



Modul Pembelajaran Elektronika dan Mekatronika SMK

PENGOPERASIAN MOTOR SERVO

Oleh Muhtar Lutfi Anshori, S.Pd. (SMK Tunas Harapan Pati)

Disusun oleh guru-guru SMK yang telah melaksanakan
program magang industri di Jerman



Direktorat Pembinaan SMK
Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

2017

MODUL PENGOPERASIAN MOTOR SERVO
Untuk Sekolah Menengah Kejuruan
Edisi Tahun 2017



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN RI
DIREKTORAT JENDRAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

MODUL PENGOPERASIAN MOTOR SERVO

Untuk Sekolah Menengah Kejuruan

Copyright © 2017. Direktorat Pembinaan SMK

AllRights Reserved

Pengarah:

Drs. H. Mustaghfirin Amin, M.B.A.

Direktur Pembinaan SMK

Penanggung Jawab:

Arie Wibowo Khurniawan, S.Si. M.Ak.

Kasubdit Program dan Evaluasi Direktorat Pembinaan SMK

Ketua Tim:

Arfah Laidiah Razik, S.H., M.A.

Kasi Evaluasi, Subdit Program dan Evaluasi Direktorat Pembinaan SMK

Penyusun:

Muhtar Lutfi Anshori, S.Pd. (SMK Tunas Harapan Pati)

Desain dan Tata Letak:

Karin Faizah Tauristy, S.Ds.

ISBN : 978-602-50369-7-2

Penerbit:

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Gedung E, Lantai 13

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Salam Sejahtera,

Melalui Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 9 Tahun 2016 tentang Revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), dunia pendidikan khususnya SMK sangat terbantu karena akan terciptanya sinergi antar instansi dan lembaga terkait sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing dalam usaha mengangkat kualitas SMK. Kehadiran Buku Serial Revitalisasi SMK ini diharapkan dapat memudahkan penyebaran informasi bagaimana tentang Revitalisasi SMK yang baik dan benar kepada seluruh stakeholder sehingga bisa menghasilkan lulusan yang terampil, kreatif, inovatif, tangguh, dan sigap menghadapi tuntutan dunia global yang semakin pesat.

Buku Serial Revitalisasi SMK ini juga diharapkan dapat memberikan pelajaran yang berharga bagi para penyelenggara pendidikan Kejuruan, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan untuk mengembangkan pendidikan kejuruan yang semakin relevan dengan kebutuhan masyarakat yang senantiasa berubah dan berkembang sesuai tuntutan dunia usaha dan industri.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam menghasilkan manusia Indonesia yang terampil dan berkeahlian dalam bidang-bidang yang sesuai dengan kebutuhan.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang terus memberikan kontribusi dan dedikasinya untuk meningkatkan kualitas Sekolah Menengah Kejuruan. Buku ini diharapkan dapat menjadi media informasi terkait upaya peningkatan kualitas lulusan dan mutu Sumber Daya Manusia (SDM) di SMK yang harus dilakukan secara sistematis dan terukur.

Wassalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 2017

Kasubdit Program dan Evaluasi

Arie Wibowo Khurniawan, S.Si., M.Ak.

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan modul pembelajaran ini, dengan lancar beserta harapan modul ini dapat digunakan sebagai modul untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, khususnya Teknik Mekatronika.

Modul pembelajaran ini disusun untuk memenuhi persyaratan sebagai peserta program implementasi pembelajaran SMK melalui kurikulum industri di luar negeri yang menjadi program DITPSMK Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan RI. Dengan adanya modul ini diharapkan apa yang sudah dipelajari selama di luar negeri tepatnya di Perusahaan yang bergerak di bidang otomasi industri FESTO Germany, dapat diimplementasikan dan dipelajari di dunia pendidikan di tanah air khususnya di sekolah masing-masing. Modul ini disusun dengan menggunakan dasar kurikulum 2013 yang disesuaikan dengan kebutuhan dunia industri dan keadaan SMK yang bersangkutan.

Semoga dengan adanya modul pembelajaran ini siswa SMK khususnya Teknik Mekatronika dapat mengambil ilmu yang termuat dalam modul ini dan dapat dimanfaatkan dan diterapkan kelak di dunia industri.

Penyusun meyakini dalam penyusunan modul ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena modul ini merupakan dokumen yang hidup menyesuaikan kebutuhan dunia industri di masa mendatang maka dengan itu penyusun dengan lapang dada mengharapakan saran dan kritik yang membangun guna penyempurnaan modul ini di masa mendatang.

Akhirnya kepada Allah SWT jugalah penyusun memohon, semoga semua ini menjadi amal saleh bagi penyusun dan ilmu yang bermanfaat bagi yang membaca dan mempelajari ilmu yang terkandung didalamnya.

Stuttgart, 5 April 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI.....	i
KATA PENGANTAR PENULIS	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I - PENDAHULUAN.....	1
A. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar	1
B. Deskripsi	3
C. Waktu	3
D. Prasyarat.....	3
E. Petunjuk Penggunaan Modul	3
F. Tujuan Akhir.....	4
BAB II - PEMBELAJARAN.....	5
A. Rencana Belajar Siswa	5
B. Kegiatan Belajar.....	6
1. Kegiatan Belajar ke-1	6
2. Kegiatan Belajar ke-2	10
3. Kegiatan Belajar ke-3	22
4. Kegiatan Belajar ke-4	32
5. Kegiatan Belajar ke-5	41
PENUTUP	89
DAFTAR PUSTAKA.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sensor Proximity	6
Gambar 2. Rangkaian Dasar Optical Sensor.....	7
Gambar 3. Contoh Aplikasi Optical Sensor	8
Gambar 4. Tachometer Optic.....	11
Gambar 5. Tachometer Rotor Bergigi.....	12
Gambar 6. Photo Sensor	13
Gambar 7. Rotary encoder	14
Gambar 8. Absolute Rotary Encoder	15
Gambar 9. Pembacaan Absolute encoder	15
Gambar 10. Piringan dengan Grey Code	16
Gambar 11. Incremental encoder.....	17
Gambar 12. Blok diagram Incremental encoder	17
Gambar 13. Rangkaian enkoder	20
Gambar 14. Rangkaian Low Pass Filter	22
Gambar 15. Rangkaian High Pass Filter	23
Gambar 16. Rangkaian Band Pass Filter.	23
Gambar 17. Rangkaian Reject Filter	24
Gambar 18. Simbol dan Bentuk IC OP-Amp pada umumnya.	25
Gambar 19. Closed-loop Configuration dan Open-loop Configuration	26
Gambar 20. Rangkaian Dasar Frequency To Voltage Converter IC LM2917	27
Gambar 21. Rangkaian Frekuensi ke tegangan.....	31
Gambar 22. Motor D.C Sederhana.....	33
Gambar 23. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor.....	33
Gambar 24. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor.....	34
Gambar 25. Angker Dinamo	34

Gambar 26. Reaksi garis fluks.....	35
Gambar 27. Prinsip kerja motor Sc	36
Gambar 28. Pulsa pengaktifan motor servo.....	42
Gambar 29. Motor dengan encoder.....	43
Gambar 30. Motor dengan reservor	43
Gambar 31. kontroller tipe CMMS-AS-G2-S1	45

A. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1. Membangun kebiasaan bersyukur atas limpahan rahmat, karunia dan anugerah yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa. 1.2. Memilikisikap dan perilaku beriman bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa berakhlaq mulia, jujur, disiplin, sehat, berilmu, cakap, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang demokratis dan bertanggung jawab sesuai dengan bidang keilmuannya
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1. Menerapkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat, tekun; bertanggung jawab; terbuka; peduli, lingkungan) sebagai wujud implementasi proses pembelajaran bermakna dan terintegrasi, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang produktif, kreatif dan inovatif melalui penguatan sikap(tahu mengapa), ketrampilan (tahu bagaimana), dan pengetahuan(tahu apa)

	sesuai dengan jenjang pengetahuan yang dipelajari 2.2. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan 2.3. Memiliki sikap dan perilaku patuh pada tata tertib dan aturan yang berlaku dalam kehidupan sehari-hari selama di kelas dan lingkungan sekolah.
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1. Menjelaskan macam-macam komponen pneumatik dan cara kerjanya yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin. 3.2. Memahami peng-kondisian sinyal (<i>signal condition-ning</i>) pada input dan output dari system sensor 3.3. Memahami dasar-dasar sistem aktuator dan penggeraknya (<i>driver</i>).
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di	4.1. Menjelaskan macam-macam komponen pneumatik dan cara kerjanya yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin. 4.2. Merangkai rang-kaian peng-kondisian sinyal (<i>signal condition-ning</i>) dari system

bawah pengawasan langsung	sensor
	4.3. Merangkai beberapa rangkaian sistem aktuator dan penggeraknya (driver)

B. Deskripsi

Modul yang berjudul MODUL PENGOPERASIAN MOTOR SERVO ini terdiri dari 5 kegiatan pembelajaran yang disusun sedemikian rupa. Sehingga diharapkan akan dapat memberikan gambaran kepada peserta didik dalam mempelajari pelajaran sensor dan aktuator. Modul ini sangat penting nantinya saat siswa bekerja di dunia industri, karena didalam dunia industri saat ini terdapat mesin-mesin yang terpasang sensor dan aktuator terutama motor servo

Modul ini disusun sebagai bentuk implementasi kurikulum 2013 yang menitikberatkan pada pengimplementasian pembelajaran SMK melalui kurikulum industri di luar negeri untuk program studi Teknik Mekatronika. Kedudukan modul ini sebagai bahan pembelajaran pada mata pelajaran pneumatik dan hidrolik. Modul ini dipergunakan pada kelas XII semester 1 dan 2

Materi yang terkandung dalam modul ini memuat materi tentang mata pelajaran sensor dan aktuator, diantaranya sensor proximity, enkoder, motor DC dan motor Servo.

C. Waktu

Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menguasai kompetensi yang menjadi target belajar adalah 80 Jam Pembelajaran

D. Prasyarat

Kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari modul ini siswa sudah memiliki kemampuan dasar Pelajaran sensor dan aktuator kelas XI semester 1 dan 2 merupakan pelajaran yang tergabung dalam pelajaran C3 pada paket keahlian Teknik Mekatronika.

E. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini dapat digunakan siapa saja terutama siswa-siswa SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa, terutama untuk program studi keahlian Teknik Mekatronika yang ingin mempelajari dasar-dasar pengoperaisn motor servo.

Modul ini berisi 5 kegiatan pembelajaran yaitu:

1. Kegiatan Belajar 1 : Menentukan Piranti-piranti Sensor Proximity
2. Kegiatan Belajar 2 : Menentukan Piranti-piranti Pendeteksi Kecepatan Sudut
3. Kegiatan Belajar 3 : Pengkondisian sinyal
4. Kegiatan Belajar 4 : Perekaman kecepatan motor DC
5. Kegiatan Belajar 5 : Arsitektur sistem motor servo

Langkah-Langkah yang harus dilakukan dalam mempelajari modul ini antara lain:

1. Membaca dan mempelajari materi pembelajaran yang termuat dalam setiap kegiatan belajar dimulai secara urut dari Kegiatan belajar 1 sampai 5.
2. Mengerjakan Tugas yang termuat dalam lembar kerja siswa, Tugas -tugas yang ada merupakan kegiatan praktek dan bisa dikerjakan secara kelompok
3. Membuat laporan praktek setelah selesai mengerjakan tugas-tugas yang ada di dalam lembar kerja siswa
4. Mengerjakan Tes Formatif yang berisi pertanyaan-pertanyaan dari pembahasan teori maupun dari hasil praktek

F. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari seluruh kegiatan pada modul pembelajaran ini, siswa diharapkan mampu :

1. Memahami konsep dasar pneumatik
2. Menjelaskan fungsi sensor proximity
3. Menjelaskan prinsip kerja sensor proximity jenis optic.
4. Menjelaskan prinsip kerja tachometer
5. Menyebutkan jenis dan fungsi tachometer.
6. Membuat sensor proximity jenis optic yang diterapkan pada Tachometer.
7. Menjelaskan pengkodisian sinyal
8. Menyebutkan jenis-jenis filter pada pengkondisian sinyal
9. Membuat rangkai pengkondisian sinyal.
10. Menjelaskan Motor DC
11. Membuat rangkaian perekam kecepatan pada motor DC.
12. Menjelaskan arsitektur motor servo
13. Terbiasa dengan desain aman atau perakitan sistem motor servo.
14. Terbiasa dengan prinsip-prinsip dasar teknologi koneksi dan teknologi sirkuit dari sistem motor servo.

A. Rencana Belajar Siswa

Proses pembelajaran pada Kurikulum 2013 untuk semua jenjang dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan ilmiah (saintifik). Langkah- langkah pendekatan ilmiah (scientific appoach) dalam proses pembelajaran meliputi menggali informasi melaui pengamatan, bertanya, percobaan, kemudian mengolah data atau informasi, menyajikan data atau informasi, dilanjutkan dengan menganalisis, menalar, kemudian menyimpulkan, dan mencipta. Pada modul ini, seluruh materi yang ada pada setiap kompetensi dasar diupayakan sedapat mungkin diaplikasikan secara prosedural sesuai dengan pendekatan ilmiah.

Melalui modul ini, kalian akan mempelajari apa?, bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah sistem refrigerasi, instalasi dan aplikasinya. Langkah awal untuk mempelajari sistem dan instalasi refrigerasi adalah dengan melakukan pengamatan (observasi). Keterampilan melakukan pengamatan dan mencoba menemukan hubungan-hubungan yang diamati secara sistematis merupakan kegiatan pembelajaran yang sangat aktif, inovatif, kreatif dan menyenangkan. Dengan hasil pengamatan ini, berbagai pertanyaan lanjutan akan muncul. Nah, dengan melakukan penyelidikan lanjutan, kalian akan memperoleh pemahaman yang makin lengkap tentang masalah yang kita amati.

Modul sensor dan aktuator , digunakan untuk memenuhi kebutuhan minimal pembelajaran pada kelas XII, semester ganjil, mencakupi kompetensi dasar 3.7 dan 4.7.1 sampai dengan 3.8. dan 4.8, yang terbagi menjadi empat kegiatan belajar, yaitu (1) Menentukan Piranti-piranti Sensor Proximity, (2) Menentukan Piranti-piranti Pendeteksi Kecepatan Sudut (3)Pengkondisian sinyal, dan (5) Perekaman kecepatan motor DC

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar ke-1

Menentukan Piranti-piranti Sensor Proximity

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

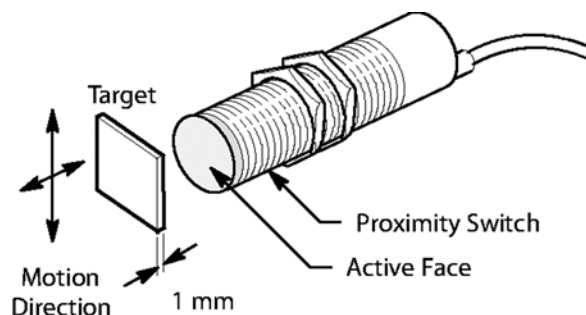
Setelah pembelajaran diharapkan peserta didik dapat:

1. Menjelaskan fungsi sensor proximity
2. Menjelaskan prinsip kerja sensor proximity jenis optic.

b. Uraian materi

1) Sensor Proximity

Ada dua cara dasar untuk mendeteksi dan melaporkan kehadiran suatu obyek pada suatu lokasi secara digital yaitu, contact & proximity. Detector kehadiran obyek melalui kontak menyiratkan bahwa ada kontak mekanikal langsung dan menghasilkan gaya tekan antara sensor dan obyek yang dideteksinya. Sedang detector kehadiran obyek secara proximity menunjukkan bahwa obyek yang dideteksi tidak mengalami kontak langsung dengan sensor tetapi hanya mendekati. Sesi berikut ini, membahas berbagai jenis sensor untuk mendeteksi kehadiran obyek yang banyak digunakan dalam aplikasi industrial control. Jenis sensor untuk mendeteksi dan melaporkan kehadiran obyek secara proximity digambarkan sebagai berikut.

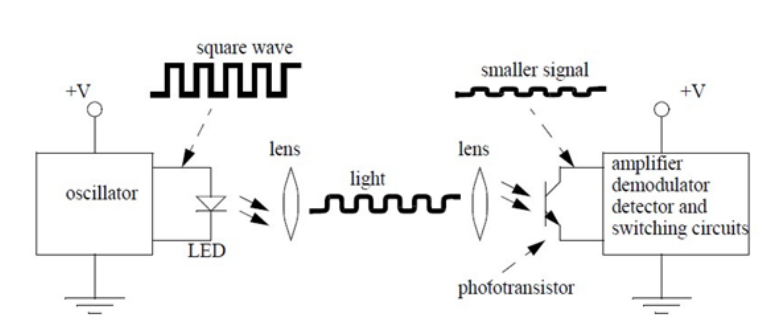


Gambar 1. Sensor Proximity

a) Sensor Optik

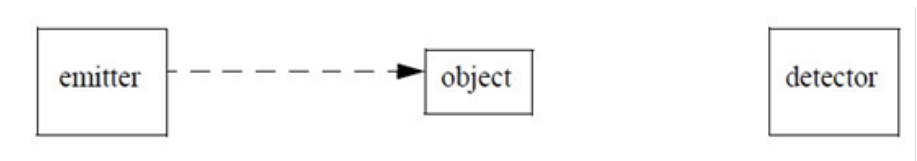
Light sensor telah sudah digunakan hampir satu abad, pada awalnya photocell digunakan untuk aplikasi khusus seperti pembacaan audio track pada gambar bergerak (motion picture). Tetapi di abad modern seperti saat ini sensor optik sensor semakin canggih. Sensor Optik memerlukan sumber cahaya (emitter) dan detector. Emitter akan menghasilkan cahaya (visible & invisible spectrum) menggunakan LED dan laser diode. Detector biasanya dibuat dari photodiode atau phototransistor. Emitter dan detector diposisikan sedemikian sehingga obyek yang dideteksi akan menghalangi (block) atau memantulkan (reflect) cahaya.

Cahaya dibangkitkan di sisi kiri, difokuskan melalui sebuah lensa. Pada sisi detector side cahaya difokuskan ke detector melalui lensa kedua. Jika cahaya terhalangi maka detector memperlihatkan adanya kehadiran suatu obyek. Gelombang cahaya yang berosilasi digunakan sehingga sensor dapat memfilter cahaya normal di dalam ruang. Cahaya dari emitter dihidupkan (turned on) dan dimatikan (off) dengan frekuensi tertentu. Ketika detector menerima cahaya akan diperiksa untuk memastikan apakah memiliki frekuensi yang sama. Jika cahaya yang diterima memiliki frekuensi yang sama berarti tidak ada obyek yang menghalanginya. Frekuensi osilasi cahaya berada dalam rentang kilo Hertz (kHz range). Penggunaan frekuensi tinggi ini agar sensor dapat digunakan dengan daya rendah dan jarak yang lebih panjang. Berikut gambar rangkaian dasar optical sensor.



Gambar 2. Rangkaian Dasar Optical Sensor

Sebuah emitter dapat di set up berhadapan langsung ke detector, cara ini disebut sebagai opposed mode. Jika cahaya terhalang maka keberadaan obyek akan terdeteksi. Sensor ini memerlukan dua komponen. Susunan tersebut bekerja dengan bagus pada jarak lebih dari tigapuluh meter. Berikut gambar aplikasi Optical sensor.



Gambar 3. Contoh Aplikasi Optical Sensor

Dengan susunan emitter dan detector terpisah, akan meningkatkan masalah pemeliharaannya, dan memerlukan kepresisian dalam pemasangan keduanya. Solusi yang dianjurkan adalah membuat emitter dan detector dalam satu unit rumah. Tetapi, hal ini memerlukan cahaya harus dapat dipantulkan dengan bagus.

c. Rangkuman

1. Sensor proximity berfungsi untuk mendeteksi satu object tanpa harus menyentuh sensor.
2. Sensor optic adalah salah satu jenis sensor proximity yang mana cara kerjanya adalah mendeteksi object dengan memanfaatkan pantulan dari sinar yang dipancarkan melalui LED atau infrared kemudian di terima kembali oleh foto dioda.

d. Tugas

Uraikan kembali prinsip operasi sensor proximity berbasis optikal. Untuk dapat memperjelas permasalahannya kalian perlu melakukan percobaan di laboratorium dan mencari informasi tambahan dari sumber informasi lain. Paparan yang harus kalian sampaikan harus meliputi apa?, bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah optical proximity sensor, instalasi dan aplikasinya. Jika telah selesai presentasikan di kelas.

e. Tes Formatif

1. Jelaskan yang di maksud dengan sensor proximity?

.....
.....

2. Jelaskan yang di maksud dengan sensor proximity jenis optic?

.....
.....

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. sensor proximity merupakan sebuah sensor yang mampu mendeteksi satu object tanpa harus menyentuh object tersebut
2. Sensor proximity jenis optik adalah sensor yang mampu mendeteksi objek dengan memanfaatkan pantulan cahaya yang dipancarkan ke objek melalui LED Atau Infrared kemudian hasil pantulan sinarnya diterima kembali oleh Photo dioda.

2. Kegiatan Belajar ke-2

Menentukan Piranti-piranti Pendeteksi Kecepatan Sudut

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah pembelajaran diharapkan peserta didik dapat:

1. Menjelaskan prinsip kerja tachometer
2. Menyebutkan jenis dan fungsi tachometer.
3. Membuat sensor proximity jenis optic yang diterapkan pada Tachometer.

b. Uraian materi

1) Tachometer

Sensor kecepatan sudut atau Angular velocity sensor, atau tachometer, adalah piranti yang dapat memberi output proportional terhadap angular velocity. Sensor ini banyak dijumpai pada aplikasi sistem kendali kecepatan motor. Dapat digunakan pula pada aplikasi kendali posisi untuk menaikkan unjuk kerjanya.

Velocity atau kecepatan dapat diartikan sebagai perubahan posisi setiap saat. Dapat dinyatakan secara matematik,

$$Velocity = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

Dimana:

$\Delta\theta$ = perubahan sudut

Δt = perubahan waktu

θ_2, θ_1 = posisi sampling

t_2, t_1 = waktu sampling

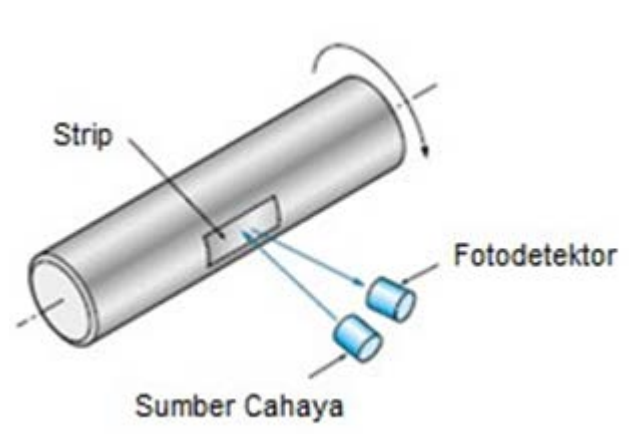
Karena komponen velocity adalah posisi dan waktu, maka mencari informasi velocity dari sample data dua posisi berurutan dimungkinkan, (bila kita tahu waktunya). Bila sistem telah memiliki sensor posisi, seperti

potentiometer, dengan menggunakan cara ini tidak diperlukan lagi tambahan (velocity) sensor.

2) Tachometer Optic

Tachometer optik (Optical tachometer), adalah piranti sederhana, yang dapat menentukan kecepatan putaran poros dalam satuan putaran per menit (rpm). Suatu contrasting stripe direkatkan pada poros. Sebuah photo sensor dipasang agar dapat mendeteksi stripe tersebut.

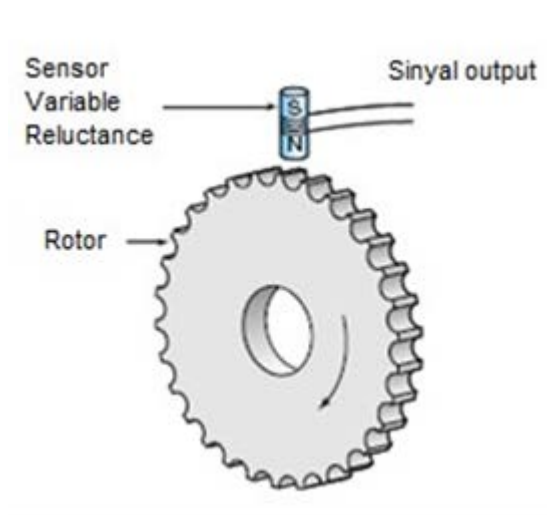
Sinyal yang diperoleh berbanding terbalik dengan rpm poros dan dapat diukur dengan mengguakan sirkit counter seperti pada enkoder optik. Sistem ini tidak dapat mendeteksi posisi atau arah putaran. Lebih jelasnya lihat gambar berikut.



Gambar 4. Tachometer Optic

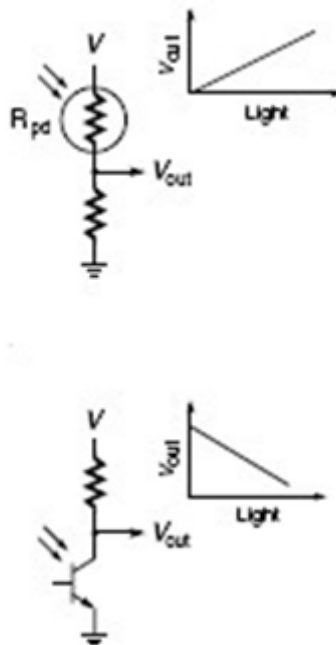
3) Tachometer Rotor Bergigi

Tachometer rotor bergigi (Toothed-rotor tachometer) terdiri dari sensor tetap dan berputar, gigi-gigi, piringan besi . Piringan bergigi (seperti gigi pada roda gigi) adalah bagian yang akan diukur, misalnya Sensor menghasilkan pulsa setiap gigi terdeteksi oleh sensor. Kecepatan sudut putar dari roda proportional terhadap frekuensi pulsa. Misalnya, jika giginya berjumlah 20 gigi, maka sensor akan mengirim 20 pulsa setiap putaran. Dengan demikian dengan membandingkan jumlah pulsa pada setiap satuan waktu dapat ditentukan jumlah putaran porosnya. Berikut merupakan gambar rachometer rotor bergigi.



Gambar 5. Tachometer Rotor Bergigi

Optical proximity sensor seringkali menggunakan reflector pada salah satu sisinya, yang memungkinkan detector dan sumber cahaya dikemas dalam satu kemasan. Dan juga, sumber cahaya dapat dimodulasi untuk memberikan sinar unik –signatureI sehingga detector dapat membedakan antara sinar sumber cahaya dan sinar alami.

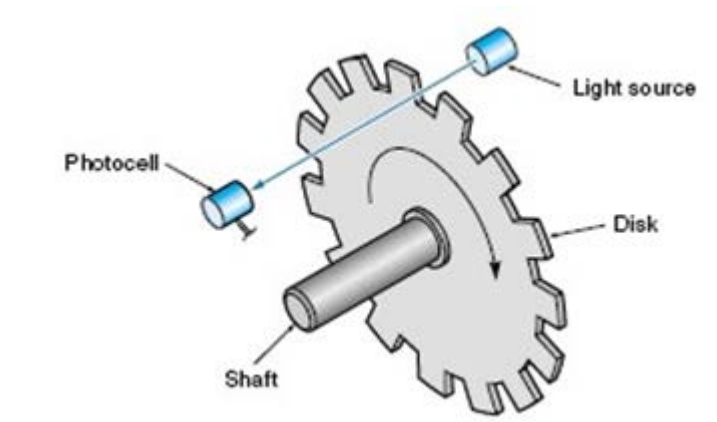


Gambar 6. Photo Sensor

Dua tipe photodetectors yang sering dipakai adalah photo resistor, dan photo transistors. Sebuah photo resistor, terbuat dari bahan cadmium sulfide (CdS), memiliki sifat nilai resistance turun jika kuat cahayanya naik.

4) Optical Rotary Encoder

Optical rotary encoder menghasilkan data posisi angular (angular position data) secara langsung dalam bentuk digital, sehingga tidak memerlukan piranti lain misalnya ADC converter. Prinsipkerjanya diperlihatkan dalam Gambar 2.4 yang memperlihatkan slotted disk yang terpasang pada statu poros. Suatu sumber cahaya dan sebuah photocell dipasang sedemikian sehingga slots akan melewati cahaya ketika piringannya berputar. Sudut perputaran poros didapat dari output photocell. Ada dua tipe optical rotary encoders, yaitu: absolute encoder dan the incremental encoder.

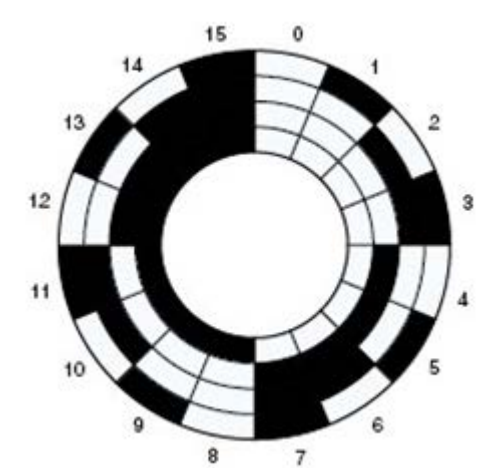


Gambar 7. Rotary encoder

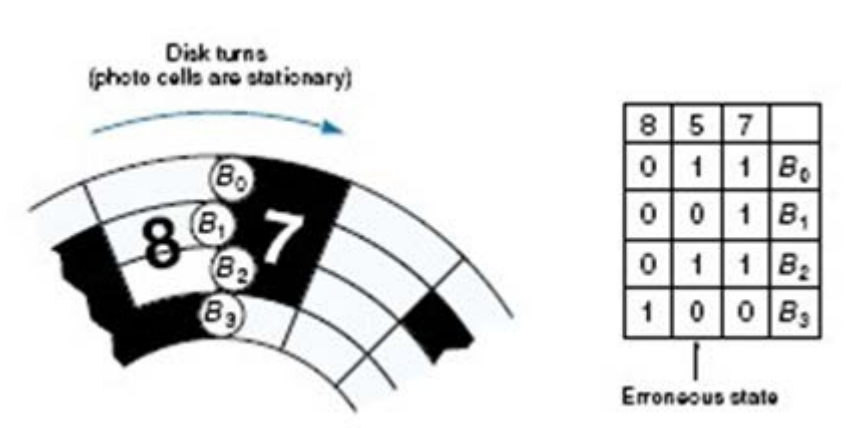
5) Absolute Optical Encoder

Absolute optical encoder menggunakan glass disk yang diberi tanda warna hitam mengikuti pola concentric track, kemudian cahaya yang berasal dari sinar lampu dikirim pada setiap lintasan atau track diarahkan ke photo sensor.

Setiap photo sensor dapat memberikan 1 bit ke output digital word. Encoder memberikan output 4-bit word dengan LSB dihitung dari track atau lintasan paling luar. Piringan gelas dibagi menjadi 16 sector, sehingga nilai resolusinya adalah $360^\circ/16 = 22.5^\circ$. Untuk menghasilkan resolusi yang lebih bagus, diperlukan tracks lebih banyak lagi. Misalnya, untuk 8 track (memberikan 256 state) jadi untuk 360 derajat diperoleh $360^\circ/256 = 1.4^\circ/\text{state}$, untuk 10 track (memberikan 1024 state) jadi untuk 360 derajat diperoleh $360^\circ/1024 = 0.35^\circ/\text{state}$. Lebih jelasnya lihat gambar berikut.



Gambar 8. Absolute Rotary Encoder



Gambar 9. Pembacaan Absolute encoder

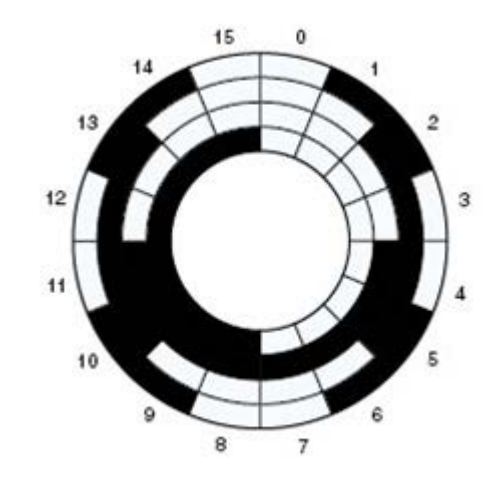
Kelebihan encoder ini adalah output dalam bentuk straightforward digital dan, seperti potensiometer, selalu memberikan posisi absolute. Hal ini sangat contrast dengan incremental encoder, yang hanya dapat memberikan relative position.

Kekurangan absolute encoder adalah relative lebih mahal karena memerlukan banyak photocells yang terpasang pada unitnya dan kelurusan pemasangan menjadi masalah yang serius, sehingga harus benar-benar presisi pemasangannya.

Bila absolute optical encoder tidak tepat pemasangannya, dapat memberikan data salah sewaktu-waktu dan hal ini akan terjadi bila lebih dari satu 1 bit berubah pada saat bersamaan, katakanlah, dari sector 7 (0111) ke 8 (1000). Dalam gambar tersebut, photo sensor tidak berada pada posisi lurus. Sehingga dalam kondisi tersebut sensor B1 tidak lurus dan merubah status dari logika 1 ke 0 sebelum yang lainnya berubah (B0, B2, dan B3). Hal ini akan memberikan data salah pada output 5 (0101).

jika computer memerlukan data pada saat transisi ini, maka akan diperoleh jawaban yang salah. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan Grey code pada piringannya sebagai pengganti straight binary code . Dengan Grey code, hanya 1 bit yang berubah setiap perubahan dua sector.

Jika photocell keluar dari posisinya, hal terburuk yang terjadi misalnya output aktif mendahului atau terlambat. Maka error, tidak pernah melebihi nilai 1 LSB. Lebih jelasnya lihat pada gambar berikut.

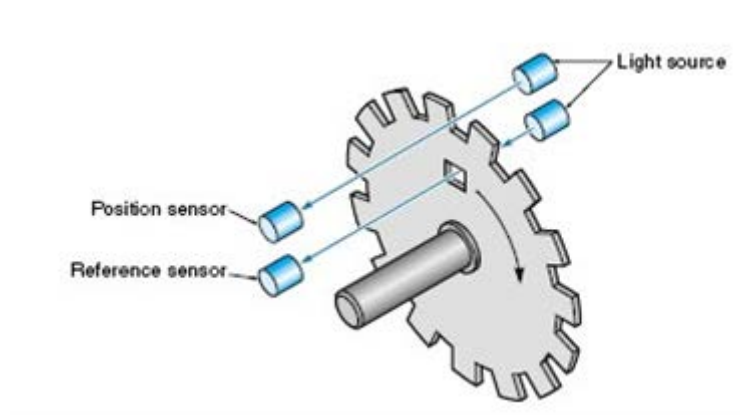


Gambar 10. Piringan dengan Grey Code

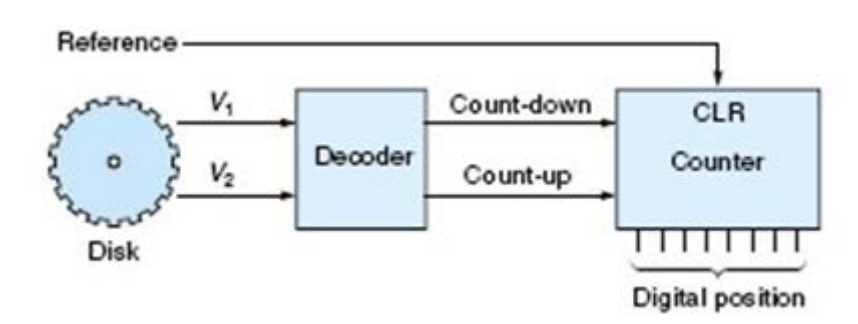
6) Incremental Optical Encoder

Incremental optical encoder hanya memiliki satu lintasan. Posisi ditentukan oleh pencacahan jumlah slot yang dilakukan oleh photo sensor, di mana setiap slot mewakili posisi sudut.

Sistem ini memerlukan titik acuan (initial reference point), yang dapat berasal dari sensor kedua yang terletak pada lintasan dalam atau berasal dari mechanical stop atau limit switch. Dalam banyak aplikasi, poros yang dideteksi dapat melakukan siklus dalam arah bolak-balik, dan berhenti pada sembarang sudut. Untuk mempertahankan posisi lintasan (track), piranti kontrol (controller) harus mengetahui arah putar piringannya dan jumlah slot yang sudah terdeteksi.



Gambar 11. Incremental encoder



Gambar 12. Blok diagram Incremental encoder

c. Rangkuman

1. Sensor kecepatan sudut atau tachometer, adalah piranti yang dapat memberi output proportional terhadap angular velocity. Tacometer diaplikasikan pada sistem kendali kecepatan motor dan digunakan pula pada aplikasi kendali posisi untuk menaikkan unjuk kerjanya.
2. Tachometer optik (Optical tachometer), adalah piranti sederhana, yang dapat menentukan kecepatan putaran poros dalam satuan putaran per menit (rpm).
3. Tachometer rotor bergigi (Toothed-rotor tachometer) terdiri dari sensor tetap dan berputar, gigi-gigi, piringan besi. Piringan bergigi (seperti gigi pada roda gigi) adalah bagian yang akan diukur, misalnya Sensor menghasilkan pulsa setiap gigi terdeteksi oleh sensor.
4. Absolute optical encoder menggunakan glass disk yang diberi tanda warna hitam mengikuti pola concentric track kemudian cahaya yang berasal dari sinar lampu dikirim pada setiap lintasan atau track diarahkan ke photo sensor.
5. Incremental optical encoder hanya memiliki satu lintasan. Posisi ditentukan oleh pencacahan jumlah slot yang dilakukan oleh photo sensor, di mana setiap slot mewakili posisi sudut.

d. Tugas

Uraikan kembali prinsip operasi sensor kecepatan sudut berbasis encoder. Untuk dapat memperjelas permasalahannya kalian perlu melakukan percoaan di laboratorium dan mencari informasi tambahan dari sumber informasi lain. Paparan yang harus kalian sampaikan harus meliputi apa?, bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah encoder, instalasi dan aplikasinya. Jika telah selesai presentasikan di kelas.

e. Tes Formatif

1. Jelaskan prinsip kerja tachometer.

.....
.....

2. Sebutkan jenis dan fungsi tachometer.

.....
.....

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. Sensor kecepatan sudut atau tachometer, adalah piranti yang dapat memberi output proportional terhadap angular velocity. Tacometer diaplikasikan pada sistem kendali kecepatan motor dan digunakan pula pada aplikasi kendali posisi untuk menaikkan unjuk kerjanya.
2. Tachometer optik (Optical tachometer), adalah piranti sederhana, yang dapat menentukan kecepatan putaran poros dalam satuan putaran per menit (rpm).
3. Tachometer rotor bergigi (Toothed-rotor tachometer) terdiri dari sensor tetap dan berputar, gigi-gigi, piringan besi. Piringan bergigi (seperti gigi pada roda gigi) adalah bagian yang akan diukur, misalnya Sensor menghasilkan pulsa setiap gigi terdeteksi oleh sensor.
4. Absolute optical encoder menggunakan glass disk yang diberi tanda warna hitam mengikuti pola concentric track kemudian cahaya yang berasal dari sinar lampu dikirim pada setiap lintasan atau track diarahkan ke photo sensor.
5. Incremental optical encoder hanya memiliki satu lintasan. Posisi ditentukan oleh pencacahan jumlah slot yang dilakukan

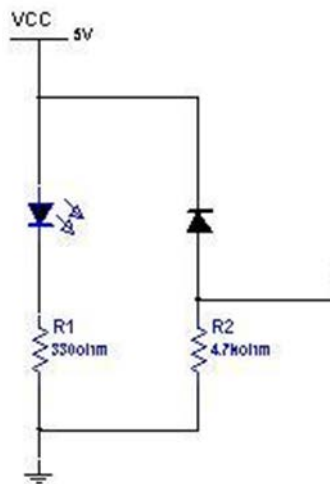
g. Lembar Kerja

1) Membuat Rangkaian enkoder sederhana.

a) Alat dan Bahan

- Resistor 330 Ohm 1 buah
- Resistor 47K Ohm 1 buah
- Solder 1 buah
- Timah 1 meter
- Photo dioda 1 buah
- Infrared 1 buah

b) Gambar Rangkaian



Gambar 13. Rangkaian enkoder

c) Langkah kerja

- Siapkan semua alat dan bahan
- Rangkai rangkaian enkoder ke PCB
- Uji coba rangkaian dengan memberikan sumber tegangan ke rangkaian.

- Berapa tegangan output rangkaian saat Photo dioda tertutup?.....volt.
- Berapa tegangan output rangkaian saat Photo dioda terbuka?.....volt.

3. Kegiatan Belajar ke-3

Pengkondisian sinyal

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah pembelajaran diharapkan peserta didik dapat:

1. Menjelaskan pengkodisian sinyal
2. Menyebutkan jenis-jenis filter pada pengkondisian sinyal
3. Membuat rangkai pengkondisian sinyal.

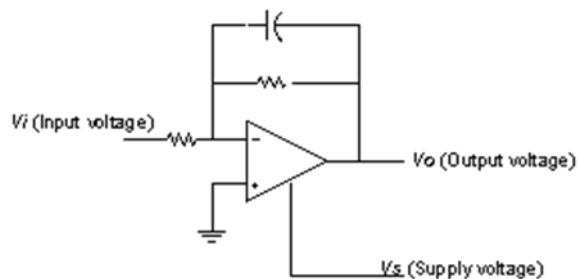
b. Uraian materi

1) Pengkondisian sinyal

Keluaran Sinyal dari transduser umumnya masih tercampur dengan noise atau sinyal-sinyal lain yang bukan bersumber dari objek yang diukur (parasitic signal). Bila dibiarkan, hal ini jelas akan menimbulkan penyimpangan terhadap output data yang dihasilkan sehingga diperlukanlah sebuah filter yang dapat menghilangkan sinyal-sinyal parasit tersebut agar tidak tercampur dengan sinyal data yang diamati. Tipe-tipe dari filter yang umum digunakan diantaranya adalah:

a) Low Pass Filter

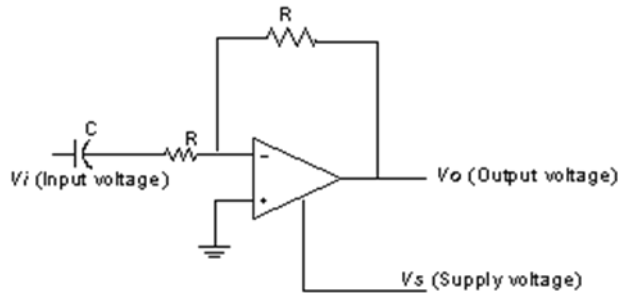
Filter ini berfungsi untuk menghilangkan tegangan/amplitudo yang melebihi dari batas toleransi yang dibuat, sehingga sinyal-sinyal lain yang tidak diharapkan seperti noise dapat dihilangkan. Rangkaian elektronik sederhana low pass filter dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 14. Rangkaian Low Pass Filter

b) High-Pass Filter

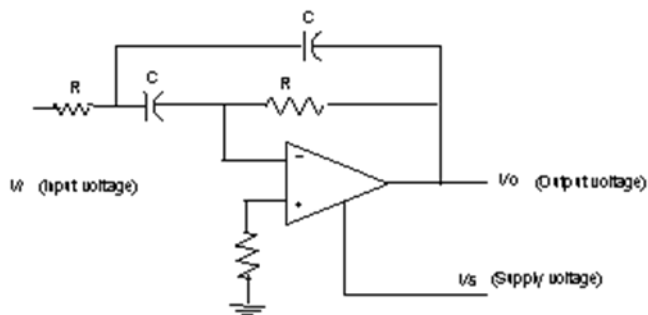
Filter ini berfungsi untuk menghilangkan tegangan/amplitudo yang kurang dari batas toleransi yang dibuat lihat gambar berikut



Gambar 15. Rangkaian High Pass Filter

c) Band-Pass Filter

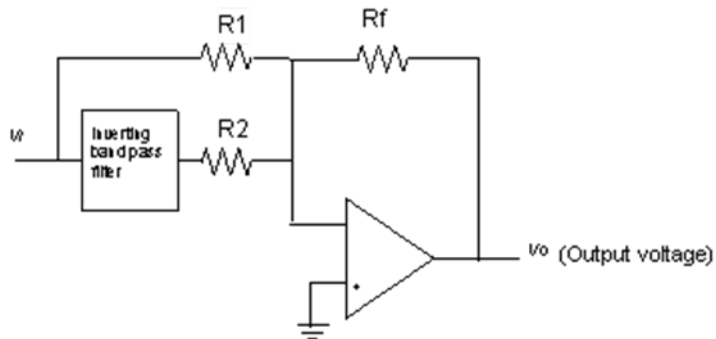
Filter ini berfungsi untuk menghilangkan tegangan/amplitudo yang kurang atau melebihi dari batas toleransi yang dibuat (membatasi sinyal input pada range tegangan/amplitudo tertentu).



Gambar 16. Rangkaian Band Pass Filter.

d) Reject Filter

Band reject filter atau disebut juga sebagai band stop filter adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menahan sinyal dengan range frekuensi diatas frekuensi batas bawah (f_L) dan dibawah range frekuensi batas atas (f_H). Dan akan melewatkan sinyal dengan range frekuensi diluar range frekuensi batas bawah (f_L) dan frekuensi batas atas (f_H).



Gambar 17. Rangkaian Reject Filter

2) IC Op-Amp

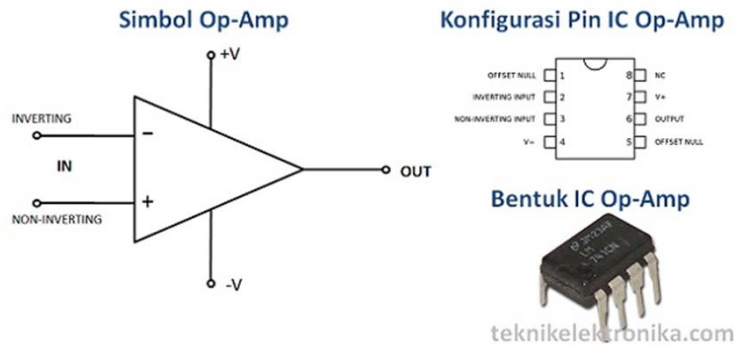
Operational Amplifier atau lebih dikenal dengan istilah Op-Amp adalah salah satu dari bentuk IC Linear yang berfungsi sebagai Penguat Sinyal listrik. Sebuah Op-Amp terdiri dari beberapa Transistor, Dioda, Resistor dan Kapasitor yang terinterkoneksi dan terintegrasi sehingga memungkinkannya untuk menghasilkan Gain (penguatan) yang tinggi pada rentang frekuensi yang luas. Dalam bahasa Indonesia, Op-Amp atau Operational Amplifier sering disebut juga dengan Penguat Operasional.

Op-Amp umumnya dikemas dalam bentuk IC, sebuah IC Op-Amp dapat terdiri dari hanya 1 (satu) rangkaian Op-Amp atau bisa juga terdiri dari beberapa rangkaian Op-Amp. Jumlah rangkaian Op-Amp dalam satu kemasan IC dapat dibedakan menjadi Single Op-Amp, dual Op-Amp dan Quad Op-Amp. Ada juga IC yang didalamnya terdapat rangkaian Op-Amp disamping rangkaian utama lainnya.

Sebuah rangkaian Op-Amp memiliki dua input (masukan) yaitu satu Input Inverting dan satu Input Non-inverting serta memiliki satu Output (keluaran). Sebuah Op-Amp juga memiliki dua koneksi catu daya yaitu satu untuk catu daya positif dan satu lagi untuk catu daya negatif. Bentuk Simbol Op-Amp adalah Segitiga dengan garis-garis Input, Output dan Catu dayanya seperti pada gambar berikut.

a) Bentuk dan Simbol IC Op-Amp

Berikut dibawah ini adalah Simbol dan bentuk IC Op-Amp pada umumnya.



Gambar 18. Simbol dan Bentuk IC OP-Amp pada umumnya.

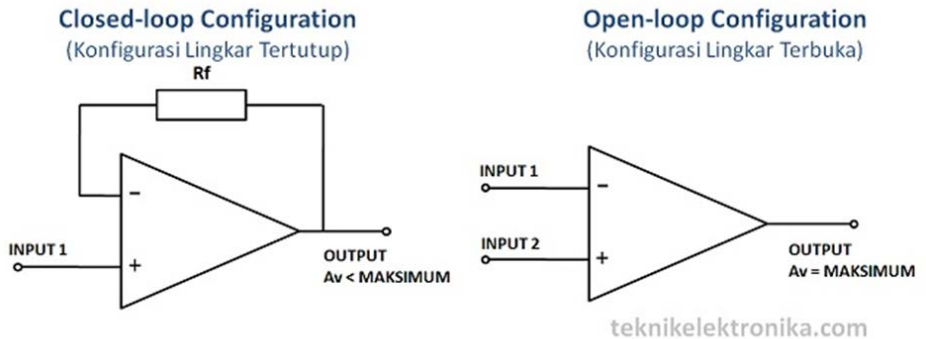
Terminal yang terdapat pada simbol Op-Amp (Operational Amplifier/penguat operasional) diantaranya adalah :

- Masukan non-pembalik (Non-Inverting) +
- Masukan pembalik (Inverting) -
- Keluaran Vout
- Catu daya positif +V
- Catu daya negatif -V

b) Karakteristik Op-Amp (Operational Amplifier)

Karakteristik Faktor Penguat atau Gain pada Op-Amp pada umumnya ditentukan oleh Resistor Eksternal yang terhubung diantara Output dan Input pembalik (Inverting Input). Konfigurasi dengan umpan balik negatif (Negative Feedback) ini biasanya disebut dengan Closed-Loop configuration atau Konfigurasi Lingkaran Tertutup. Umpan balik negatif ini akan menyebabkan penguatan atau gain menjadi berkurang dan menghasilkan penguatan yang dapat diukur serta dapat dikendalikan. Tujuan pengurangan Gain dari Op-Amp ini adalah untuk menghindari terjadinya Noise yang berlebihan dan juga untuk menghindari respon yang tidak diinginkan. Sedangkan pada Konfigurasi Lingkaran Terbuka atau Open-Loop

Configuration, besar penguatannya adalah tak terhingga (∞) sehingga besarnya tegangan output hampir atau mendekati tegangan V_{cc} .



Gambar 19. Closed-loop Configuration dan Open-loop Configuration

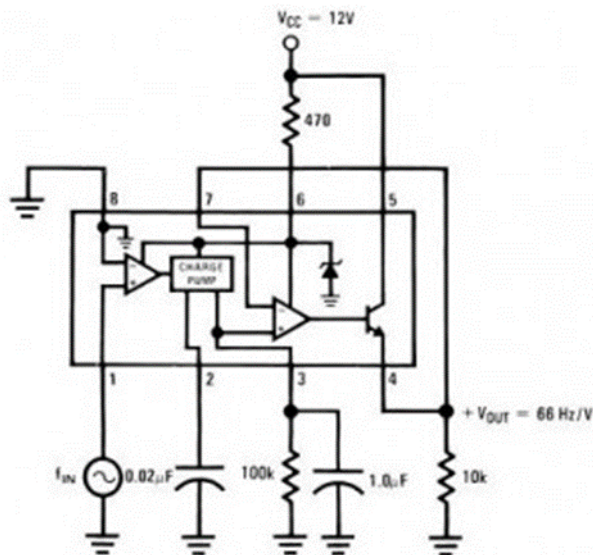
Secara umum, Operational Amplifier (Op-Amp) yang ideal memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Penguatan Tegangan Open-loop atau $A_v = \infty$ (tak terhingga)
- Tegangan Offset Keluaran (Output Offset Voltage) atau $V_{oo} = 0$ (nol)
- Impedansi Masukan (Input Impedance) atau $Z_{in} = \infty$ (tak terhingga)
- Impedansi Output (Output Impedance) atau $Z_{out} = 0$ (nol)
- Lebar Pita (Bandwidth) atau $BW = \infty$ (tak terhingga)
- Karakteristik tidak berubah dengan suhu

Pada dasarnya, kondisi Op-Amp ideal hanya merupakan teoritis dan hampir tidak mungkin dicapai dalam kondisi praktis. Namun produsen perangkat Op-Amp selalu berusaha untuk memproduksi Op-Amp yang mendekati kondisi idealnya ini. Oleh karena itu, sebuah Op-Amp yang baik adalah Op-Amp yang memiliki karakteristik yang hampir mendekati kondisi Op-Amp Ideal.

3) IC LM2917

IC LM2917 merupakan chip IC yang di desain khusus sebagai Frequency to Voltage Converter atau pengubah Frekuensi menjadi Tegangan. Dalam penggunaanya untuk aplikasi Frequency to Voltage Converter IC LM2917 ini memerlukan sedikit komponen eksternal. Ada beberapa contoh aplikasi Frequency to Voltage Converter dari IC LM2917 ini yang disertakan dalam datahseet IC LM2917 tersebut. Dalam artikel ini rangkaian Frequency to Voltage Converter diambil juga dari datasheet IC LM2917. Kelebihan dari single chip Frequency to Voltage Converter LM2917 ini adalah mampu memberikan output 0 volt seketika pada waktu frekuensi berubah 0 Hz. Sangat mudah diaplikasikan dalam pengukuran frekuensi dengan rumusan output single chip Frequency to Voltage Converter ini $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$. Kemudian single chip Frequency to Voltage Converter LM2917 ini hanya membutuhkan konfigurasi RC saja dalam doubling frequency. Dan memiliki zener regulator internal untuk menghasilkan akurasi dan stabilitas dalam proses konversi frekuensi ke tegangan.



Gambar 20. Rangkaian Dasar Frequency To Voltage Converter IC LM2917

a) Aplikasi IC LM2917

- Frequency to Voltage Converter
- Aplikasi sensor kecepatan putaran
- Speedometer
- Tachometer

Dan aplikasi-aplikasi lain yang berhubungan dengan pengukuran kecepatan putaran atau pengukuran frekuensi.

c. Rangkuman

1. Pengkondisian sinyal berfungsi untuk memperbaiki keluaran sinyal dari transduser yang masih tercampur dengan noise atau sinyal-sinyal lain yang bukan bersumber dari objek yang diukur (parasitic signal).
2. Low Pass Filter berfungsi untuk menghilangkan tegangan/amplitudo yang melebihi dari batas toleransi yang dibuat, sehingga sinyal-sinyal lain yang tidak diharapkan seperti noise dapat dihilangkan.
3. High-Pass Filter ini berfungsi untuk menghilangkan tegangan/amplitudo yang kurang dari batas toleransi yang dibuat
4. Band-Pass Filter ini berfungsi untuk menghilangkan tegangan/amplitudo yang kurang atau melebihi dari batas toleransi yang dibuat (membatasi sinyal input pada range tegangan/amplitudo tertentu).
5. Band reject filter atau disebut juga sebagai band stop filter adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menahan sinyal dengan range frekuensi diatas frekuensi batas bawah (f_L) dan dibawah range frekuensi batas atas (f_H).
6. IC OP-AMP merupakan IC yang berfungsi sebagai penguat dan pembanding.
7. IC LM2917 merupakan chip IC yang di desain khusus sebagai Frequency to Voltage Converter atau pengubah Frekuensi menjadi Tegangan.

d. Tugas

Uraikan kembali tentang pengkondisian sinyal. Untuk dapat memperjelas permasalahannya kalian perlu melakukan percobaan di laboratorium dan mencari informasi tambahan dari sumber informasi lain. Paparan yang harus kalian sampaikan harus meliputi apa?, bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah pengkondisian sinyal, instalasi dan aplikasinya. Jika telah selesai presentasikan di kelas.

e. Tes Formatif

1. Menjelaskan fungsi pengkodisian sinyal!

.....
.....

2. Sebutkan jenis-jenis filter pada pengkondisian sinyal!

.....
.....

3. Jelaskan fungsi IC OP-AMP!

.....
.....

4. Jelaskan fungsi IC LM2917!

.....
.....

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. Pengkondisian sinyal berfungsi untuk memperbaiki keluaran sinyal dari transduser yang masih tercampur dengan noise atau sinyal-sinyal lain yang bukan bersumber dari objek yang diukur (parasitic signal).
2. Low Pass filter, Hight Pass Filter, Band Pass Filter, dan Band Reject Filter.

3. IC OP-AMP merupakan IC yang berfungsi sebagai penguat dan pembanding.
4. IC LM2917 merupakan chip IC yang di desain khusus sebagai Frequency to Voltage Converter atau pengubah Frekuensi menjadi Tegangan.

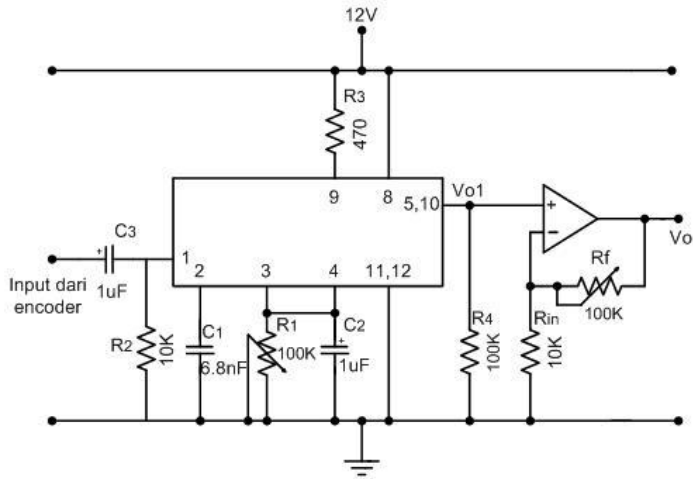
g. Lembar Kerja 3

1) Membuat Rangkaian konversi Frekuensi ke tegangan (Volt)

a) Alat dan Bahan

- IC LM2917	1 buah
- IC OP-AMP	1 buah
- Resistor 470 Ohm	1 buah
- Resistor 100 K Ohm	1 buah
- Resistor 10 K	2 buah
- Potensio/trimpot 100K Ohm	2 buah
- Kapasitor 1uF	2 buah
- Kapasitor 6.8nF	1 buah
- PCB Lubang	1 buah
- Solder	1 buah
- Timah	1 meter

b) Gambar Rangkaian



Gambar 21. Rangkaian Frekuensi ke tegangan

c) Langkah kerja

- Siapkan semua alat dan bahan
- Rangkai rangkaian frekuensi - tegangan ke PCB
- Hubungkan rangkaian encoder (pada lembar kerja sebelumnya) ke rangkaian frekuensi konverter.
- Uji coba rangkaian dengan memberikan sumber tegangan ke rangkaian.
- Lakukan pengukuran tegangan pada output rangkaian frekuensi konverter. Berapa tegangan yang terukur?.....volt.

4. Kegiatan Belajar ke-4

Perekaman kecepatan motor DC

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah pembelajaran diharapkan peserta didik dapat:

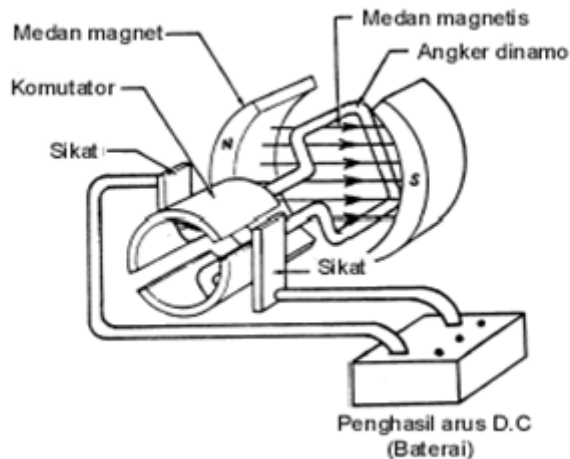
1. Menjelaskan Motor DC
2. Membuat rangkaian perekam kecepatan pada motor DC.

b. Uraian materi

1) Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadang kala disebut "kuda kerja" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

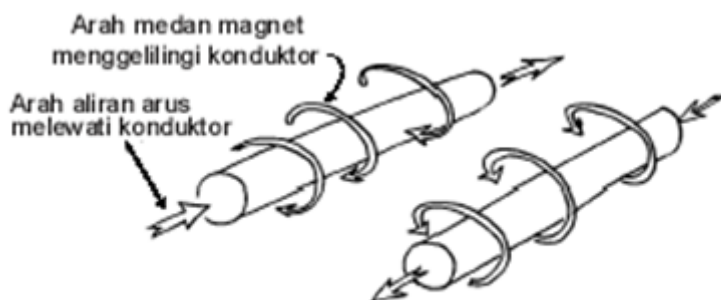


Gambar 22. Motor D.C Sederhana

Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

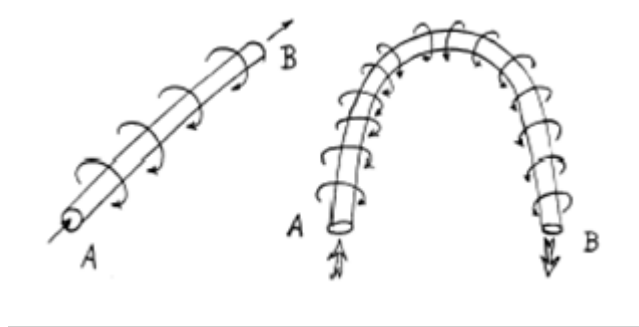
a) Prinsip Dasar

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



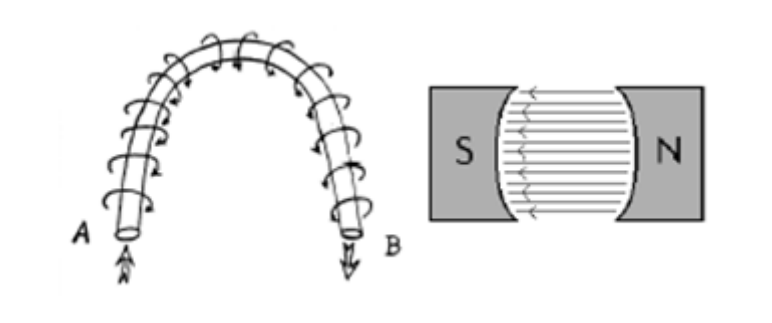
Gambar 23. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U lihat gambar berikut.



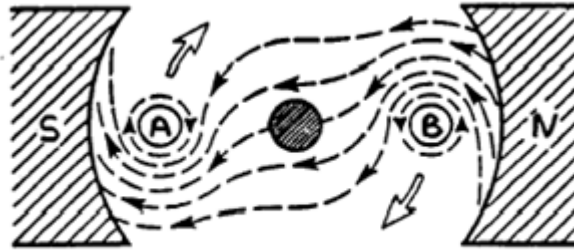
Gambar 24. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor.

Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut angker dinamo.



Gambar 25. Angker Dinamo

Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. Lihat gambar berikut.



Gambar 26. Reaksi garis fluks.

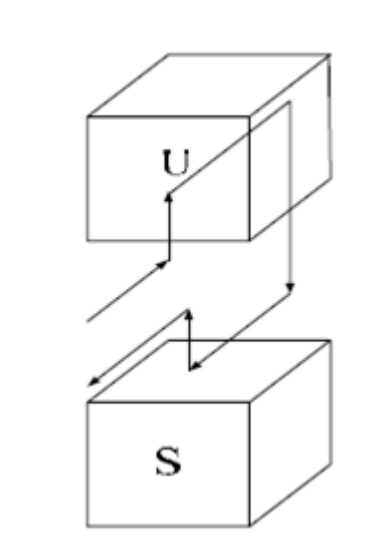
Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (looped conductor). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B.

Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran / loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar / torque untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Pada motor DC, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet tersebut selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 27. Prinsip kerja motor Sc

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban dalam hal ini mengacu kepada keluaran tenaga putar / torque sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok :

1. Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torquanya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torque konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
2. Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel torque adalah pompa sentrifugal dan fan (torque bervariasi sebagai kuadrat kecepatan).
3. Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

b) Prinsip Arah Putaran Motor

Untuk menentukan arah putaran motor digunakan kaedah Fleming tangan kiri. Kutub-kutub magnet akan menghasilkan medan magnet dengan arah dari kutub utara ke kutub selatan. Jika medan magnet memotong sebuah kawat penghantar yang dialiri arus searah dengan empat jari, maka akan timbul gerak searah ibu jari. Gaya ini disebut gaya Lorentz, yang besarnya sama dengan F .

Prinsip motor : aliran arus di dalam penghantar yang berada di dalam pengaruh medan magnet akan menghasilkan gerakan. Besarnya gaya pada penghantar akan bertambah besar jika arus yang melalui penghantar bertambah besar.

Contoh : Sebuah motor DC mempunyai kerapatan medan magnet 0,8 T. Di bawah pengaruh medan magnet terdapat 400 kawat penghantar dengan arus 10A. Jika panjang penghantar seluruhnya 150 mm, tentukan gaya yang ada pada armature.

Jawab :

$$F = B \cdot I \cdot \ell \cdot z = 0,8 \text{ (Vs/m}^2\text{)} \cdot 10\text{A} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 400$$

$$= 480 \text{ (Vs.A/m)}$$

$$= 480 \text{ (Ws/m)} = 480 \text{ N.}$$

c. Rangkuman

1. Motor DC adalah motor yang memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik.
2. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar).
3. Jenis-jenis beban pada motor: 1) Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torquency tidak bervariasi, 2) Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi, 3) Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan.

d. Tugas

Uraikan kembali tentang motor DC. Untuk dapat memperjelas permasalahannya kalian perlu melakukan percoaan di laboratorium dan mencari informasi tambahan dari sumber informasi lain. Paparan yang harus kalian sampaikan harus meliputi apa?, bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah motor DC, instalasi dan aplikasinya. Jika telah selesai presentasikan di kelas.

e. Tes Formatif

1. Jelaskan pengertian motor DC!

.....
.....

2. Jelaskan bagian-bagian motor DC!

.....
.....

3. Jelaskan prinsip kerja motor DC!

.....
.....

4. Sebutkan jenis-jenis beban pada motor!

.....
.....

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. Motor DC adalah motor yang memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik.
2. Stator: bagian yang tidak berputar, rotor: bagian yang berputar , komutator: membalik arus, sikat: penghubung arus listrik ke komutator.
3. Jenis-jenis beban pada motor: 1) Beban torque konstan adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torquency tidak bervariasi, 2) Beban dengan variabel torque adalah beban dengan torque yang bervariasi dengan kecepatan operasi, 3) Beban dengan energi konstan adalah beban dengan permintaan torque yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan.

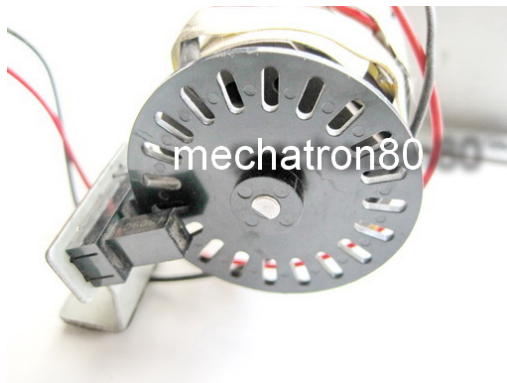
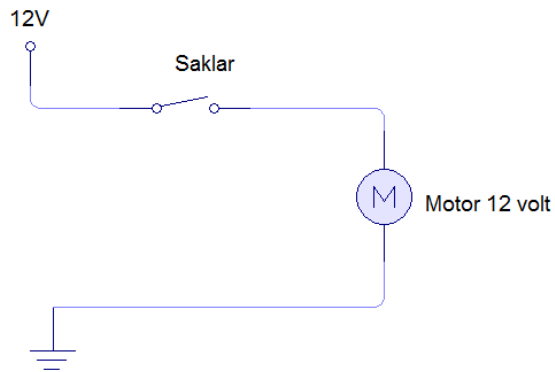
g. Lembar Kerja 4

1) Membuat Rangkaian konversi kecepatan putar (rpm) ke tegangan (Volt)

a) Alat dan Bahan

- | | |
|---------------------------|--------|
| - Rangkaian enkoder | 1 set |
| - Rangkaian Konverter | 1 set |
| - Motor DC 12Volt DC | 1 buah |
| - Power Supply 12 Volt DC | 1 Unit |
| - Power Supply 5 Volt DC | 1 Unit |
| - Multimeter | 1 buah |

b) Gambar Rangkaian



c) Langkah kerja

- Siapkan semua alat dan bahan
- Rangkai rangkaian frekuensi - tegangan ke PCB
- Hubungkan rangkaian encoder (pada lembar kerja sebelumnya) ke rangkaian frekuensi konverter.
- Uji coba rangkaian dengan memberikan sumber tegangan ke rangkaian.
- Lakukan pengukuran tegangan pada output rangkaian frekuensi konverter. Berapa tegangan yang terukur?.....volt.

5. Kegiatan Belajar ke-5

Arsitektur sistem motor servo

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

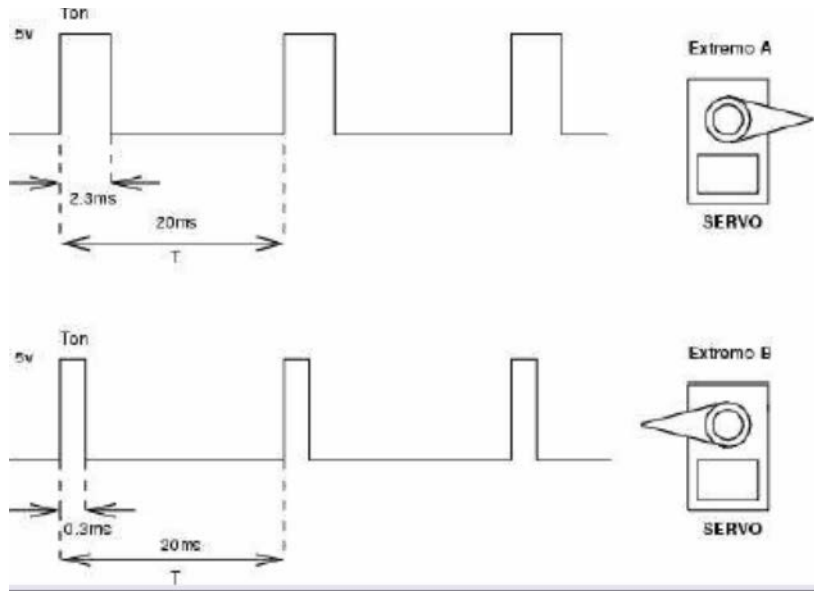
Setelah pembelajaran diharapkan peserta didik dapat:

1. Menjelaskan arsitektur motor servo
2. Terbiasa dengan desain aman atau perakitan sistem motor servo.
3. Terbiasa dengan prinsip-prinsip dasar teknologi koneksi dan teknologi sirkuit dari sistem motor servo.

b. Uraian materi

1) Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.



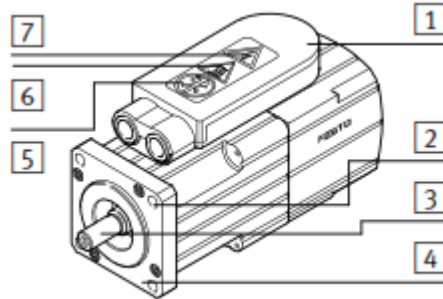
Gambar 28. Pulsa pengaktifan motor servo

Tampak pada gambar dengan pulsa 2.3ms pada periode selebar 20ms maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi kanan atau searah dengan jarum jam. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.

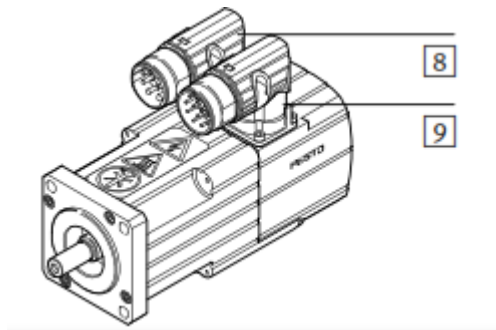
Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

a) Motor servo festo

Berikut merupakan bagian-bagian koneksi motor servo dengan enkoder untuk motor servo tipe EMMS-AS-S5-S



Gambar 29. Motor dengan encoder



Gambar 30. Motor dengan reservoir

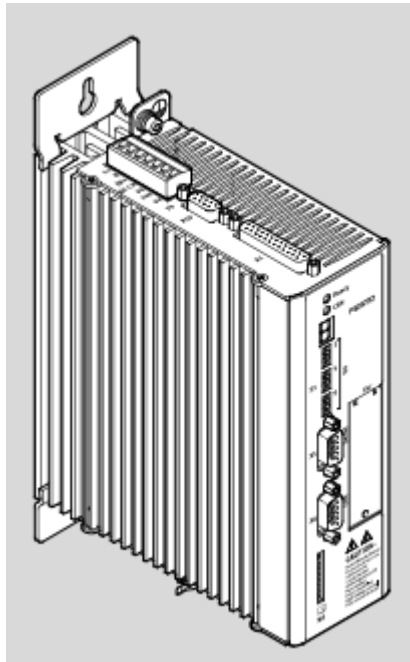
Keterangan:

1. Terminal box dengan port penghubung kabel:
 - Motor(hitam)
 - sensor suhu/gagang pengunci(warna biru)
 - Encoder (warna kuning)
 - controller (warna merah)

2. Lubang unting Mounting
3. Shaft/puli
4. Motor Lange
5. Catatan: Mekanis penyetopan yang tidak diijinkan
6. Peringatan- panas
7. peringatan –bahaya tegangan listrik
8. port untuk menghubungkan kabel:
 - Motor
 - gagang pengunci
 - Sensor pengunci
9. port untuk menghubungkan kabel:
 - Resolver

b) Kontroller

Kontroller merupakan bagian dari sistem motor servo yang berfungsi untuk mengatur gerakan motor servo. Terdapat masukan atau input yang terhubung ke encoder motor dan output yang terhubung ke motor. Perhatikan gambar berikut merupakan kontroller tipe CMMS-AS-G2-S1



Gambar 31. kontroller tipe CMMS-AS-G2-S1

c. Rangkuman

1. Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo.
2. Motor servo untuk industri sudah terpasang encoder yang sudah siap terhubung ke kontroller.
3. Kontroller merupakan bagian dari sistem motor servo yang berfungsi untuk mengatur gerakan motor servo

d. Tugas

Uraikan kembali tentang motor servo. Untuk dapat memperjelas permasalahannya kalian perlu mencari informasi tentang motor servo melalui data sheet motor servo tipe EMMS-AS-S5-S dan kontroller tipe CMMS-AS-G2-S1. Paparan yang harus kalian sampaikan harus meliputi apa?,

bagaimana?, dan mengapa?, terkait dengan masalah motor servo, instalasi dan aplikasinya. Jika telah selesai presentasikan di kelas.

e. Tes Formatif

1. Jelaskan motor servo!

.....
.....

2. Jelaskan kontroller motor servo!

.....
.....

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol.
2. Kontroller merupakan bagian dari sistem motor servo yang berfungsi untuk mengatur gerakan motor servo.

g. Lembar Kerja 5

Tugas praktik1

- 1) Kontruksi sistem motor servo

a) Alat dan Bahan

- | | |
|---------------|--------|
| - Motor servo | 1 set |
| - Kontroller | 1 set |
| - Komputer | 1 unit |

b) Gambar Skets



a. Deskripsi fungsi

Lengkapi tabel berikut. Gunakan data yang dibutuhkan dari data sheet sensor Inductive Proximity.

Parameters	Value
Working range/rated operating distance	
Repetition accuracy	
Operating voltage	
Switching output	
Switching frequency	

Lengkapi tabel berikut. Gunakan data yang dibutuhkan dari data sheet Motor Servo.

Parameters	Value
Nominal voltage	
Nominal torque	
Nominal speed	
Torque at standstill	
Motor constant	

Lengkapi tabel berikut. Gunakan data yang dibutuhkan dari data sheet Motor Kontroller.

Parameters	Value
Supply voltage [X9]	
Nominal output current [X9]	
Output voltage [X6]	
Number of digital switching outputs [X1]	
Signal level of analogue inputs [X1]	

b. Menghubungkan sistem motor servo

1) Hubungkan Motor

1.1 Pastikan Power supply dalam keadaan mati.

- Power supply utama harus pada posisi OFF/AUS
- Power supply 24V disposisi OFF

4.4 Kaitkan motor ke Rotary Drive dengan baut pengunci dan kaitkan modul ke atas Profile Plate.

- 4.4 Hubungkan kabel motor dan tangkai kabel encoder ke unit motor kontroller.
- 4.4 Sambungkan kabel motor ke soket [X6] milik unit kontroller dan kencangkan.
- 4.4 Sisipkan steker sup-D konektor ke soket [X2] milik unit kontroller dan kencangkan dengan baut pengunci.
- 4.4 Kaitkan sensor proximity sensor ke penahan sensor Rotary Drive.
- 4.4 Hubungkan sensor proximity dengan kabel sensor ke unit kontroller (D_{in}6-Limit0/D_{in}7-Limit)

Catatan:

Posisi akhir pengindraan harus bertemu dengan sensor atau dengan sinyal pensaklaran.

2) Hubungkan Motor Controller

- 2.1 Hubungkan unit kontroller dan Power supply utama dengan pengaman steker penghubung 4mm.
- 2.2 Hubungkan unit kontroller ke Power supply 24 Volt pengaman steker penghubung 4mm.

3) Hubungkan Personal Komputer

- 5.1 Hubungkan unit kontroller ke PC dengan kabel serial interface.
- 5.2 Sisipkan konektor sup-D kabel serial ke soket [X5] RS232/COM motor kontroller dan kencangkan baut pengunci.

4) Baca dengan teliti untuk pengoperasian

- 5.1 Pastikan sakar "Controller Enable" pada posisi OFF.
- 5.2 Teliti sekali lagi semua sambungan.
- 5.3 Hidupkan Power supply pada peralatan. READY LED pada motor kontroller menyala.

5) Matikan sistem dan Power supply

5.1 Saklar "Power Enable", "Contrller Enable", "Stop", "Start" ke posisi OUT/OFF (sakar ke posisi atas).

5.2 Cek sakar sinyal input.

- Semua sinyal switch "Limit0" dan "Limit1" semua pada posisi OFF/AUS (sakar posisi ke atas).
- Sakar potensiometer A_{in0} pada posisi 0.
- Saklar Selektor " Record Selection" pada posisi 0.
- Sakar selektor "Analogue/Digital" pada posisi digital (sakar ke bawah).
- Saklar selektor "Internal /External" pada posisi internal (sakar posisi ke atas)

5.3 Matikan Power supply dan Power supply utama (230 V AC).

Catatan:

Melalui sub-D socket [X1], output controller atau sinyal analog eksternal dapat direkam. Referensi setpoint analog dirubah dengan tangan menggunakan potensi AIN0.

Pastikan bahwa "Internal / Eksternal" saklar pemilih dalam posisi "internal" (sakar ke atas)!

Jika LED READY tidak menyala, berarti ada kerusakan. Jika tampilan segmen menunjukkan urutan nomor, ada pesan error. Anda harus memperbaiki penyebab pesan tersebut. Dalam hal ini, baca modus operasi dan pesan kesalahan dalam bab 8.2 di manual "motor Pengendali CMMSAS- ..

1. Work Book Arsitektur sistem motor servo (pegangan untuk pengajar)

c. Deskripsi fungsi

Lengkapi tabel berikut. Gunakan data yang dibutuhkan dari data sheet sensor Inductive Proximity.

Parameters	Value
Working range/rated operating distance	1.5 mm
Repetition accuracy	0.07 mm
Operating voltage	10 – 30 V DC
Switching output	N.C., normally closed
Switching frequency	5000 Hz

Lengkapi tabel berikut. Gunakan data yang dibutuhkan dari data sheet Motor Servo.

Parameters	Value
Nominal voltage	360 V DC
Nominal torque	0.68 Nm
Nominal speed	6600 rpm
Torque at standstill	0.98 Nm
Motor constant	0.558 Nm / A

Lengkapi tabel berikut. Gunakan data yang dibutuhkan dari data sheet Motor Kontroller.

Parameters	Value
Supply voltage [X9]	1-phase/ 95 – 255 VAC
Nominal output current [X9]	3 A
Output voltage [X6]	320 V
Number of digital switching outputs [X1]	4
Signal level of analogue inputs [X1]	-10 – +10 V

d. Menghubungkan sistem motor servo

1) Hubungkan Motor

1.1. Pastikan Power supply dalam keadaan mati.

- Power supply utama harus pada posisi OFF/AUS
- Power supply 24V disposisi OFF

1.2 Kaitkan motor ke Rotary Drive dengan baut pengunci dan kaitkan modul ke atas Profile Plate.

1.3 Hubungkan kabel motor dan tangkai kabel encoder ke unit motor kontroller.

1.4 Sambungkan kabel motor ke soket [X6] milik unit kontroller dan kencangkan.

1.5 Sisipkan steker sup-D konektor ke soket [X2] milik unit kontroller dan kencangkan dengan baut pengunci.

1.6 Kaitkan sensor proximity sensor ke penahan sensor Rotary Drive.

1.7 Hubungkan sensor proximity dengan kabel sensor ke unit controller (D_{in}6-Limit0/D_{in}7-Limit)

Catatan:

Posisi akhir pengindraan harus bertemu dengan sensor atau dengan sinyal pensaklaran.

2) Hubungkan Motor Controller

2.1 Hubungkan unit controller dan Power supply utama dengan pengaman steker penghubung 4mm.

2.2 Hubungkan unit controller ke Power supply 24 Volt pengaman steker penghubung 4mm.

3) Hubungkan Personal Komputer

3.1. Hubungkan unit controller ke PC dengan kabel serial interface.

- Sisipkan konektor sup-D kabel serial ke soket [X5] RS232/COM motor controller dan kencangkan baut pengunci.

4) Baca dengan teliti untuk pengoperasian

4.1. Pastikan sakar "Controller Enable" pada posisi OFF.

4.2. Teliti sekali lagi semua sambungan.

4.3. Hidupkan Power supply pada peralatan. READY LED pada motor controller menyala.

5) Matikan sistem dan Power supply

5.1 Saklar "Power Enable", "Contrller Enable", "Stop", "Start" ke posisi OUT/OFF (sakar ke posisi atas).

5.2 Cek sakar sinyal input.

- Semua sinyal switch "Limit0" dan "Limit1" semua pada posisi OFF/AUS (sakar posisi ke atas).
- Sakar potensiometer A_{in}0 pada posisi 0.

- Saklar Selektor " Record Selection" pada posisi 0.
- Sakar selektor "Analogue/Digital" pada posisi digital (sakar ke bawah).
- Saklar selektor "Internal /External" pada posisi internal (sakar posisi ke atas)

5.3 Matikan Power supply dan Power supply utama (230 V AC).

Catatan:

Melalui sub-D socket [X1], output controller atau sinyal analog eksternal dapat direkam. Referensi setpoint analog dirubah dengan tangan menggunakan potensi AIN0.

Pastikan bahwa "Internal / Eksternal" saklar pemilih dalam posisi "internal" (sakar ke atas)!

Jika LED READY tidak menyala, berarti ada kerusakan. Jika tampilan segmen menunjukkan urutan nomor, ada pesan error. Anda harus memperbaiki penyebab pesan tersebut. Dalam hal ini, baca modus operasi dan pesan kesalahan dalam bab 8.2 di manual "motor Pengendali CMMSAS- ..

Tugas praktik2

1. Konfigurasi dan komisioning dengan software FCT.

a) Alat dan Bahan

- | | |
|---------------|--------|
| - Motor servo | 1 set |
| - Kontroller | 1 set |
| - Komputer | 1 unit |

b) Gambar Skets



2. Langkah kerja

1) Periksa sebelum memulai

1.1. Pastikan Power supply dalam keadaan mati.

- Power supply utama harus pada posisi OFF/AUS
- Power supply 24V disposisi OFF

1.2. Pastikan Komputer, unit kontrolller, kontrolller, motor, dan sinyal input sudah tersambung dengan benar antara satu dengan yang lainnya menggunakan kabel(lihat pada latihan 1 pada pembelajaran 1).

1.3. Periksa sinyal input.

- Sakar "Power Enable", "Controller Enable", "Stop", "Star" semuanya harus di posisi OFF/AUS (Saklar ke atas).
- Saklar "Limit0" dan "Limit1" seluruhnya harus di posisi OFF/AUS (saklar ke atas).
- Potensiometer A_{in0} pada posisi 0.

- Sakelar selektor "Record Selection" pada posisi 0.
- Sakelar selektor "Analogue/Digital" pada posisi Digital (sakar ke bawah)
- Sakelar selektor "internal/Ekxternal" pada posisi internal (sakar ke atas)

2) Hidupkan Power supply

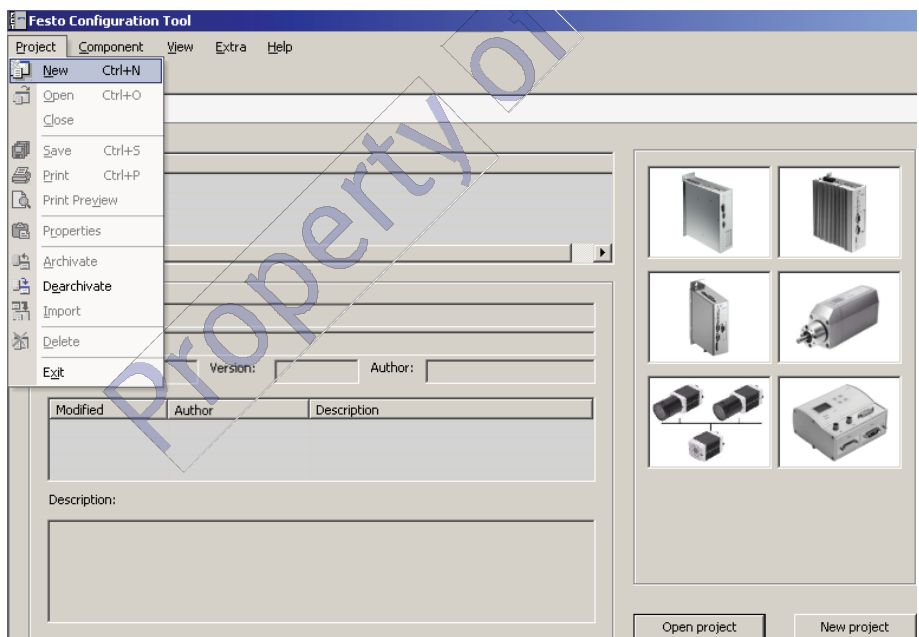
2.1 Sakelar Power supply utama (230 V AC) ke posisi ON/N.

2.2 Sakelar unit Power supply 24 V DC pada posisi ON,

2.3 Tunggu sampai sistem siap diuji dan indikator LED "READY LED" yang terdapat pada peralatan menyala.

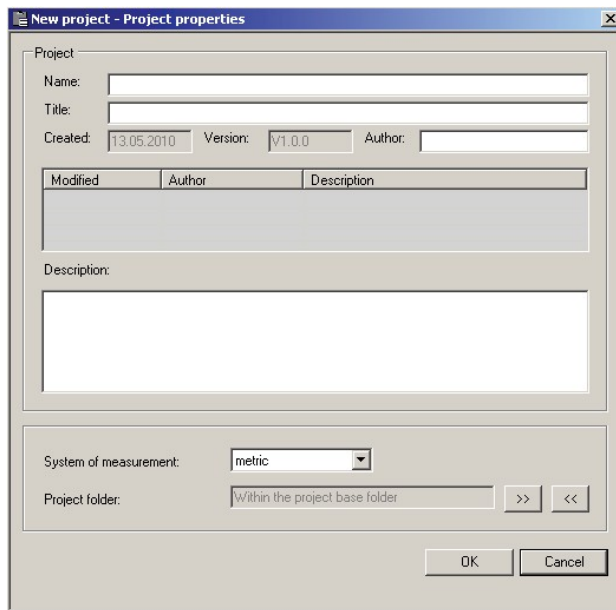
3) Jalankan software FCT dan buatlah sebuah project baru.

3.1 Jalakan FCT, pilih [Project] dan pilih [New] pada main menu atau klik tombol [New Project].



3.2 Masukkan nama projec "Name" , keterangan "Title" dan nama pembuat "Autor" lalu klik [OK].

3.3 Pilih tipe controller tipe "CMMS-AS", masukkan nama komponen "Component Name" lalu klik [OK].



The "New project - Project properties" dialog box contains the following fields and controls:

- Project** section:
 - Name:
 - Title:
 - Created: Version: Author:
 - A table with columns: Modified, Author, Description.
- Description:**
- System of measurement:**
- Project folder:** <<"/>
-



The "Componentselection" dialog box displays the following information:

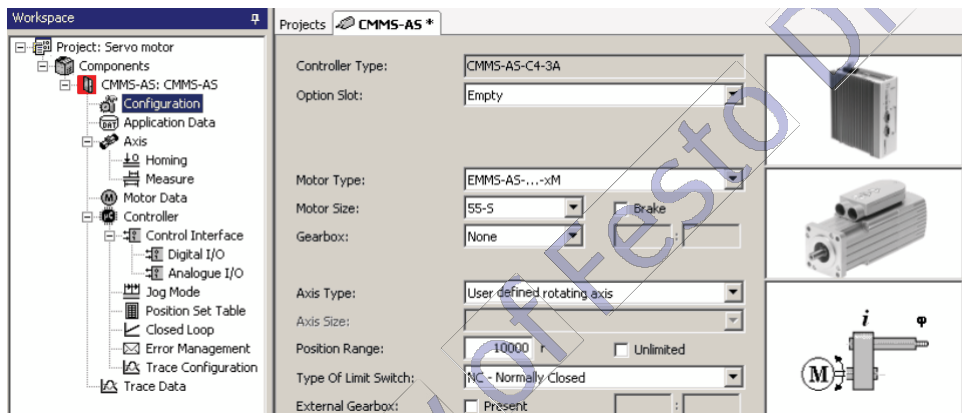
- Component** tree on the left:
 - Festo
 - CMMP-AS
 - CMMS-AS**
 - CMMS-ST
 - MTR-DCI
 - SBO...M Network
 - SFC-DC
- Device description** section:
 - Device vendor: Festo
 - Device family: CMMS-AS
 - Plugin version: V01.00.00
 - Image of the device and the Festo logo.
- Short description:**

Servo Controller Standard Line for the Servo Motor family EMMS-AS. Power: 4/10A Motor current. Positioning Controller with 64 position records. Fieldbus interfaces with Festo Positioning Profile FHPP.
- Componentname (maximum length=24):
-

4) Pengaturan FCT.

4.1 Pada halaman kerja "Workstation ", buka halaman "Configuration" dan tentukan komponen inti. Ikuti tabel berikut.

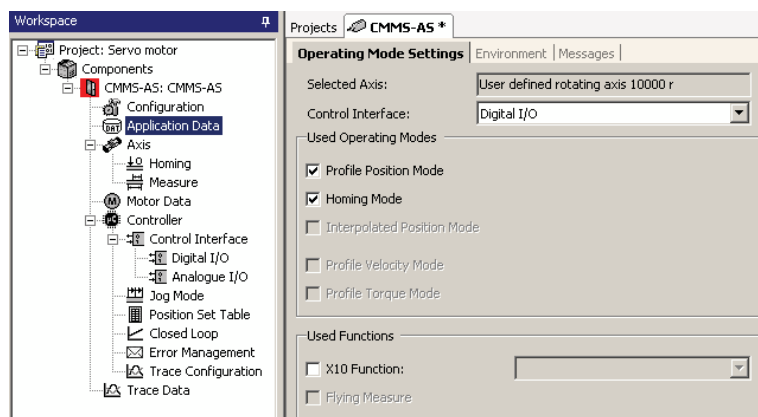
"Configuration" parameters	Selection
Option slot	empty
Motor type	EMMS-AS...xM
Size	55-S
Gear unit	None
Axis type	User-defined axis of rotation
Positioning range	10000 rev
Limit switch type	NC, normally closed



4.2 Pada halaman kerja" Workstation", buka halaman data aplikasi " Application data" untuk menentukan data umum untuk instalasi dan beban atau mendefinisikan antarmuka dan mode operasi yang digunakan.

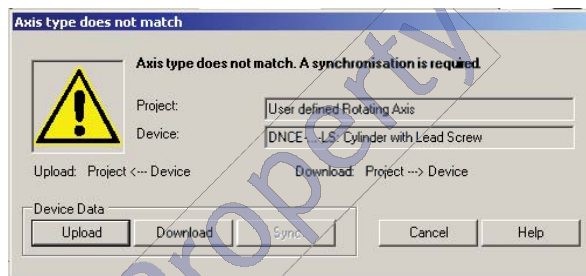
"Application data" paramet rs	Operating mode selection tab	Environment/installation tab
Control interface	Digital I/O	
Operating modes used	Positioning mode homing mode	—

"Application data" parameters	Operating mode selection tab	Environment/installation tab
Parameters	–	Reversing of rotation direction activated
Application data for mass moment of inertia	–	2.500 kgcm ²



4.3 Simpan project dan atur komunikasi antara PC dengan kontroller.

4.4 Pastikan semua parameter dasar sudah benar dan upload project ke kontroller.

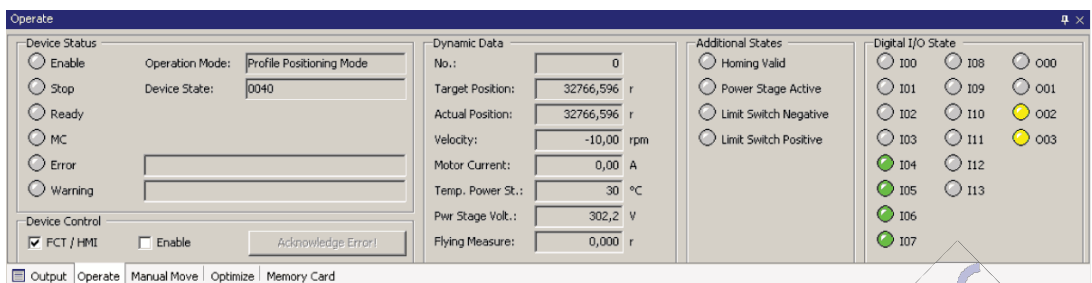


4.5 Aktifkan "FCT device controller ". Untuk mengontrol controller menggunakan FCT.



5) Periksa kesalahan/Error.

5.1. Pada halaman "Project output ", buka tab "Operate" untuk memeriksa status perangkat/device dan perubahan data.



5.2. Klik tombol "Acknowledge error" pada "Device Control" untuk mengonfirmasi kesalahan dan peringatan.

6) Periksa hardware secara manual.

6.1 Periksa nilai posisi dengan cara memutar Drive Rotary ke arah limit switch.

- Perhitungan nilai posisi di "Actual Value" meningkat atau menurun.

6.2 Periksa fungsi limit switch .

- Nilai posisi pada "Actual Value" bertambah atau berkurang ketika bergerak ke arah akhir positif/Limit1(berlawanan arah jarum jam) atau ke arah akhir posisi negatif/Limit0 (searah jarum jam).

- Ketika pada posisi positif tercapai "Limit switch positif" menampilkan sinyal sementara pada "I07" sementara.

Dynamic Data		Additional States		Digital I/O State		
No.:	0	☐ Homing Valid		☐ I00	☐ I08	☐ O00
Target Position:	32766,596 r	☐ Power Stage Active		☐ I01	☐ I09	☐ O01
Actual Position:	32766,596 r	☐ Limit Switch Negative		☐ I02	☐ I10	☒ O02
Velocity:	0,00 rpm	☒ Limit Switch Positive		☐ I03	☐ I11	☒ O03
Motor Current:	0,01 A			☐ I04	☐ I12	
Temp. Power St.:	30 °C			☐ I05	☐ I13	
Pwr Stage Volt.:	303,5 V			☒ I06		
Flying Measure:	0,000 r			☐ I07		

6.3 Penyelesaian masalah.

Problem	Procedure
Pada tampilan "limit switch" tidak menyala ketika posisi akhir tercapai/limit switch positif tertekan.	Periksa koneksi kabel Periksa th di limit switch berfungsi dengan
Penghitungan dan posisi akhir tidak cocok. Langkah penomoran menghitung sampai Limit1, menghitung mundur untuk Limit0)	Tukar posisi kedua limit switch

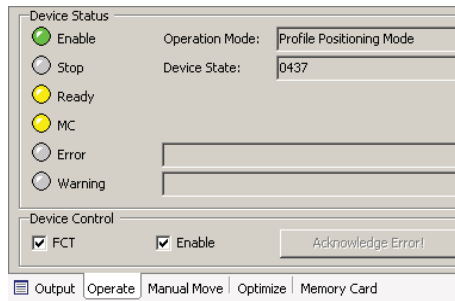
7) Mengaktifkan sistem dari sinyal input dan FCT.

7.1 Mengaktifkan sinyal input dan motor controller.

- Sakar "Power Enable", "Controller Enable" ke posisi ON/AN (sakar ke bawah).

7.2 . Mengaktifkan controller dengan FCT.

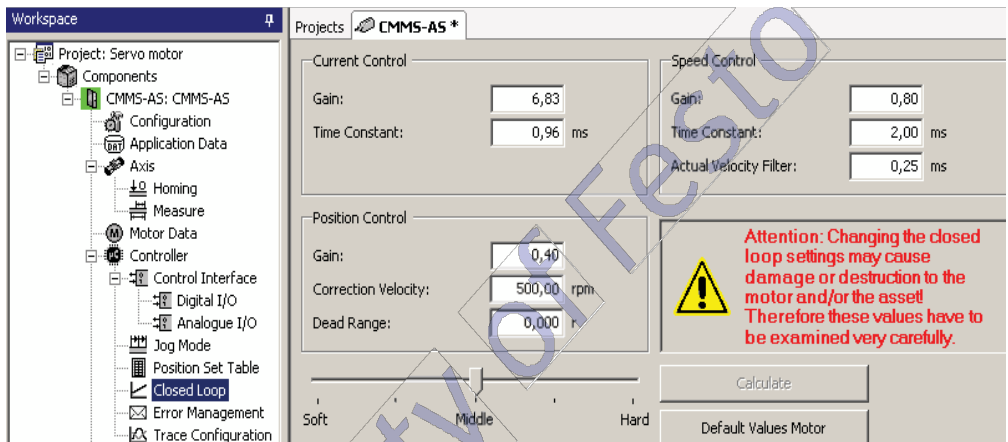
- Pada jendela "Device Control" , centang pilihan "FCT/HMI" dan "Enable"



8) Periksa parameter controller.

8.1 Mengaktifkan sinyal input dan motor controller.

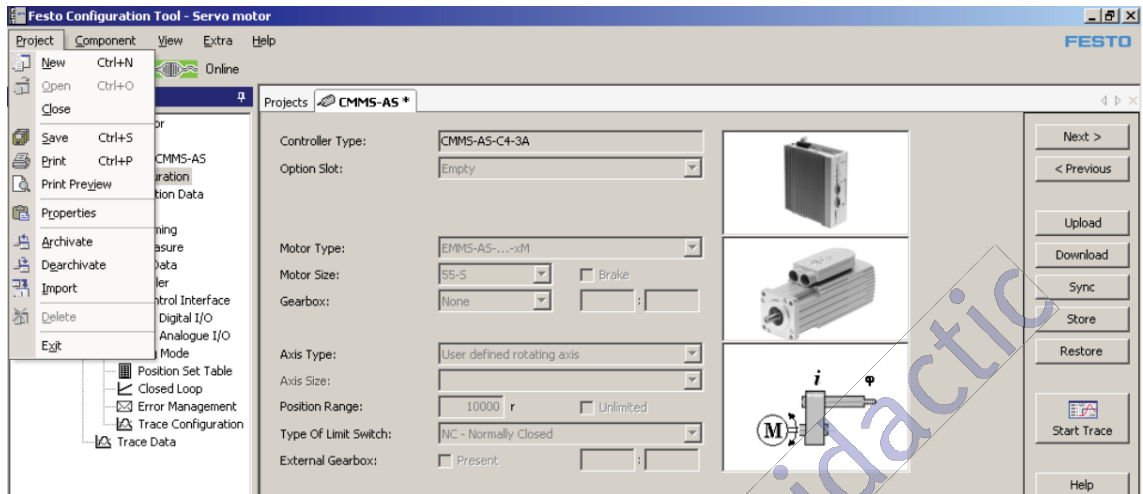
- Pada "Workstation", buka halaman "Controller data" untuk memeriksa atau mengoptimalkan data pengendali controller.



9) Simpan project dan mengakhiri FCT.

9.1 Pada ruang kerja, klik tombol "Save" untuk menyimpan data secara permanen ke controller.

9.2 Pada menu utama, pilih "Project " dan "simpan" ata "Archive" untuk menyimpan project.



9.3 Nonaktifkan koneksi data dan akhiri FCT.

10) Matikan sistem dan Power supply

10.1 Saklar "Power Enable", "Contrller Enable", "Stop", "Start" ke posisi OUT/OFF (sakar ke posisi atas).

10.2 Cek sakar sinyal input.

- Semua sinyal switch "Limit0" dan "Limit1" semua pada posisi OFF/AUS (sakar posisi ke atas).
- Sakar potensiometer A_{in0} pada posisi 0.
- Saklar Selektor " Record Selection" pada posisi 0.
- Sakar selektor "Analogue/Digital" pada posisi digital (sakar ke bawah).
- Saklar selektor "Internal /External" pada posisi internal (sakar posisi ke atas)

10.3 Matikan Power supply dan Power supply utama (230 V AC).

Tugas praktik3

1. Konfigurasi pengukuran data dan mencatat karakteristik kecepatan.

a) Alat dan Bahan

- | | |
|---------------|--------|
| - Motor servo | 1 set |
| - Kontroller | 1 set |
| - Komputer | 1 unit |

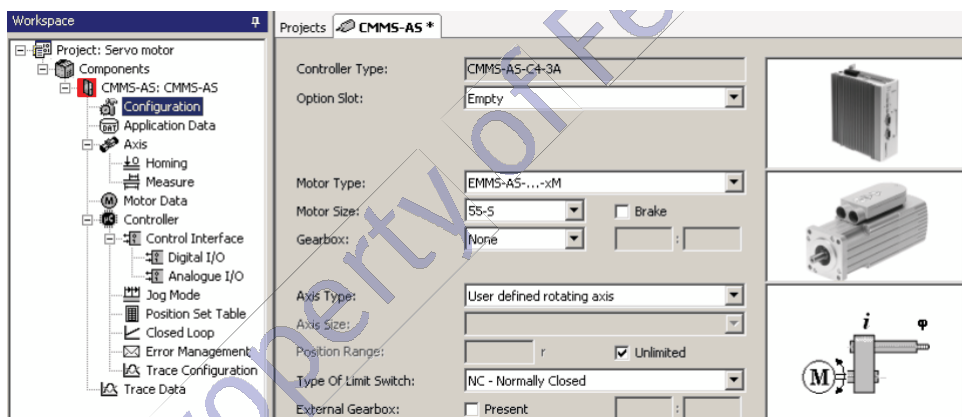
b) Gambar Skets



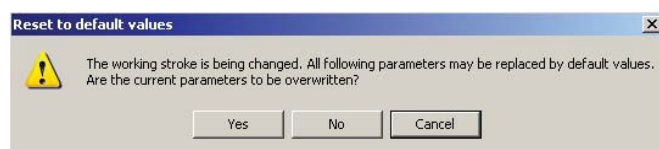
2. Langkah Kerja

- 1) Periksa persyaratan awal(lihat tugas 2 pada pembelajaran 2)
- 2) Nyalakan Power supply (lihat tugas2 pada pembelajaran 2)
- 3) Jalankan program FCT dan buka project "Servo motor" (lihat tugas 2 pada pembelajaran 2)
- 4) Atur pilihan FCT"FCT Options
 - 4.1 Pada jendela kerja "Workstation", buka jendela konfigurasi "configuration" dan tentukan pengaturan sebagai berikut.

"Configuration"	Selection
Motor type	EMMS-AS...xM
Size	55-S
Gear unit	No
Axis type	User-defined axis of rotation
Positioning range	Unlimited
Limit switch type	NC, normally closed

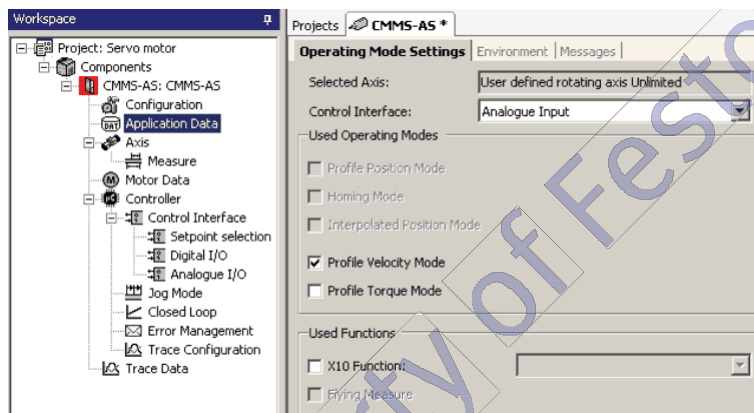
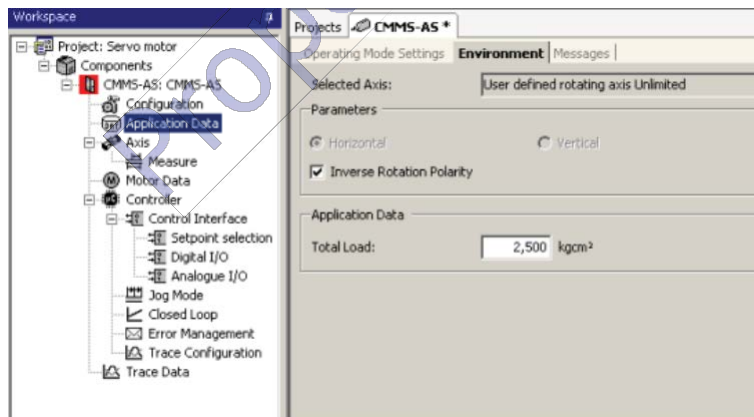


4.2 Apabila muncul peringatan konfirmasi "Reset do default values" klik [Yes].

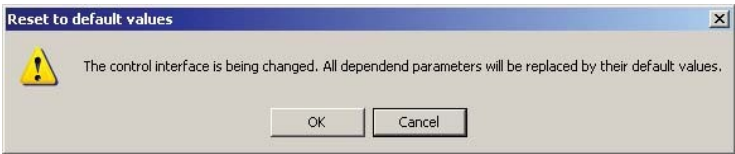


4.3 Buka jendela "Aplication data" guna menentukan data yang digunakan untuk instalasi dan beban atau menetapkan Control interface dan mode pengoperasian.

"Application data" parameters	Operating mode selection tab	Environment/installation tab
Control interface	Analogue input	–
Operating modes used	Speed control	–
Parameters	–	Reversing of rotation direction activated
Application data for mass moment of inertia	–	2.500 kgcm ²



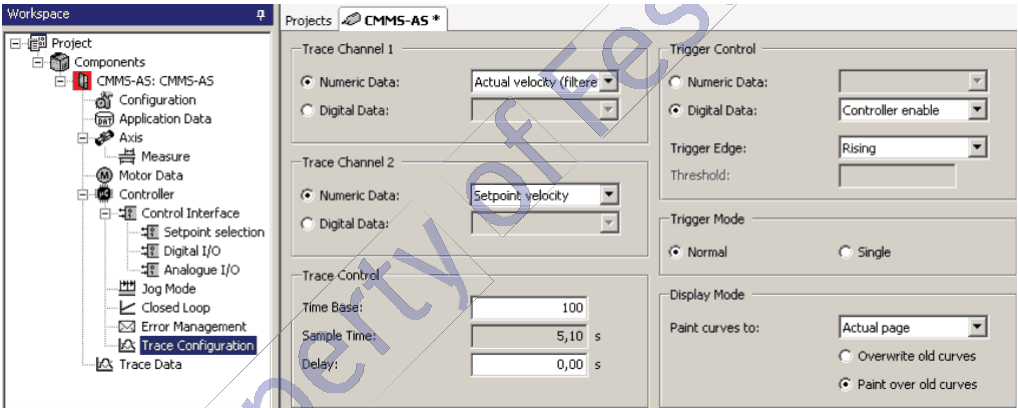
4.4 Apabila muncul peringatan konfirmasi “Reset do default values” klik [Yes].



5) Konfigurasi pengukuran data

5.1 Di “workplace”, pilih jendela “Configure measurement data” untuk mereka parameter.

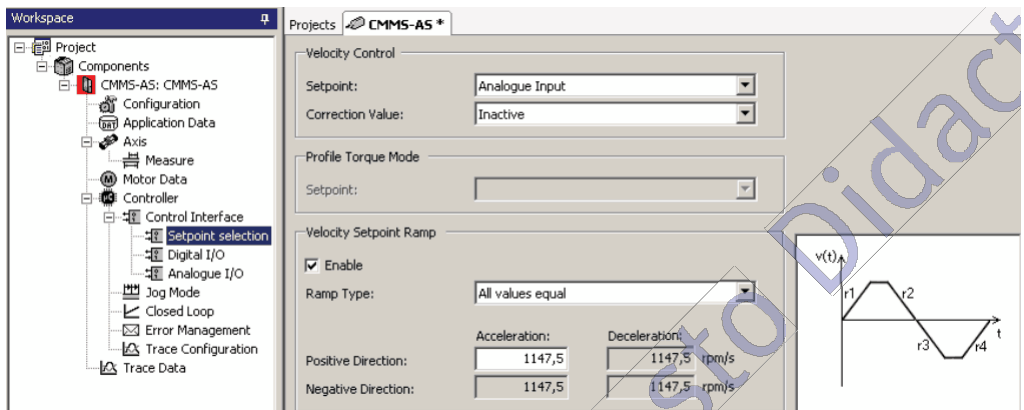
"Configure measurement data"	Selection
Trace channel 1	Numeric data – speed actual value (filtered)
Trace channel 2	Numerical data – speed setpoint value
Settings for time base/delay	100/0.00
Trigger conditions/trigger edge	Digital data – controller enable/rising
Trigger mode	Standard
Display mode	Current page – add curves



6) Parameter Control interface

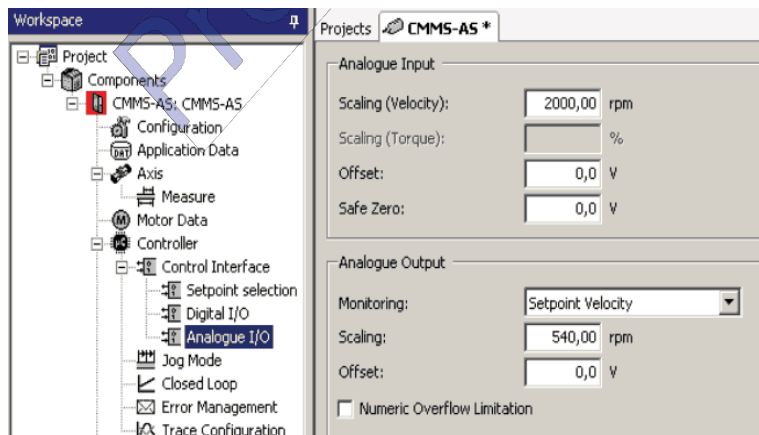
6.1 Buka jendela "setpoint selection" untuk konfigurasi kecepatan motor.

"Setpoint selection"	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3
Speed control – Setpoint value – Correction value	Analogue input Inactive	Analogue input Inactive	Analogue input Inactive
Speed setpoint value ramp – Ramp type – Acceleration	Not activated – –	Activated All values equal 1147.5	Activated All values equal 500.0



6.2 Buka jendela "Analogue I/O" untuk menetapkan fungsi analog input.

"Analogue I/O" parameters	Selection
Analogue input	
– Scale (speed)	2,000.00
– Offset	0.0
– Safe zero	0.0



7) Parameter Control interface

7.1 Simpan project dan atur komunikasi antara PC dengan kontrollerr.

7.2 Pastikan semua pengaturan dasar benar dan load project ke controller.



7.3 Aktifkan kontrol perangkat FCT/HMI untuk mengontrol controller menggunakan FCT.



8) Aktifasi sistem dengan sinyal input.

8.1 Periksa semua saklar yang digunakan sebagai sinyal input.

- Saklar "stop", "start" semuanya pada posisi OFF/AUS.
- "Limit0" dan "Limit1" pada posisi OFF/AUS (saklar ke atas).
- Potensiometer A_{in0} pada posisi 0.
- Selektor "Record Selection" pada posisi 0
- Selektor "Analogue/Digital" pada posisi Digital (saklar ke bawah).
- Selektor "Internal/External" pada posisi internal (saklar ke atas).

8.2 Saklar "Power Enable", "Controller Enable" ke posisi ON/OFF.

9) Periksa hardware dengan sinyal input. .

9.1 Selektor "Analog/Digital" ke posisi analog (saklar ke atas).

9.2 Pada jendela "device Control" , centang "enable".

9.3 Gerakkan potensio A_{in0} untuk memeriksa kecepatan secara manual dan merubah arah putaran.

9.4 Setelah pengujian selesai , hilangkan tanda centang pada pilihan "Enable".

10) Jalankan sinyal perekaman dan jalankan pengukuran.

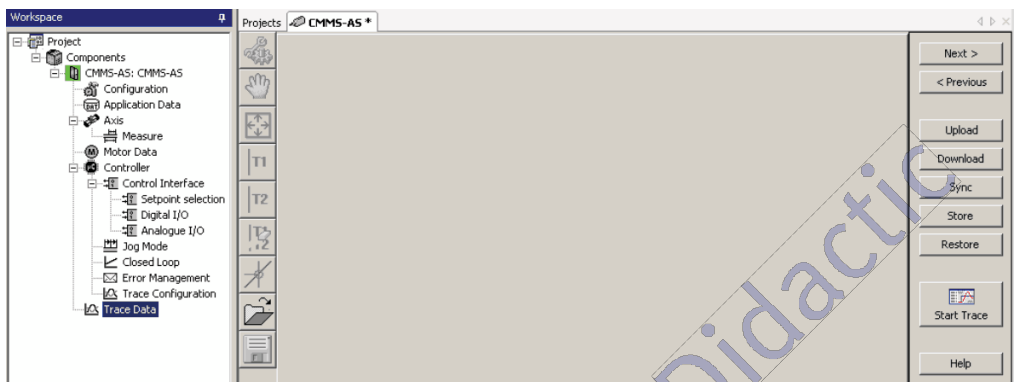
10.1 Atur potensiometer A_{in0} ke posisi +10 Volt.

10.2 Pada jendela "Workstation" , buka jendela "Measurement data".

10.3 Klik tombol "Start Trac" untuk memulai perekaman.

10.4 Pada jendela "device Control", berikan tanda centang pada pilihan "enable" untuk memulai pengukuran.

10.5 Hilangkan tanda centang pada pilihan "enable" untuk memberhentikan pengukuran.



11) Mengubah parameter untuk mengontrol kecepatan dan ulangi perekaman .

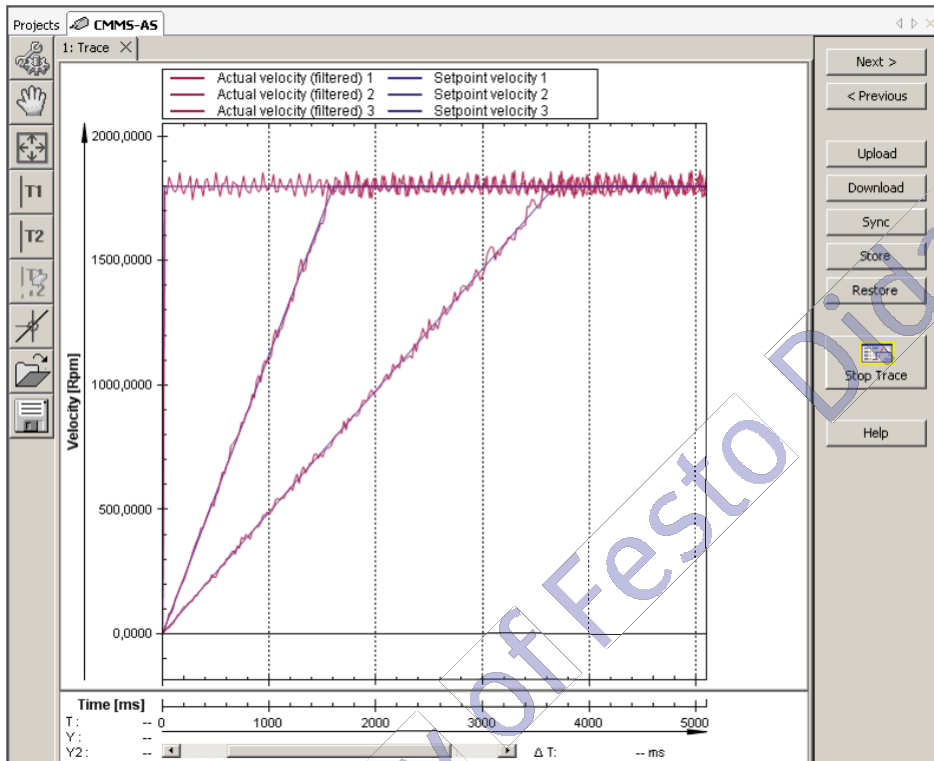
11.1 Buka jendela "Setpoint Election" dan konfigurasi kecepatan untuk pengukuran 2 atau pengukuran 3 (lihat step 7).

11.2 Simpan project dan transfer data ke perangkat (lihat step 7)

11.3 Di "workstation". Buka jendela "Measurement data".

11.4 Pada jendela "Device Control", klik centang ada pilihan "Enable" untuk memulai pengukuran.

11.5 Hilangkan tanda centang pada pilihan "enable" untuk memberhentikan pengukuran dan klik tombol "Stop Trac" untuk mengakhiri perekaman data.



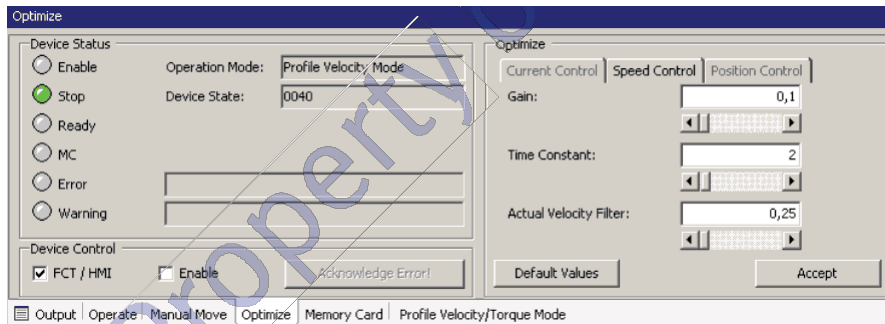
3. Pengujian 1. Mengoptimalkan respons kontrol

- 1) Parameter kontrol kecepatan yang sesuai dengan pengukuran 1.
- 2) Simpan project dan download ke alat.
- 3) Jalankan sinyal perekaman dan jalankan proses pengukuran.

3.1 Pada "Workstation", buka jendela "Measurement data".

3.2 Pada "Project output", buka tap "Optimise" dan konfigurasi kontrol kecepatan untuk pengukuran 1.

"Speed control"	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3
Speed control	0.1	1.0	2.0
– Reinforcement			



3.3 Klik tombol "Start Trace" untuk memulai perekaman data.

3.4 Pada jendela "Device Control", centang pada pilihan "Enable" untuk memulai pengukuran.

3.5 Hilangkan tanda centang pada pilihan "Enable" untuk menghentikan pengukuran.

4) Memodifikasi parameter kontrol kecepatan dan mengulangi sinyal perekaman.

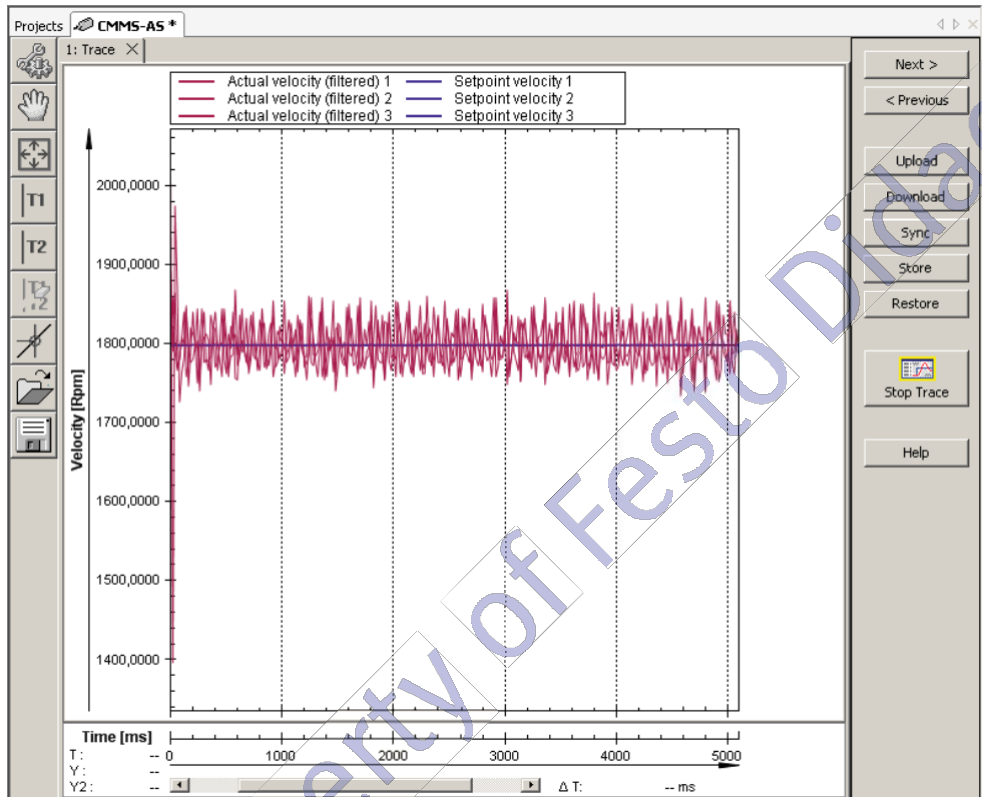
4.1 Buka tab "Speed Control" dan konfigurasi respons kontrol untuk pengukuran 2 atau pengukuran 3.

4.2 Pada jendela "Device Control", beri tanda centang pada pilihan "Enable" untuk menjalankan pengukuran.

4.3 Hilangkan tanda centang pada pilihan "Enable" untuk memberhentikan pengukuran dan klik tombol "Stop Trace" untuk memberhentikan perekaman.

5) Bandingkan data hasil pengukuran dan simpan pengaturan yang optimal.

5.1 Bandingkan hasil pengukuran reaksi(s) kecepatan kontrol dengan lonjakan nilai setpoint dan klik tombol "Save" untuk menyimpan pengaturan yang optimal.



6) Simpan project dan akhiri FCT.

6.1 Pada ruang kerja , pilih "Save" untuk menyimpan secara permanen dan langsung tersimpan ke controller.

6.2 Pada menu utama , pilih "Project" dan "Save" atau "Archive" untuk menyimpan project.

6.3 Nonaktifkan koneksi dan dan tutup FCT.

7) Matikan sistem dan Power supply

7.1 Saklar "Power Enable", "Contrller Enable", "Stop", "Start" ke posisi OUT/OFF (sakar ke posisi atas).

7.2 Cek sakar sinyal input.

- Semua sinyal switch "Limit0" dan "Limit1" semua pada posisi OFF/AUS (sakar posisi ke atas).

- Sakar potensiometer A_{in0} pada posisi 0.
- Saklar Selektor "Record Selection" pada posisi 0.
- Sakar selektor "Analogue/Digital" pada posisi digital (sakar ke bawah).
- Saklar selektor "Internal /External" pada posisi internal (sakar posisi ke atas)

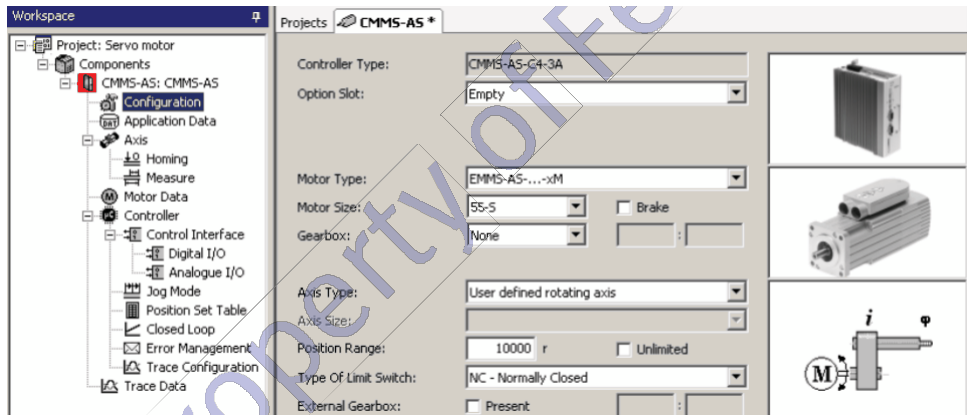
7.3 Matikan Power supply dan Power supply utama (230 V AC).

4. Pengujian 2. Konfigurasi pengukuran data dan perekaman karakteristik kecepatan.

- 1) Periksa persyaratan(lihat tugas 2 pembelajaran 2).
- 2) Nyalakan Power supply (lihat tugas 2 pembelajaran 2)
- 3) Jalankan FCT dan buka project "Servo motor", (lihat tugas 2 pembelajaran 2).
- 4) Aturlah "FCT options".

4.1 Pada "Workstation", buka jendela "Configuration" dan tentukan komponen utama.

"Configuration" parameters	Selection
Option slot	empty
Motor type	EMMS-AS...xM
Size	55-S
Gear unit	No
Axis type	User-defined axis of rotation
Positioning range	Unlimited
Limit switch type	NC, normally closed

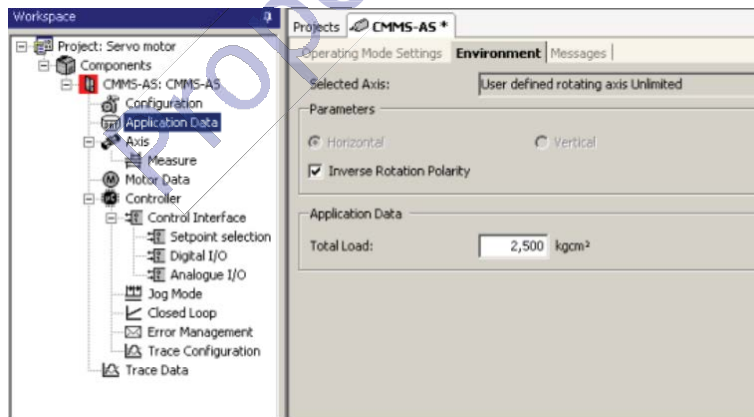
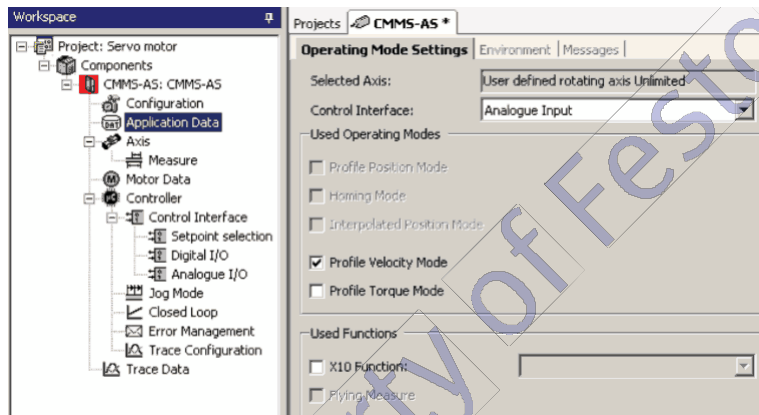


4.2 Konfirmasi pesan selanjutnya "Reset do default values" dengan cara klik [Yes].

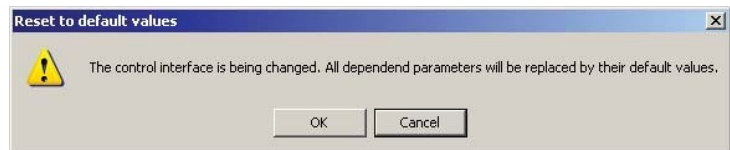


4.3 Buka jendela "aplikasi data" untuk menentukan data –data yang umum untuk instalasi dan beban atau menetapkan Control interface dan mode pengoperasian.

"Application data" parameters	Operating mode selection tab	Environment/installation tab
Control interface	Analogue input	–
Operating modes used	Speed control	–
Parameters	–	Reversing of rotation
Application data for mass moment of	–	2,500 kgcm ²



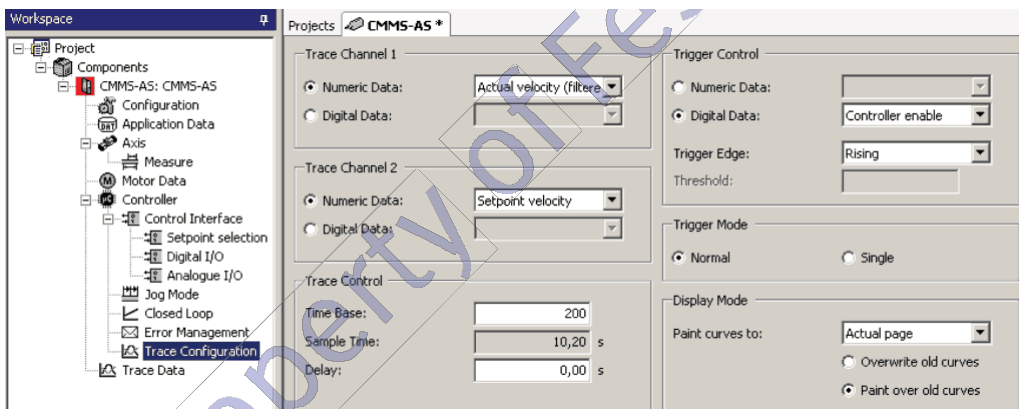
4.4 Konfirmasi pesan selanjutnya “Reset do default values” dengan cara klik [Yes].



5) Konfigurasi pengukuran data.

5.1 Di dalam “Workplace” , pilih jendela konfigurasi “Configuration measurement data” untuk memberikan parameter fungsi perekaman.

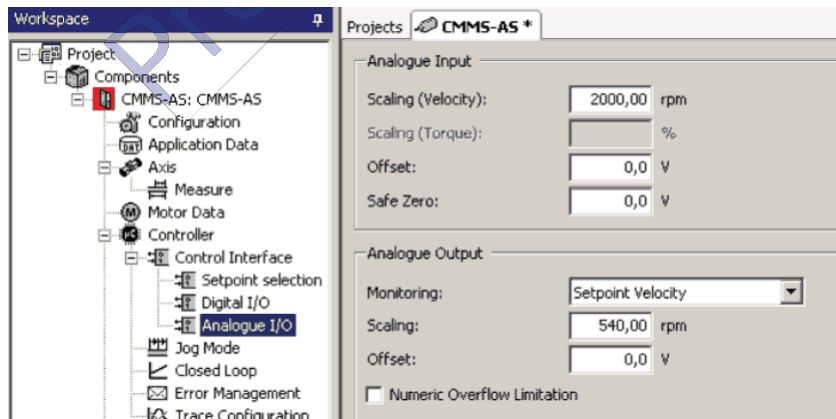
"Configure measurement data"	Selection
Trace Channel 1	Numerical data – speed actual value (filtered)
Trace Channel 2	Numerical data – speed setpoint value
Settings for time base/delay	200/0.00
Trigger conditions/trigger edge	Digital data – controller enable/rising
Trigger mode	Standard
Display mode	Current page – add curves

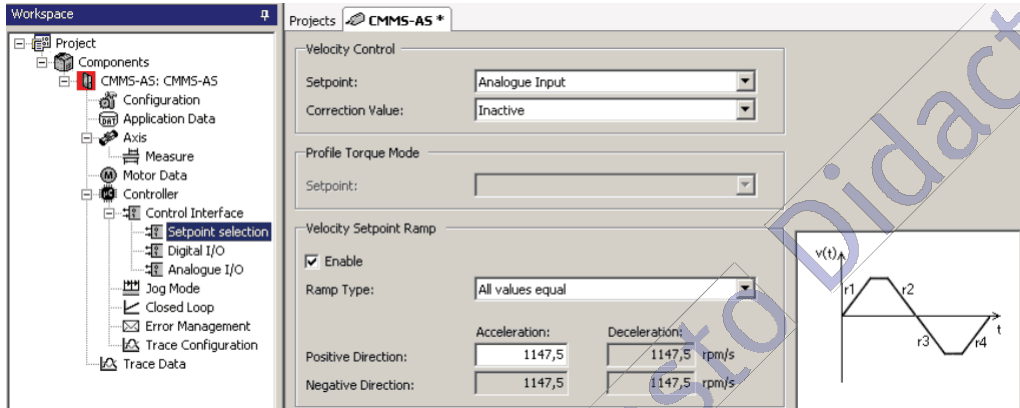


6) Pemberian parameter interface kontrol.

6.1 Buka jendela "Setpoint Election" untuk konfigurasi pengatur kecepatan.

"Setpoint selection" parameters	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3
Speed control – Setpoint value – Correction value	Analogue input Inactive	Analogue input Inactive	Analogue input Inactive
Speed setpoint value ramp – Ramp type – Acceleration/deceleration	Not activated – –	Activated All values equal 1147.5	Activated Accelerations equal 1147.5/500. 0





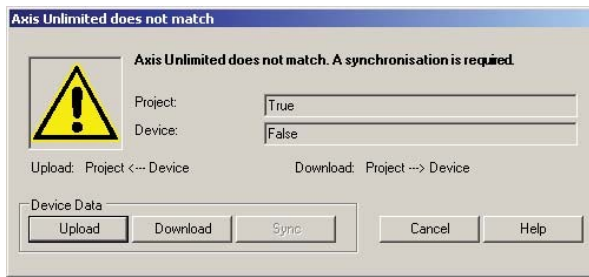
6.2 Buka jendela "Analog I/O" untuk memberikan parameter fungsi analog input.

"Analogue I/O" parameters	Selection
Analogue input	2,000.00
– Scale (speed)	0.0
– Offset	0.0
– Safe zero	

7) Simpan project dan kirim data ke peralatan/device.

7.1 Simpan project dan atur komunikasi antara PC dengan controller.

7.2 Yakinkan semua pengaturan sudah benar dan kirim project ke controller.



7.3 Aktifkan peralatan kontrol FCT/HMI untuk mengontrol kontroller dengan software FCT.



8) Aktifasi sistem dengan sinyal input.

8.1 Periksa semua saklar yang digunakan sebagai sinyal input.

- Saklar "stop", "start" semuanya pada posisi OFF/AUS.
- "Limit0" dan "Limit1" pada posisi OFF/AUS (saklar ke atas).
- Potensiometer A_{in0} pada posisi 0.
- Selektor "Record Selection" pada posisi 0
- Selektor "Analogue/Digital" pada posisi Digital (saklar ke bawah).
- Selektor "Internal/External" pada posisi internal (saklar ke atas).

8.2 Saklar "Power Enable", "Controller Enable" ke posisi ON/OFF.

9) Periksa hardware dengan sinyal input. .

9.1 Selektor "Analog/Digital" ke posisi analog (sakelar ke atas).

9.2 Pada jendela "device Control", centang "enable".

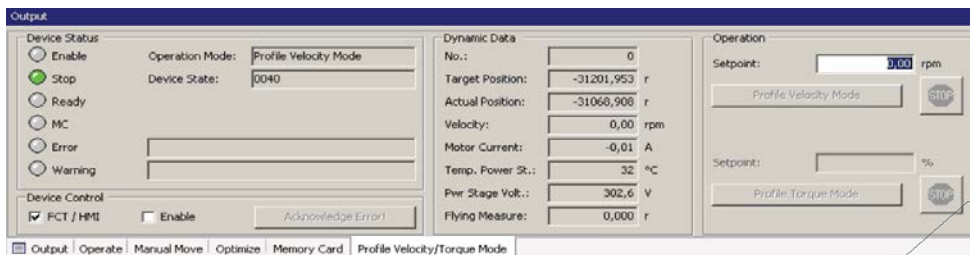
9.3 Gerakkan potensio A_{in0} untuk memeriksa kecepatan secara manual dan merubah arah putaran.

9.4 Setelah pengujian selesai , hilangkan tanda centang pada pilihan "Enable".

10) Jalankan sinyal perekaman dan lakukan pengukuran.

10.1 Putar potensiometer A_{in0} ke posisi +10 Volt.

10.2 Buka tab "Force mode/Seed Control" di "Project output" dan rubah spesifikasi setpoint ke 0 rpm.



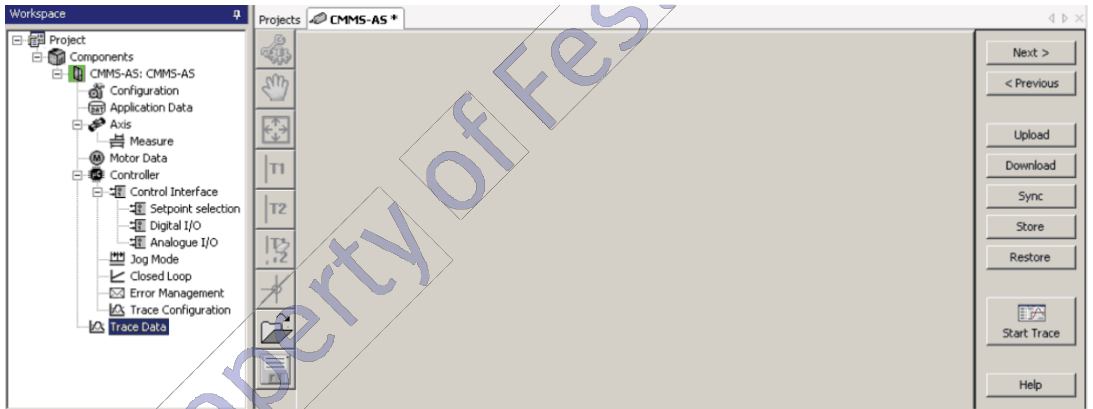
10.3 Pada "workstation", buka jendela "Measurement data".

10.4 klik tombol "Start Trac" untuk memulai perekaman data.

10.5 Di jendela "Dvice Control", klik pilihan "Enable" untuk menjalankan pengukuran.

10.6 Jika motor telah mencapai kecepatan maksimal, klik tombol "Speed Control" pada tap "Force mode/Seed Control" untuk memilih set poin spesifikasi dari 0 rpm dengan FCT.

10.7 Hilangkan cek lis pilihan "Enable" untuk pengukuran.



11) Mengubah parameter untuk mengontrol kecepatan dan ulangi perekaman .

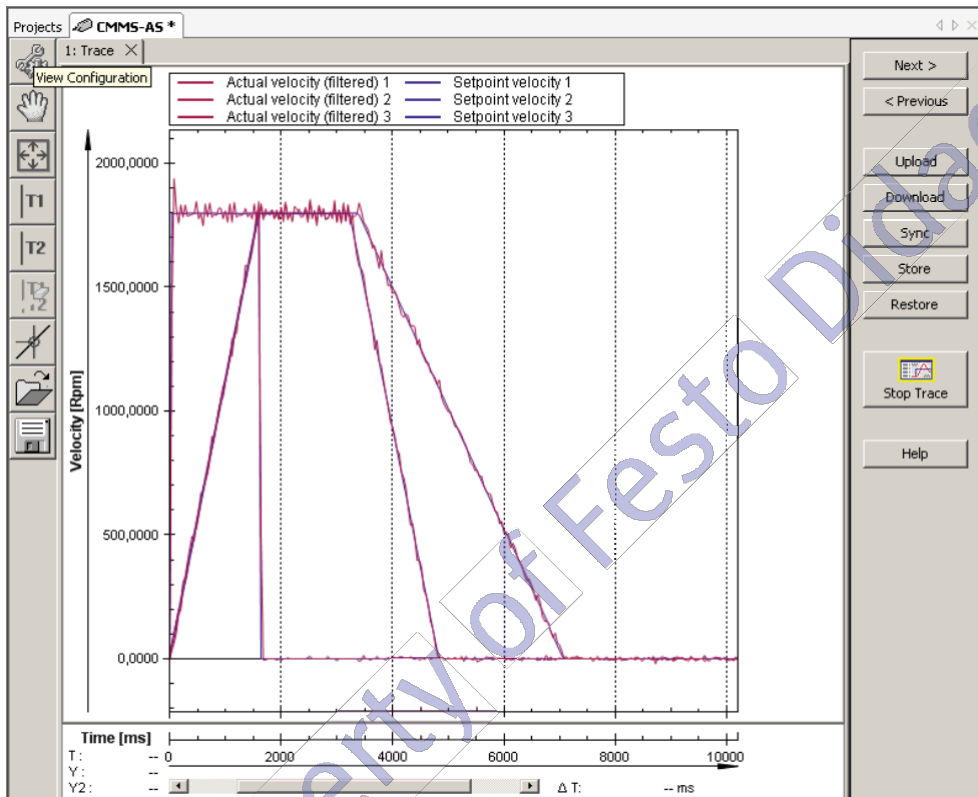
11.1 Buka jendela "Setpoint selection" dan konfigurasi kecepatan untuk pengukuran 2 atau pengukuran 3 (lihat step 6).

11.2 Simpan project dan transfer data ke perangkat (lihat step 7)

11.3 Di "workstation". Buka jendela "Measurement data".

11.4 Pada jendela "Device Control", klik centang ada pilihan "Enable" untuk memulai pengukuran.

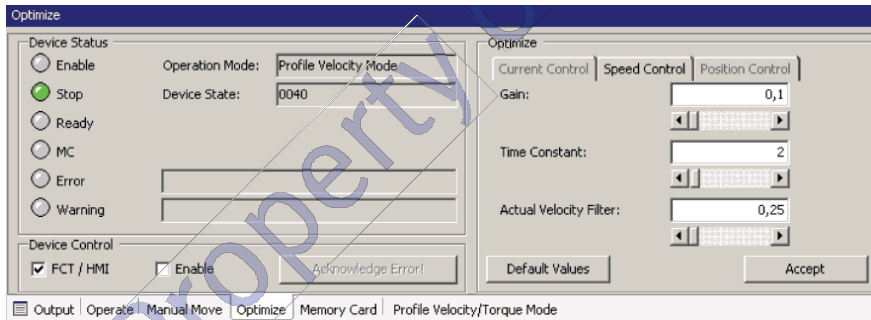
11.5 Hilangkan tanda centang pada pilihan "enable" untuk memberhentikan pengukuran dan klik tombol "Stop Trac" untuk mengakhiri perekaman data.



5. Pengujian 1. Mengoptimalkan respons kontrol

- 1) Parameter kontrol kecepatan yang sesuai dengan pengukuran 1.
- 2) Simpan project dan download ke alat.
- 3) Jalankan sinyal perekaman dan jalankan proses pengukuran.
 - 3.1 Pada "Workstation", buka jendela "Measurement data".
 - 3.2 Pada "Project output", buka tap "Optimise" dan konfigurasi kontrol kecepatan untuk pengukuran 1.

"Speed control" parameters	Measurement 1	Measurement 2	Measurement 3
Speed control – Reinforcement	0.1	1.0	2.0



3.3 Klik tombol "Start Trace" untuk memulai perekaman data.

3.4 Pada jendela "Device Control", centang pada pilihan "Enable" untuk memulai pengukuran.

3.5 Hilangkan tanda centang pada pilihan "Enable" untuk menghentikan pengukuran.

4) Memodifikasi parameter kontrol kecepatan dan mengulangi sinyal perekaman.

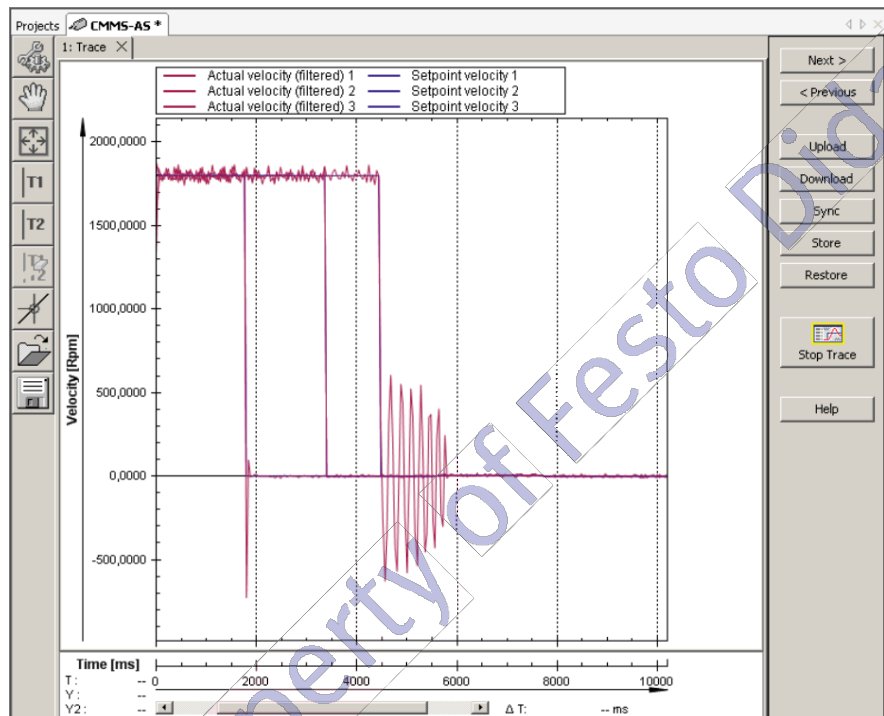
4.1 Buka tab "Speed Control" dan konfigurasi respons kontrol untuk pengukuran 2 atau pengukuran 3.

4.2 Pada jendela "Device Control", beri tanda centang pada pilihan "Enable" untuk menjalankan pengukuran.

4.3 Hilangkan tanda centang pada pilihan "Enable" untuk memberhentikan pengukuran dan klik tombol "Stop Trace" untuk memberhentikan perekaman.

5) Bandingkan data hasil pengukuran dan simpan pengaturan yang optimal.

5.1 Bandingkan hasil pengukuran reaksi(s) kecepatan kontrol dengan lonjakan nilai setpoint dan klik tombol "Save" untuk menyimpan pengaturan yang optimal.



6) Simpan project dan akhiri FCT.

6.1 Pada ruang kerja , pilih "Save" untuk menyimpan secara permanen dan langsung tersimpan ke controller.

6.2 Pada menu utama , pilih "Project" dan "Save" atau "Archive" untuk menyimpan project.

6.3 Nonaktifkan koneksi dan dan tutup FCT.

7) Matikan sistem dan Power supply

7.1 Saklar "Power Enable", "Contrller Enable", "Stop", "Start" ke posisi OUT/OFF (sakar ke posisi atas).

7.2 Cek sakar sinyal input.

- Semua sinyal switch "Limit0" dan "Limit1" semua pada posisi OFF/AUS (sakar posisi ke atas).
- Sakar potensiometer A_{in0} pada posisi 0.
- Saklar Selektor " Record Selection" pada posisi 0.
- Sakar selektor "Analogue/Digital" pada posisi digital (sakar ke bawah).
- Saklar selektor "Internal /External" pada posisi internal (sakar posisi ke atas)

7.3 Matikan Power supply dan Power supply utama (230 V AC).

Modul ini berisi tentang materi pelajaran Sensor dan Aktuator kelas 12 untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Modul ini dibuat berdasarkan silabus materi Sensor dan Aktuator kelas 12 Teknik Mekatronika. Tidak semua materi dan bahasan yang ada disilabus tertuang dalam modul ini.

Modul ini dapat juga digunakan secara mandiri maupun berkelompok. Modul dapat digunakan juga untuk tingkat pegawai / pekerja industry bagian teknisi dan maintenance. Isi modul memuat materi sensor proximity, enkoder, motor DC dan motor Servo.

Modul ini masih banyak kekurangan didalamnya, sehingga dibutuhkan saran dan masukan yang mendukung untuk pengembangan modul ini baik dari segi tampilan, isi dan materi modul. Penyusun mengharapkan banyak manfaat dari modul yang disusun ini. Penyusunan modul ini dilakukan penyusun selama mengikuti training di Festo-Jerman.

DAFTAR PUSTAKA

Dr. Sudaryono, Sensor dan aktuator, rangkain elektronika, komunikasi data interface, , Guru pembelajaran , 2016

Festo Didactic GmbH & Co, Denkendorf, 2000.

frequency to voltage converter: <http://e-belajarelektronika.com/frequency-to-voltage-converter-ic-lm2917/>

Sistem instrumentasi elektronik, 2008:
<http://klimatologibanjarbaru.com/artikel/2008/12/sistem-instrumentasi-elektronik/>

sensor, 2014: <http://cardyarliani.blogspot.de/2014/06/sensor.html>

teori motor dc dan jenis-jenis motor DC: <http://elektronika-dasar.web.id/teori-motor-dc-dan-jenis-jenis-motor-dc/>



<http://psmk.kemdikbud.go.id/>



Direktorat Pembinaan SMK
Kemdikbud



DITPSMK



Direktorat Pembinaan SMK



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Tahun 2017