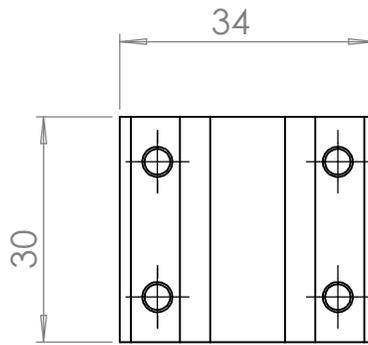
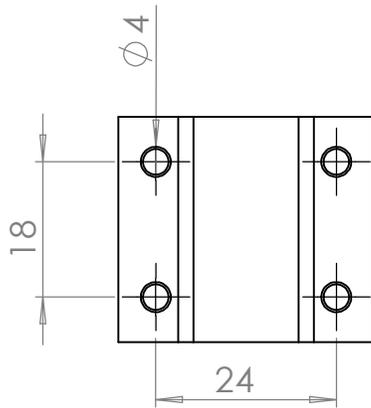
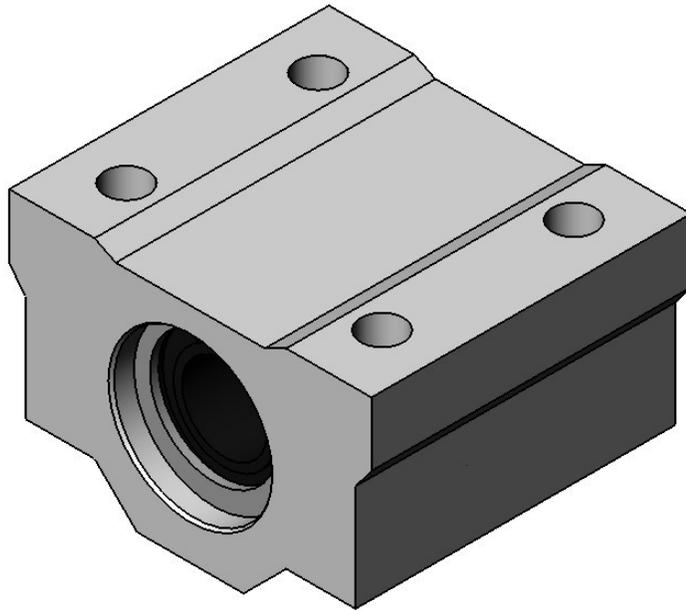
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	

TITLE:

Linear Bearing 8mm

DWG NO.

04

A4

A

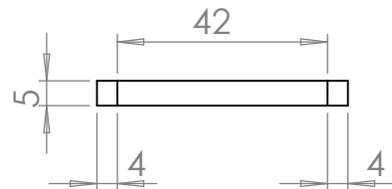
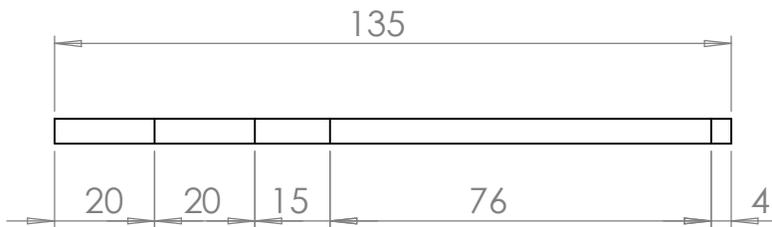
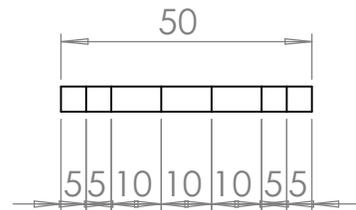
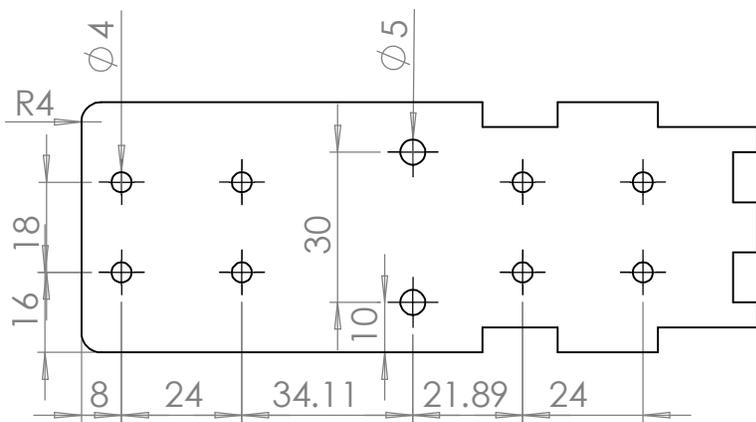
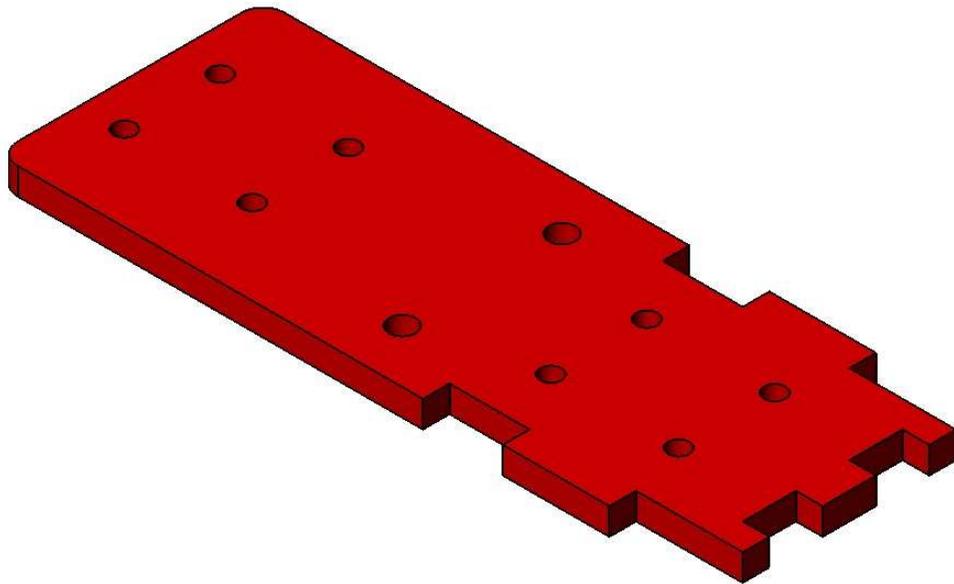
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:	<i>Sliding Board Bawah</i>	
DWG NO.	05	A4

A

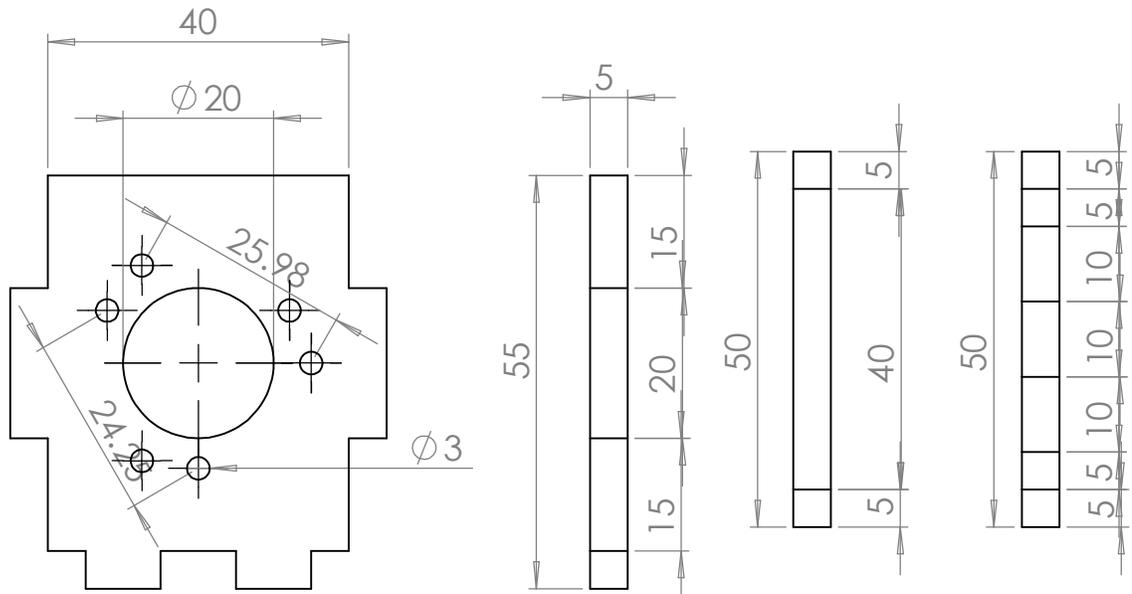
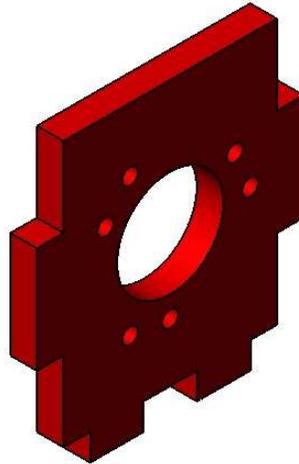
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

 DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:	<i>Sliding Board Depan</i>	
DWG NO.	06	A4

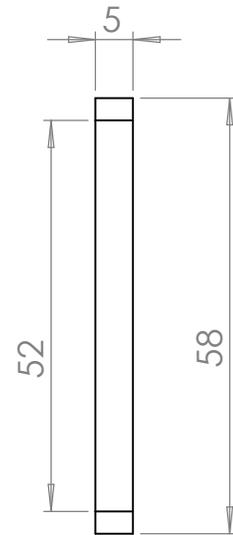
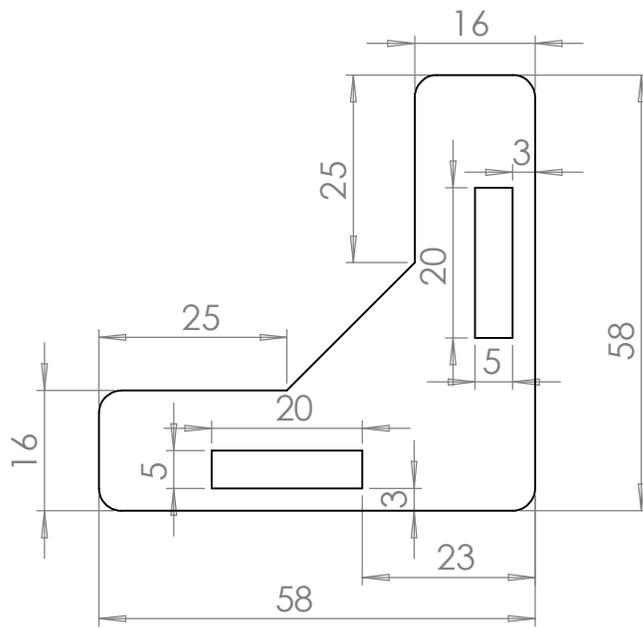
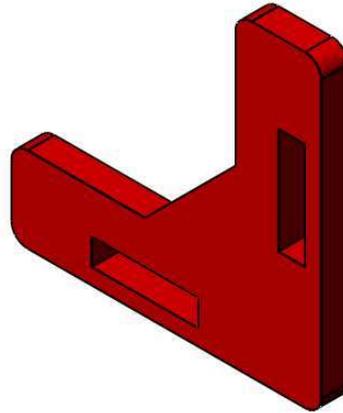
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

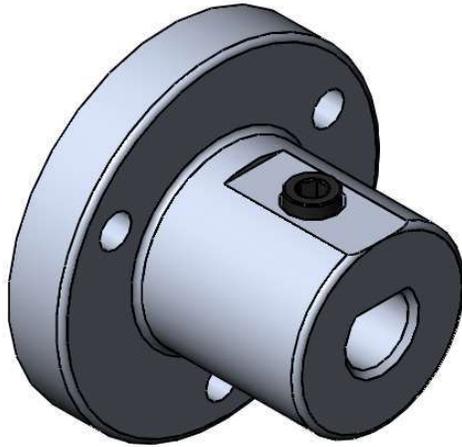
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

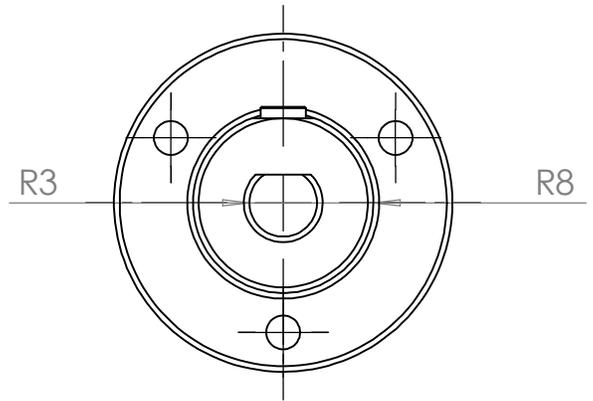
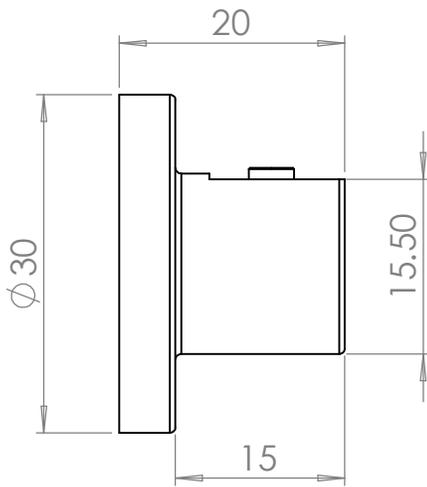
TITLE:	<i>Sliding Board Kanan/Kiri</i>	
DWG NO.	07	A4

A

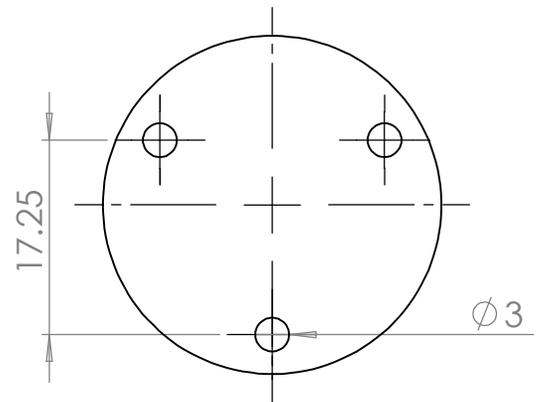
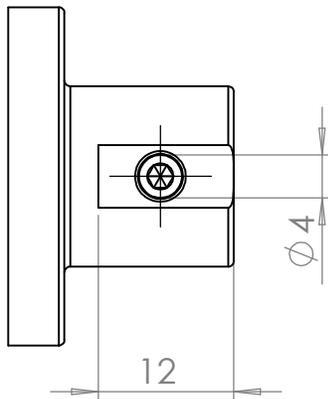
B



C



D



E

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					

TITLE:

Coupler Pendulum

F

MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Aluminium	

DWG NO.

08

A4

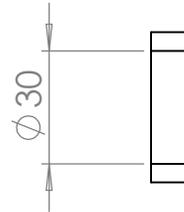
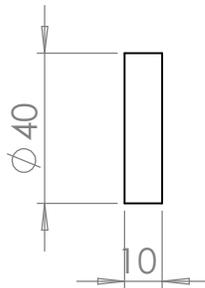
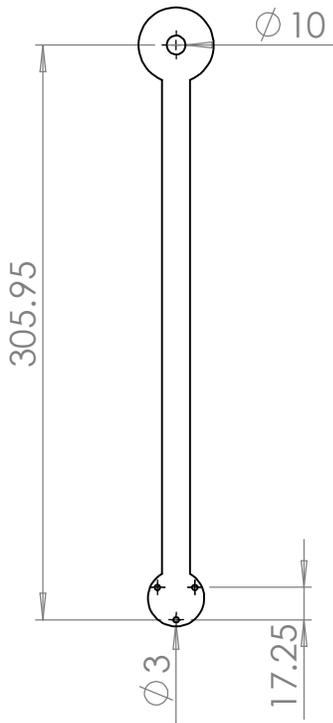
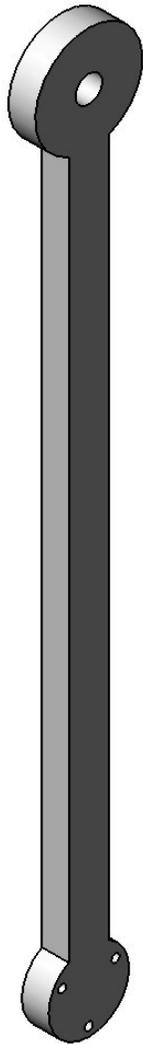
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
F MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Akrilik 10mm	

TITLE:		<h1>Pendulum</h1>	
DWG NO.			
		09	A4

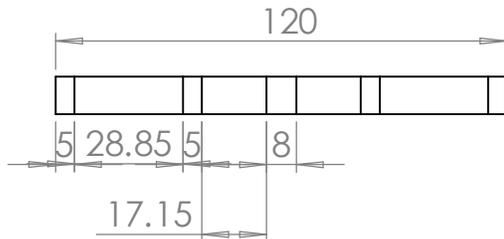
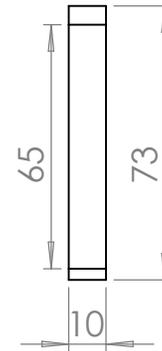
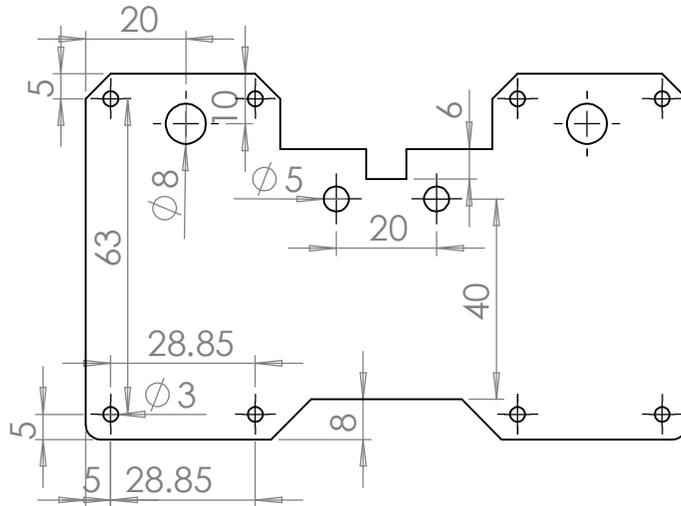
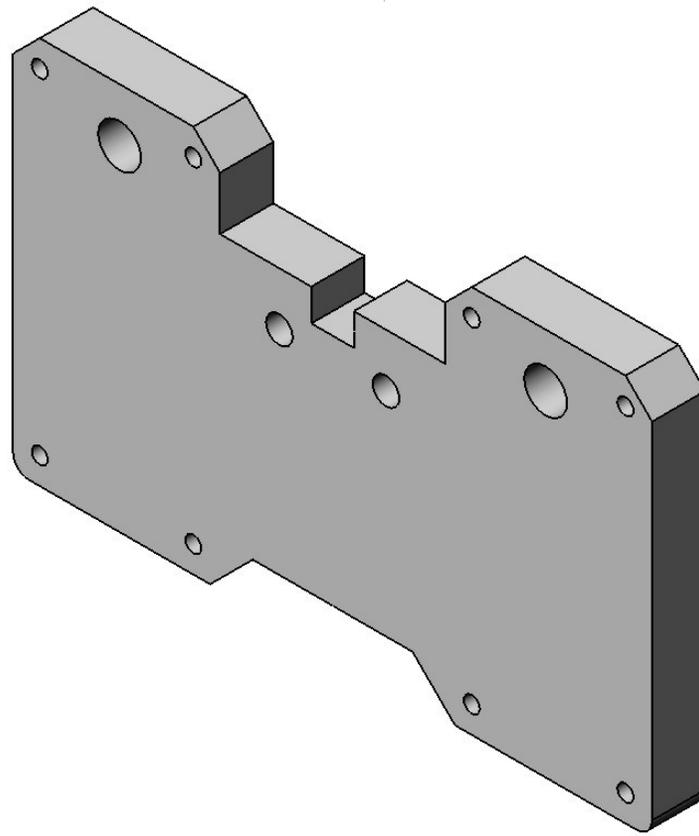
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					

TITLE:
**Holder Kanan
10mm**

F	MFG				
	Q.A				

MATERIAL:
Akrilik 10mm

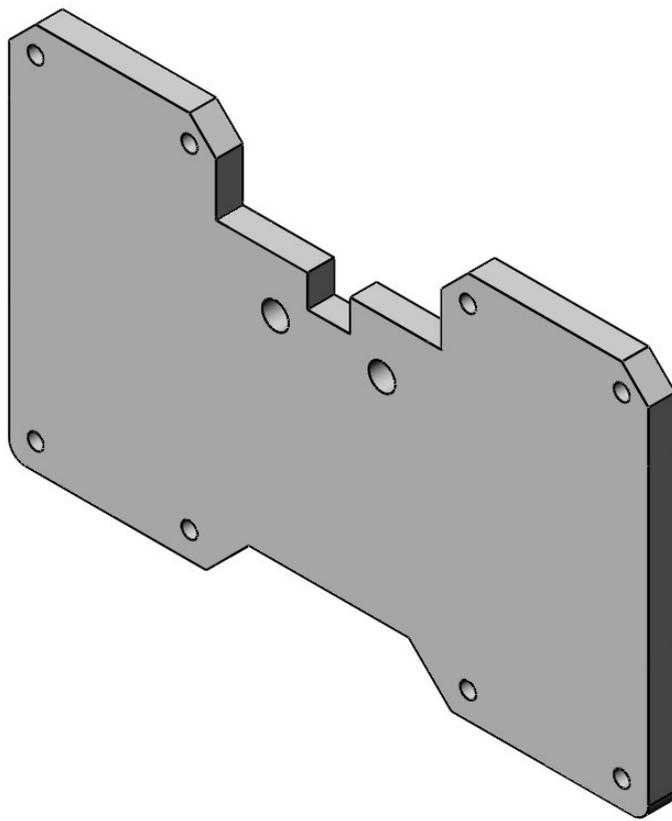
DWG NO. **10**

A4

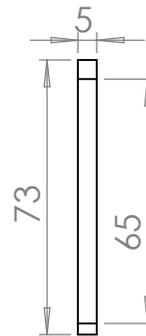
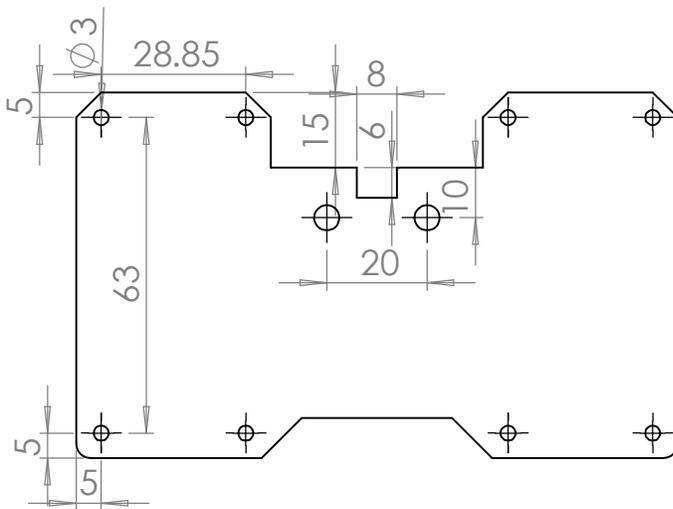
A

B

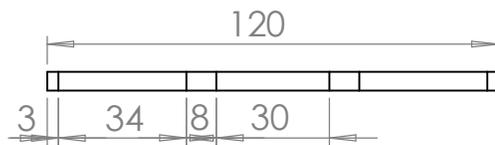
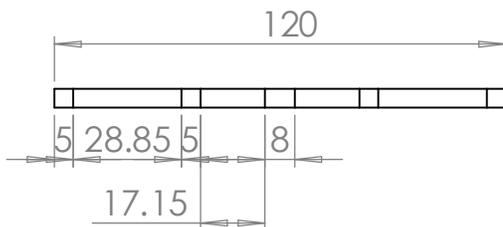
C



D



E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					

TITLE:
**Holder Kanan
 5mm**

F

MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

DWG NO. **11**

A4

A

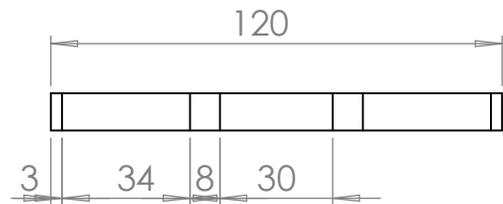
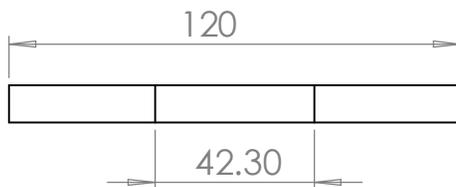
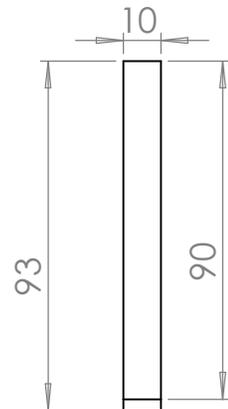
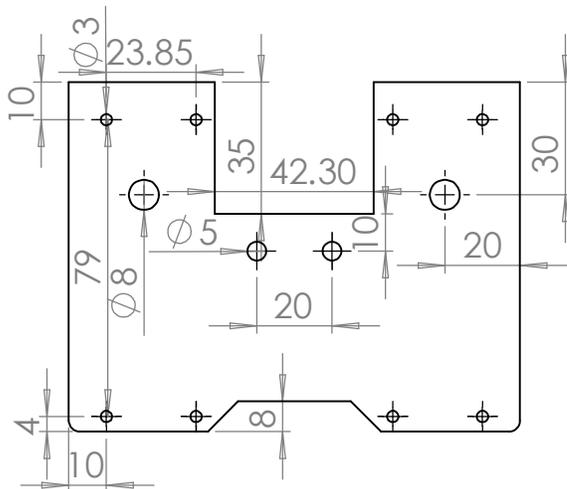
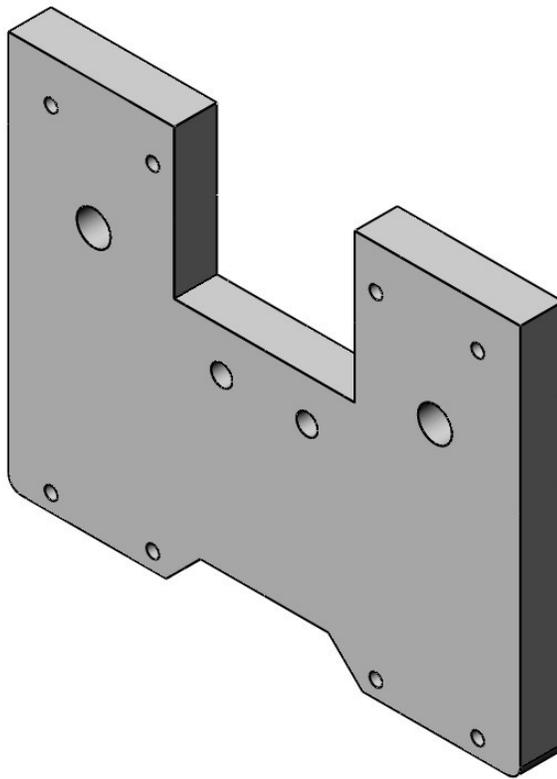
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN	Noor Ahwan					
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						

TITLE:

Holder Kiri
10mm

MATERIAL:

Akrilik 10mm

DWG NO.

12

A4

A

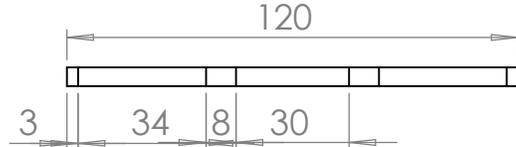
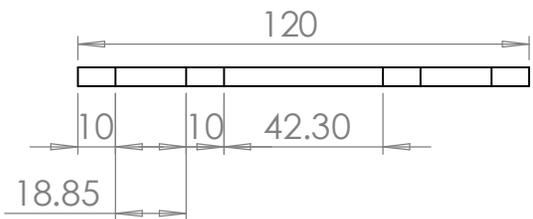
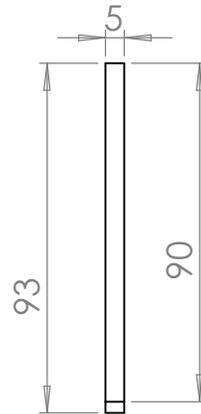
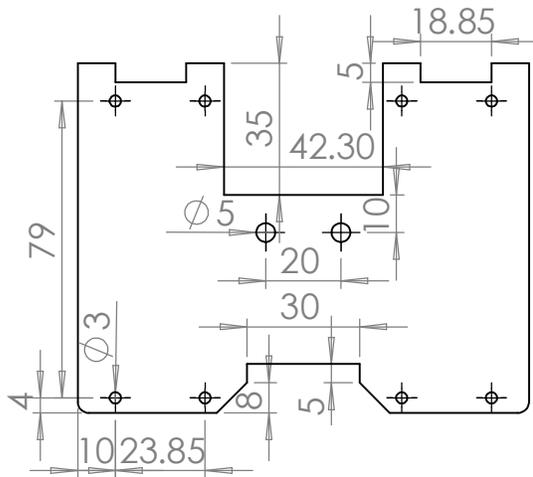
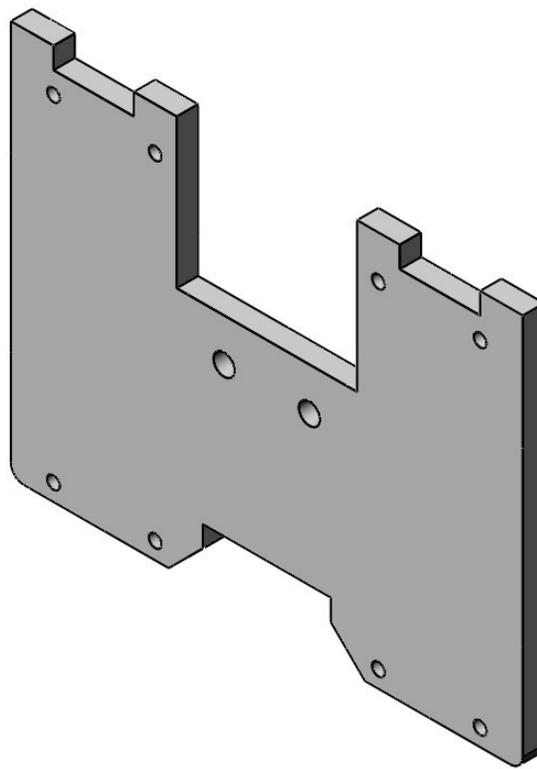
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					

TITLE:
Holder Kiri
 5mm

MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

DWG NO. 13

A4

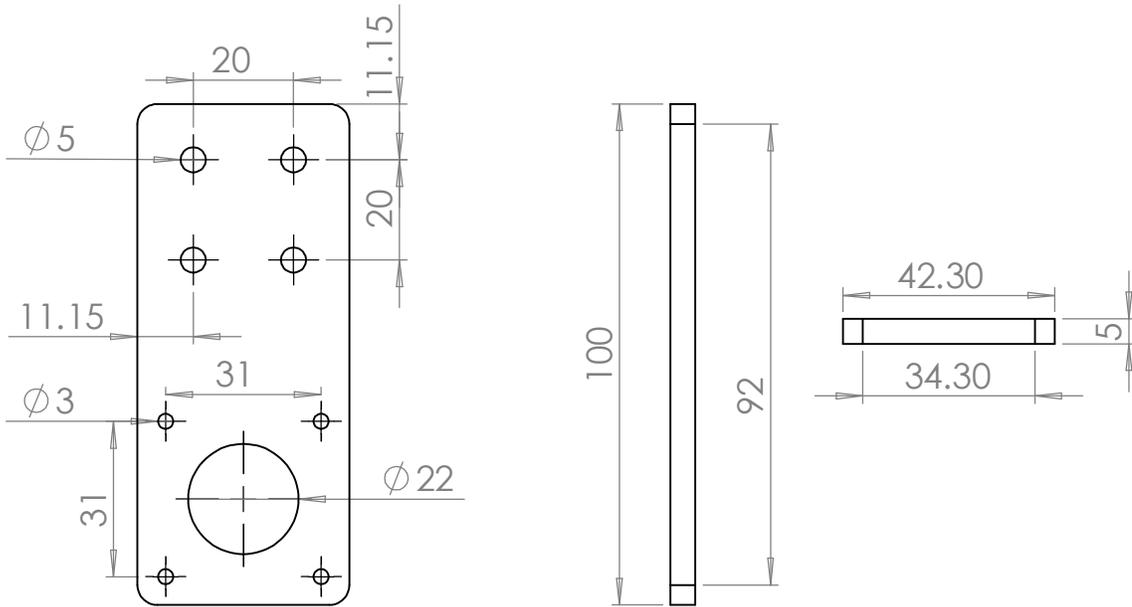
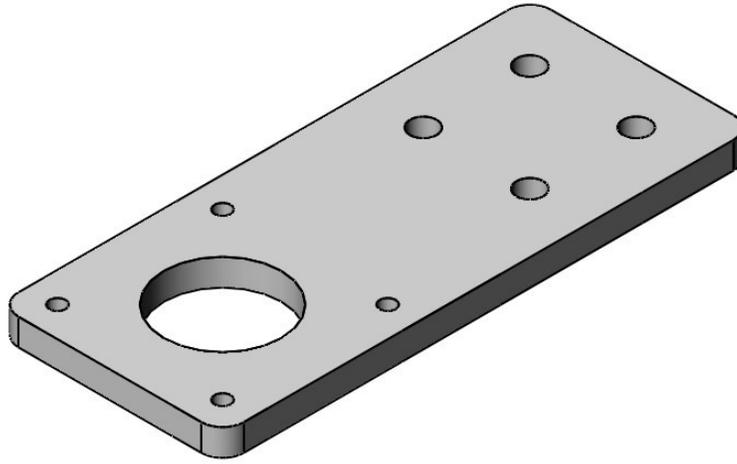
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
F MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:		<h1>Braket Motor Stepper</h1>	
DWG NO.	14		
		A4	

A

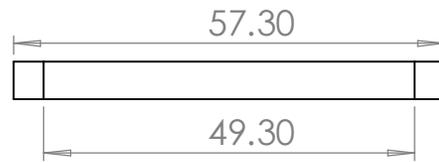
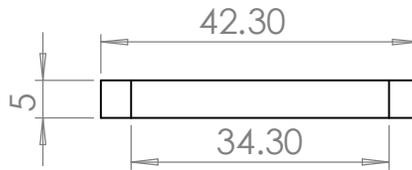
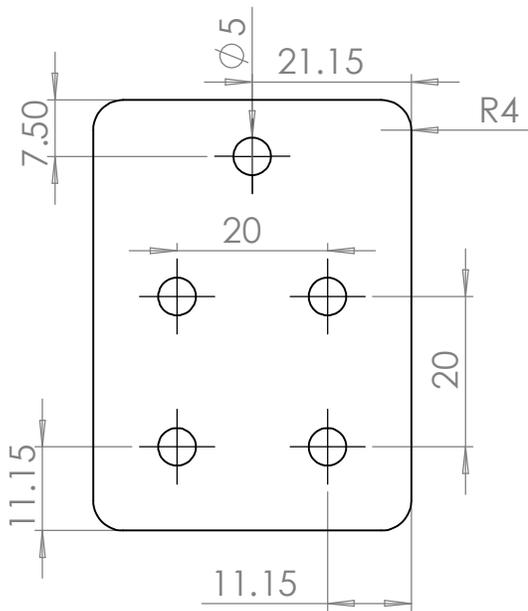
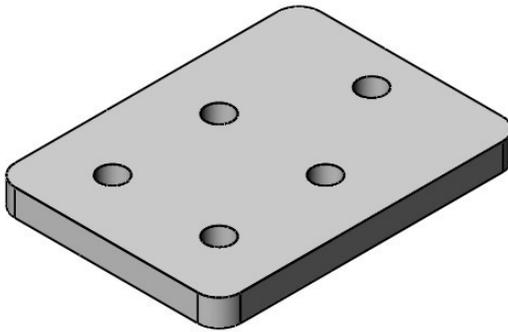
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:		<h1>Braket Idle Pulley</h1>	
DWG NO.	15		
		A4	

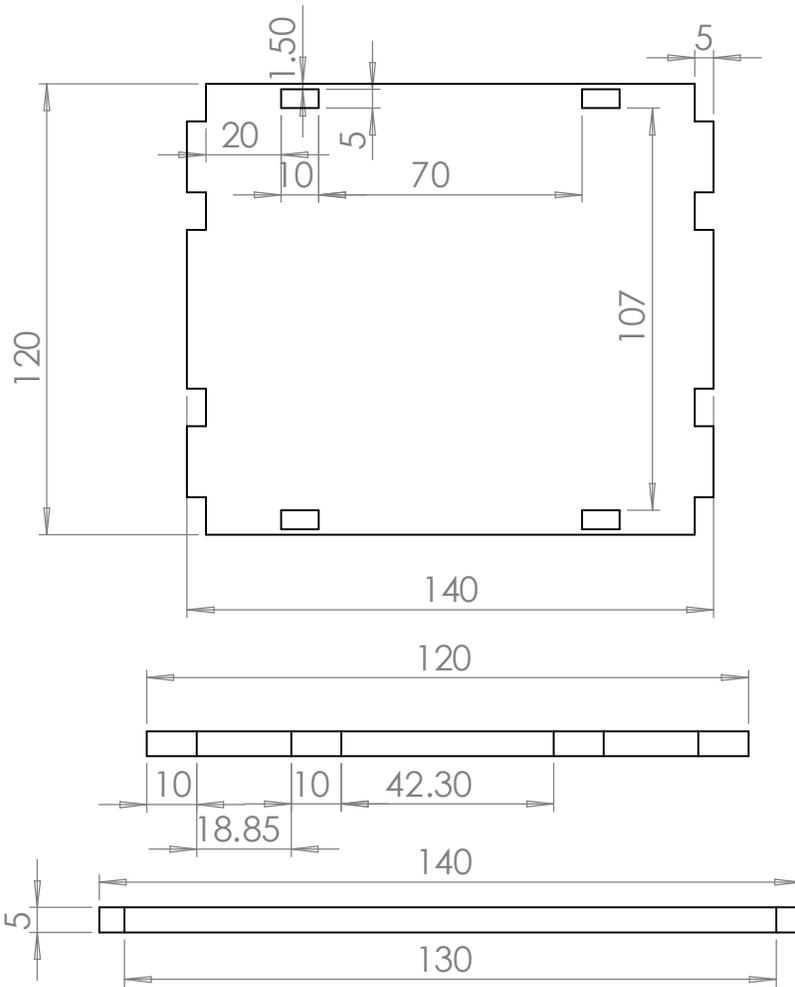
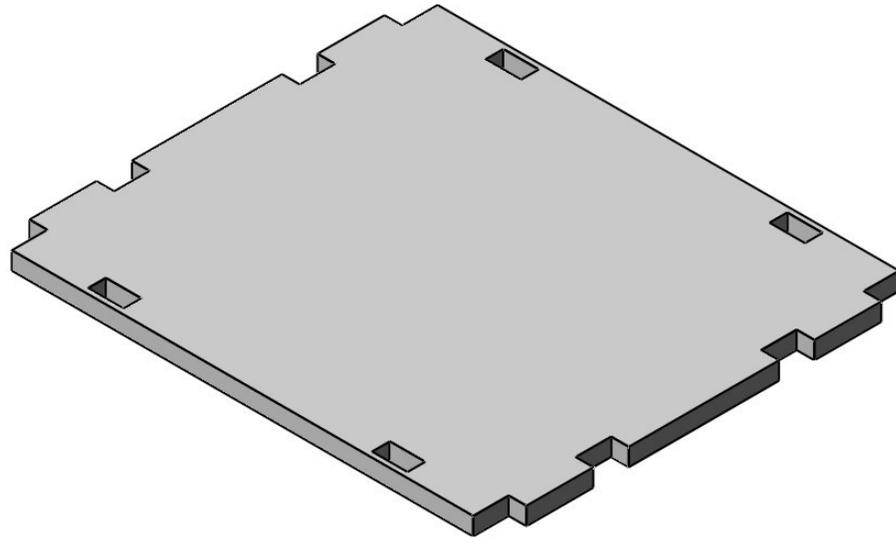
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN	Noor Ahwan					
CHK'D						
APPV'D						

TITLE:
Bok Atas

F	MFG					
	Q.A					

MATERIAL:
Akrilik 5mm

DWG NO. **16**

A4

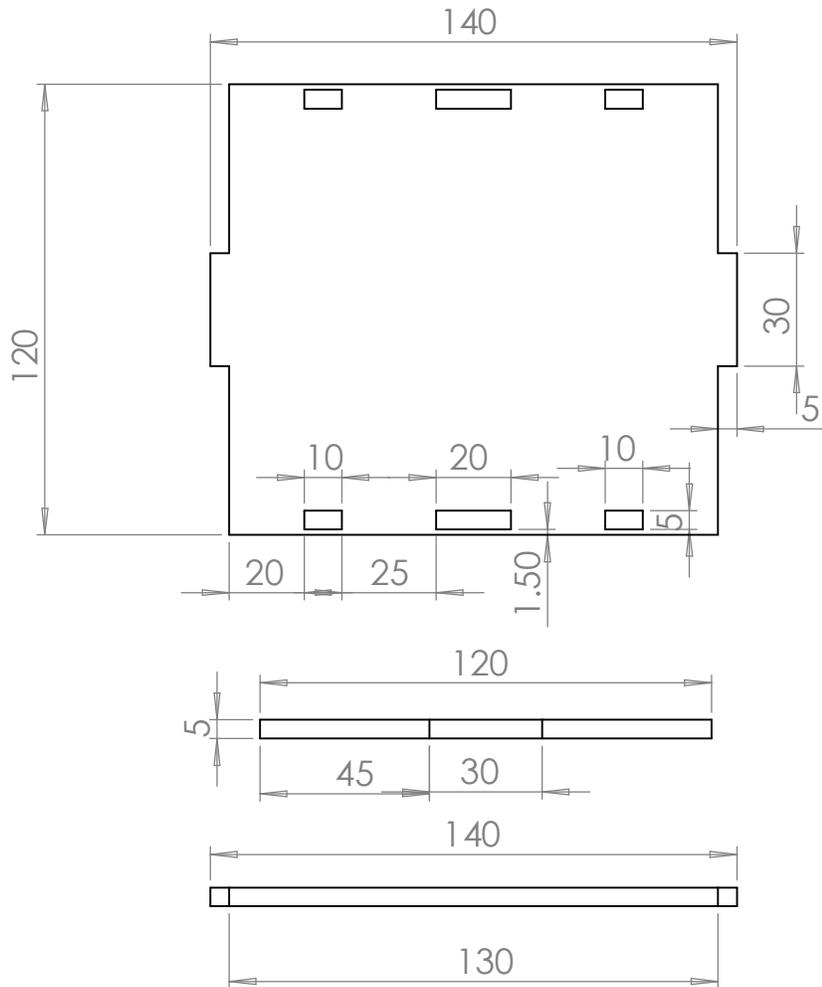
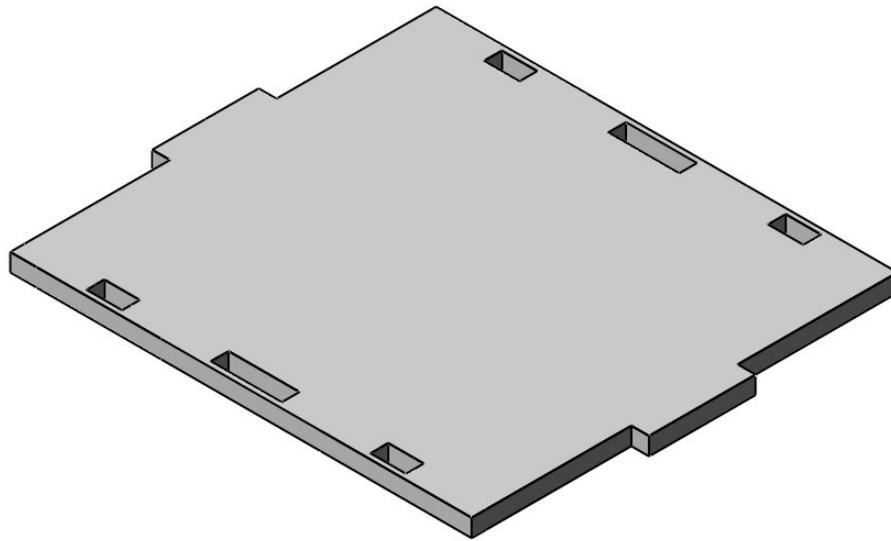
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
F MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:		<h1>Bok Bawah</h1>
DWG NO.	<h2>17</h2>	
		A4

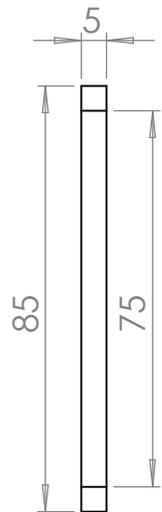
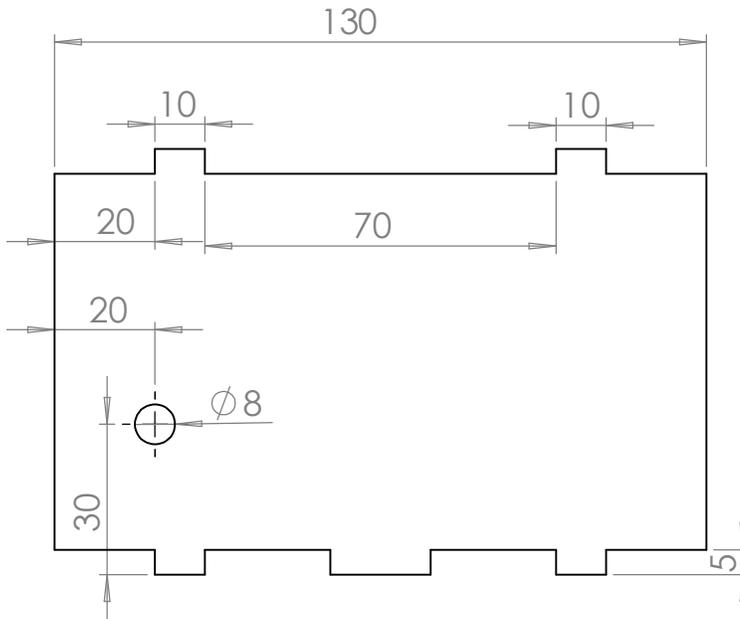
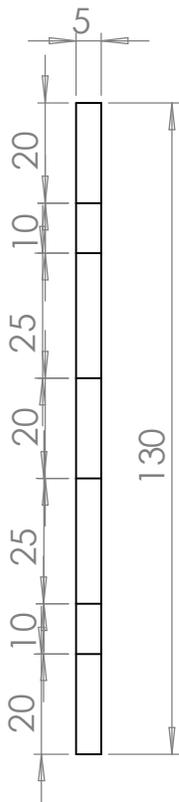
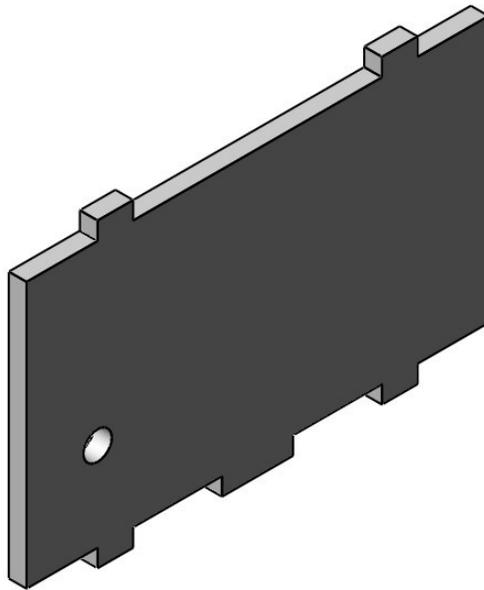
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
F MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:		<h1>Bok Belakang</h1>
DWG NO.	<h2>18</h2>	
		A4

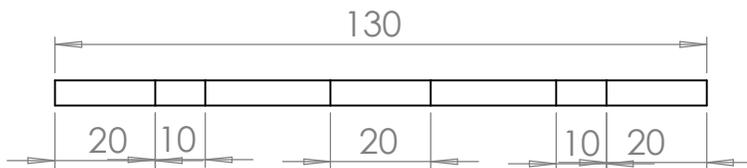
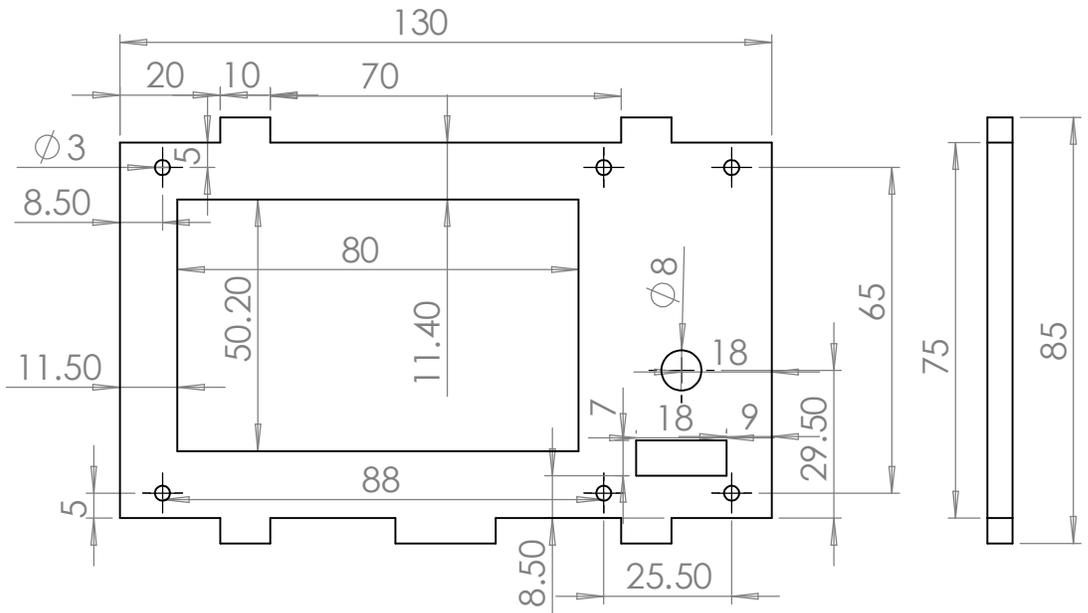
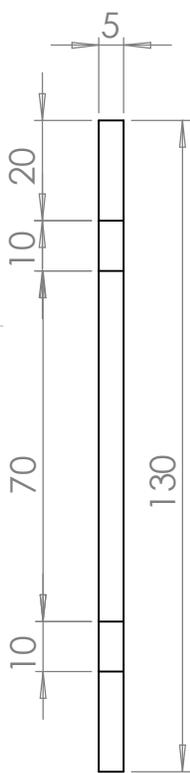
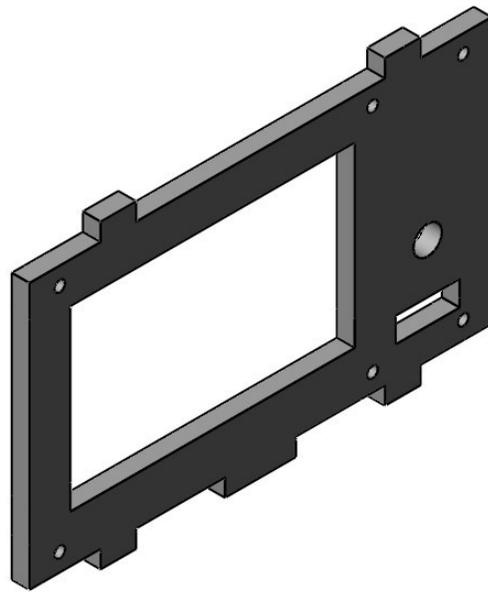
A

B

C

D

E



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Noor Ahwan		
CHK'D			
APPV'D			

TITLE:
Bok Depan

F	MFG		
	Q.A		

MATERIAL:
 Akrilik 5mm

DWG NO. **19**

A4

A

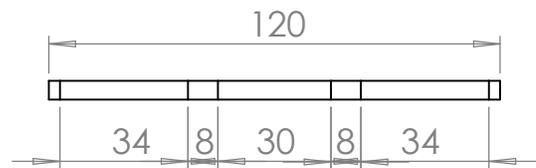
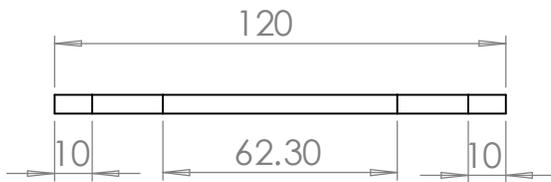
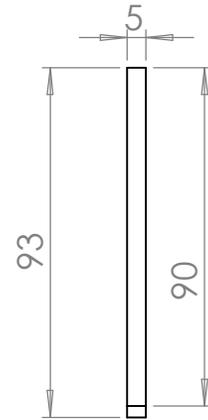
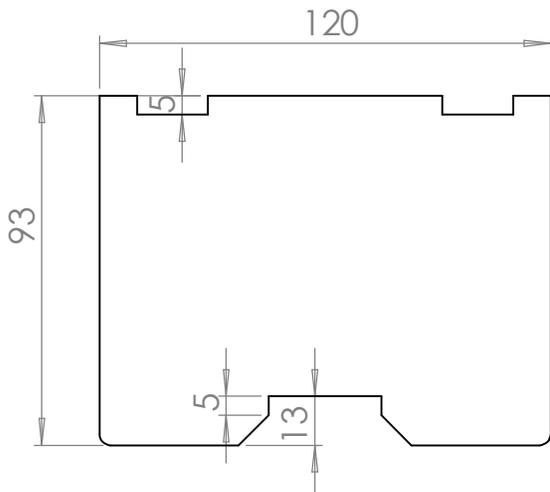
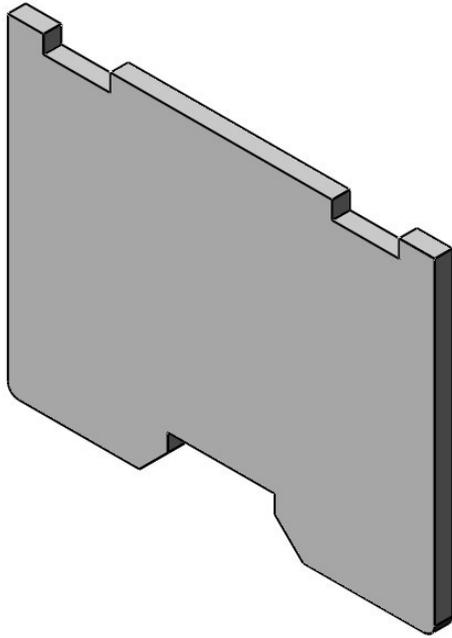
B

C

D

E

F



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Noor Ahwan				
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				Akrilik 5mm	

TITLE:		<h1>Bok Kiri</h1>	
DWG NO.			
20		A4	

