

## #10

**ROBOT INDUSTRI****Materi Pertemuan #10 (Online #8)****Kemampuan Akhir Yang Diharapkan**

Mampu mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa dan mampu menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa serta mampu membuat simulasi untuk menyelesaikan masalah otomasi terkait dengan robot industri.

**Indikator Penilaian**

Ketepatan dalam mengidentifikasi kebutuhan otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa dan menganalisa aspek teknis dan non teknis perancangan sistem otomasi dalam suatu sistem manufaktur/jasa serta membuat simulasi untuk menyelesaikan masalah otomasi terkait dengan robot industri.

**10.1. Pendahuluan**

Robot berasal dari bahasa Ceko-slovakia yaitu “**robota**” yang berarti pekerja paksa (*forced worker*).

Terdapat beberapa definisi terkait dengan robot. Menurut Kamus Webster, robot adalah sebuah alat otomatis yang digunakan untuk melakukan pekerjaan yang biasanya dilakukan oleh manusia atau operator dengan kecerdasan yang hampir menyamai manusia. Sedangkan menurut Institut of America, robot adalah manipulator multi fungsi yang dapat di program berulang-ulang, yang dirancang untuk memindahkan bahan, suku cadang, perkakas, atau alat khusus tertentu melalui serangkaian gerakan terprogram untuk memenuhi serangkaian tugas.

Beberapa alasan mengapa robot industri menjadi penting secara ekonomis dan teknis untuk digunakan dalam proses produksi suatu industri manufaktur, adalah sebagai berikut:

- 1) Robot dapat menggantikan manusia untuk mengerjakan pekerjaan yang berbahaya atau lingkungan yang tidak nyaman.
- 2) Robot dapat melakukan siklus pekerjaan secara konsisten dan mampu mengulangi pekerjaan dengan hasil sama, dimana hal tersebut tidak dapat dilakukan oleh manusia.
- 3) Robot dapat diprogram. Bila jalannya produksi untuk suatu tugas tertentu telah selesai, robot dapat diprogram kembali dan dilengkapi dengan perkakas yang diperlukan untuk mengerjakan tugas yang berbeda.
- 4) Robot dikendalikan dengan komputer berarti dapat dihubungkan dengan sistem komputer yang lain sehingga dapat dihasilkan suatu proses manufaktur yang terpadu.

Setiap robot memiliki komponen dasar yaitu:

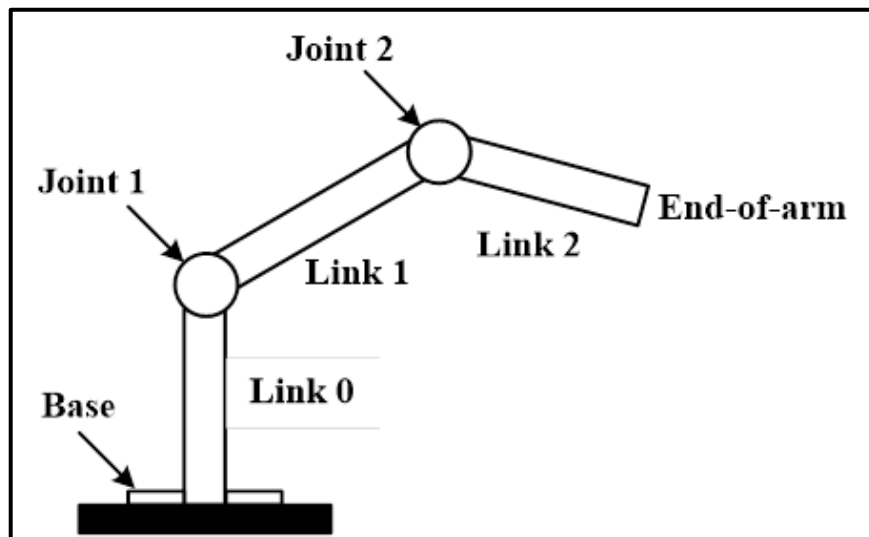
- 1) Manipulator.
- 2) Sensor (dan Transduser)
- 3) Kontroler (dan Analizer).
- 4) Unit Konversi Daya.

## 10.2. Manipulator (Anatomi dan Atribut) Robot

Manipulator robot industri dikonstruksi dengan serangkaian sendi (*joint*) dan batang-hubung (*link*). Anatomi robot dibedakan atas jenis dan ukuran sendi dan batang-hubung dan aspek lain konstruksi fisik manipulator. Sendi robot industri mirip dengan sendi dalam tubuh manusia. Setiap sendi, memiliki derajat kebebasan (*degree-of-freedom/d.o.f*) gerakan. Dalam hampir setiap kasus, sendi hanya memiliki satu derajat kebebasan, sehingga jumlah sendi yang dimiliki sebuah robot sama dengan jumlah derajat kebebasannya. Robot sering diklasifikasikan berdasarkan jumlah derajat kebebasan yang dimilikinya.

Setiap sendi dihubungkan dengan dua batang-hubung, yaitu batang-hubung input (*input link*) dan batang-hubung output (*output link*). Batang-hubung merupakan komponen kaku (*rigid*) manipulator robot. Fungsi sendi adalah untuk mengendalikan gerakan relatif antara batang-hubung input dan batang-hubung output.

Kebanyakan robot dipasang secara stasioner pada lantai. Pada Gambar 10.1 menunjukkan diagram konstruksi robot.



Gambar 10.1. Diagram Konstruksi Robot

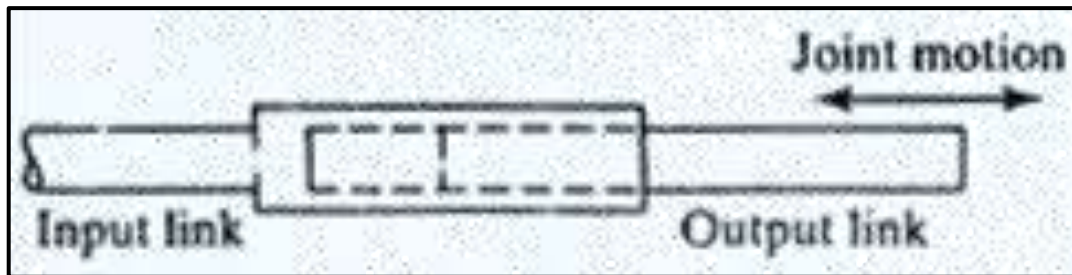
Berdasarkan Gambar 10.1 dapat diurai bahwa sendi 1 (*joint 1*) dihubungkan dengan batang-hubung 0 (*link 0*) yang merupakan batang-hubung input terhadap sendi 1. Batang-hubung output sendi 1 adalah batang-hubung 1 (*link 1*). Batang-hubung 1 merupakan batang-hubung input terhadap sendi 2 (*joint 2*). Sendi 2 memiliki batang-hubung output yaitu batang-hubung 2 (*link 2*), dan seterusnya.

## 10.3. Jenis Sendi Robot Industri

Hampir semua robot industri memiliki sendi mekanik yang dapat diklasifikasikan atas 5 (lima) jenis, yaitu:

### 1) Sendi linear (*linear joint* $\Rightarrow$ *L joint*)

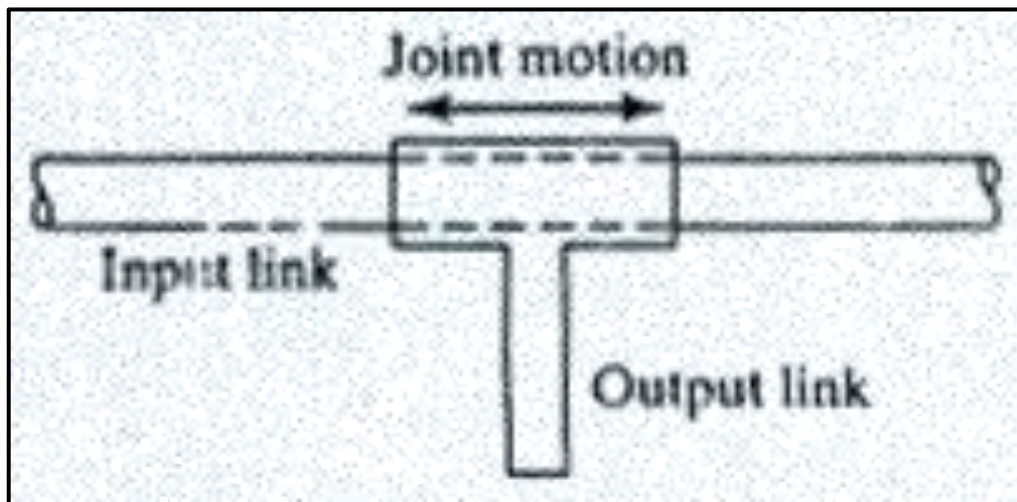
Gerakan relatif antara batang-hubung input dan batang-hubung output bertranslasi dengan gerakan luncur (*sliding*), dimana sumbu kedua batang-hubung sejajar. Gambar 10.2 merupakan jenis sendi linear dari robot industri.



Gambar 10.2. Sendi Linear Robot Industri

2) **Sendi ortogonal (*orthogonal joint*  $\Rightarrow$  *O joint*)**

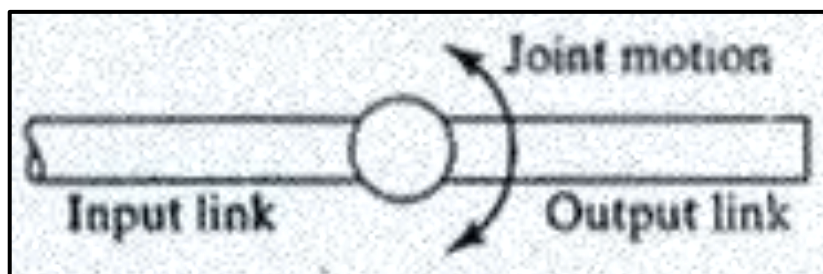
Sendi bergerak dengan meluncur, tetapi kedua batang-hubung saling tegak lurus selama bergerak. Gambar 10.3 merupakan jenis sendi ortogonal dari robot industri.



Gambar 10.3. Sendi Ortogonal Robot Industri

3) **Sendi rotasional (*rotational joint*  $\Rightarrow$  *R joint*)**

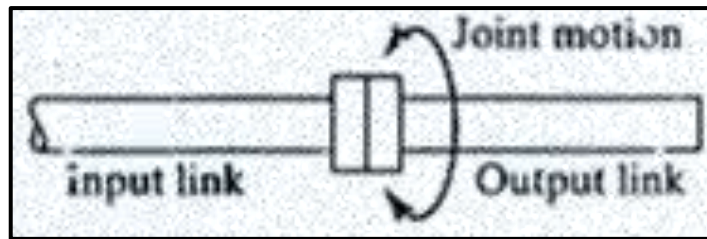
Gerakan rotasional relatif dengan sumbu putar tegak lurus terhadap sumbu batang-hubung input dan batang-hubung output. Gambar 10.4 merupakan jenis sendi rotasional dari robot industri.



Gambar 10.4. Sendi Rotasional Robot Industri

#### 4) Sendi puntir (*twisting joint* $\Rightarrow$ *T joint*)

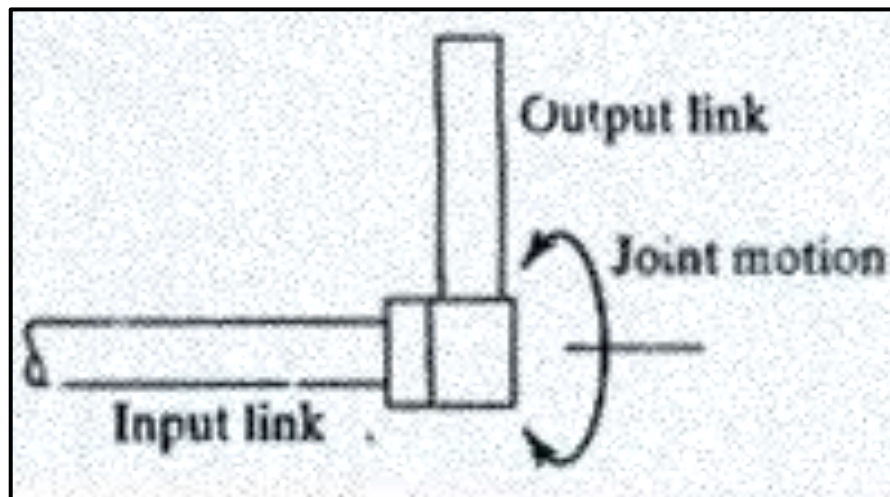
Sendi bergerak rotasional, tetapi sumbu rotasi sejajar terhadap sumbu kedua batang-hubung. Gambar 10.5 merupakan jenis sendi puntir dari robot industri.



Gambar 10.5. Sendi Puntir Robot Industri

#### 5) Sendi putar (*revolving joint* $\Rightarrow$ *V joint*)

Sumbu batang-hubung input sejajar dengan sumbu rotasi sendi, dan sumbu batang-hubung output tegak lurus dengan sumbu rotasi. Gambar 10.6 merupakan jenis sendi putar dari robot industri.



Gambar 10.6. Sendi Putar Robot Industri

### 10.4. Konfigurasi Umum Robot

Manipulator robot dapat dibagi menjadi dua seksi, yaitu:

- 1) Rakitan badan-dan-lengan (*body-and-arm assembly*)
- 2) Rakitan pergelangan (*wrist assembly*)

Badan-dan-lengan biasanya memiliki tiga derajat kebebasan, sedangkan pergelangan biasanya memiliki dua atau tiga derajat kebebasan.

Pada ujung pergelangan manipulator terdapat peralatan terkait dengan tugas yang harus dilakukan oleh robot, yang disebut **efektor ujung (*end effector*)**.

Efektor ujung dapat berupa:

- 1) **Penjepit (*grasper*)** untuk memegang benda kerja
- 2) **Perkakas** untuk melakukan suatu proses.

Badan-dan-lengan robot digunakan untuk memposisikan efektor ujung, sedang pergelangan robot digunakan untuk mengarahkan efektor ujung.

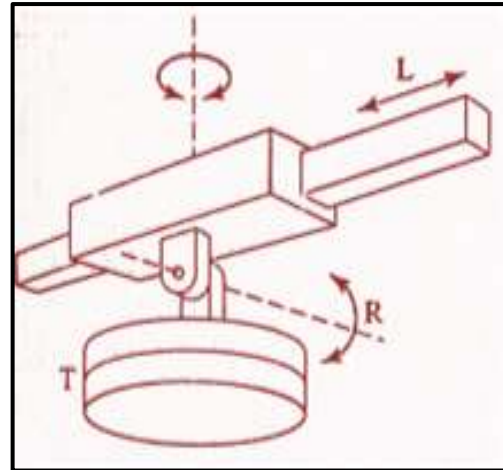
### 10.5. Konfigurasi Badan-dan-Lengan

Dari lima jenis sendi yang ada, maka dapat dihasilkan 125 kombinasi sendi berbeda ( $=5 \times 5 \times 5$ ) yang dapat digunakan untuk mendesain rakitan badan-dan-lengan untuk tiga derajat kebebasan manipulator robot.

Walaupun demikian, dalam industri robot komersial hanya terdapat 5 (lima) konfigurasi, yaitu:

#### 1) Konfigurasi Polar

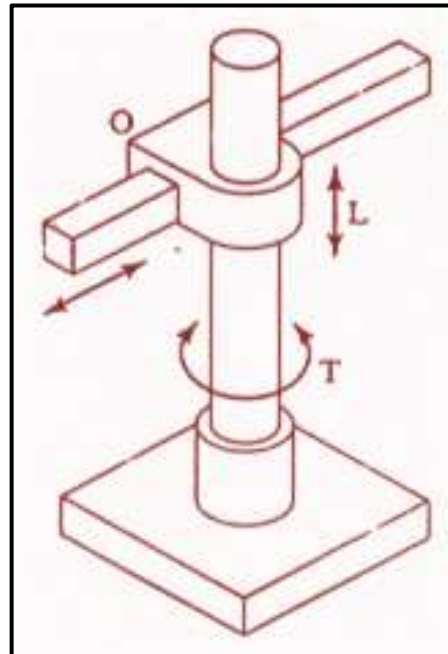
Atau *Polar Configuration*, terdiri dari lengan luncur (*sliding arm*  $\Rightarrow L$  joint) digerakkan relatif terhadap badan robot, yang dapat berputar pada sumbu vertikal (*T joint*) dan sumbu horisontal (*R joint*). Gambar 10.7 merupakan konfigurasi polar dari robot industri.



Gambar 10.7. Konfigurasi Polar Robot Industri

#### 2) Konfigurasi Silindrikal

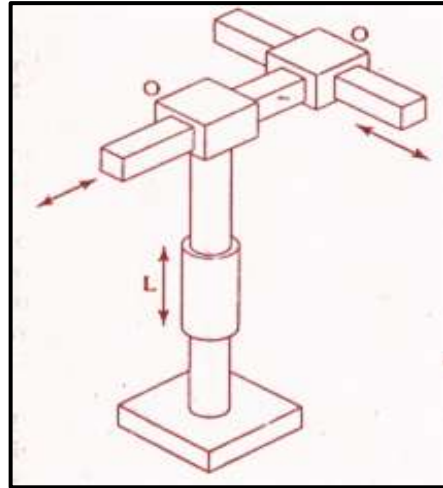
Atau *Cylindrical Configuration*, terdiri dari kolom vertikal dimana rakitan lengan dapat bergerak vertikal pada kolom (*L joint*), berotasi pada sumbu kolom (*T joint*), dan untuk mencapai gerakan radial lengan digunakan *O joint*. Gambar 10.8 merupakan konfigurasi polar dari robot industri.



Gambar 10.8. Konfigurasi Silindrikal Robot Industri

**3) Robot Koordinat Cartesien**

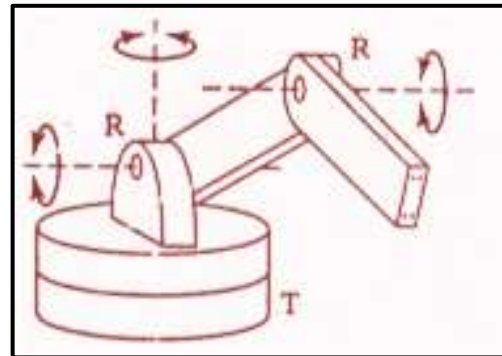
Atau *Cartesian Coordinate Robot*, nama lain dari robot ini adalah robot rekti-linear dan robot x-y-z, karena terdiri dari tiga sendi luncur (*sliding joint*), dua diantaranya ortogonal. Gambar 10.9 merupakan robot koordinat catesian.



**Gambar 10.9. Robot Koordinat Cartesien**

**4) Robot sendi-lengan**

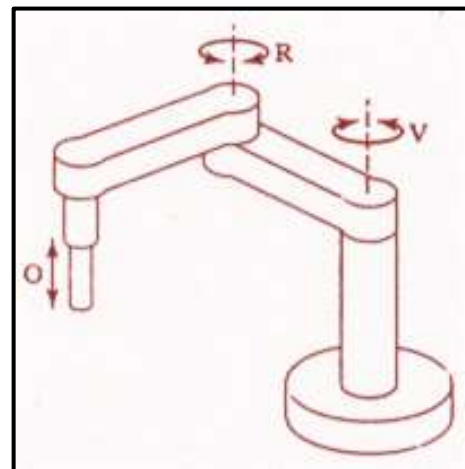
Atau *Jointed-Arm Robot*, manipulator robot ini memiliki konfigurasi umum lengan manusia. Lengan sendi terdiri dari kolom vertikal yang dapat berputar pada dasar menggunakan *T joint*. Pada puncak kolom terdapat sendi bahu (*R joint*) yang batang-hubung outputnya dihubungkan dengan sendi siku (*R joint*). Gambar 10.10 merupakan robot sendi-lengan.



**Gambar 10.10. Robot Sendi-Lengan**

**5) SCARA**

Singkatan dari *Selective Compliance Assembly Robot Arm* (Lengan Robot Rakitan Pemenuhan Selektif). Konfigurasinya mirip dengan robot sendi-lengan kecuali sumbu rotasi bahu dan siku adalah vertikal, yang berarti bahwa lengan itu sangat kaku dalam arah vertikal, tetapi dapat memenuhi dalam arah horisontal. Gambar 10.11 merupakan robot SCARA.



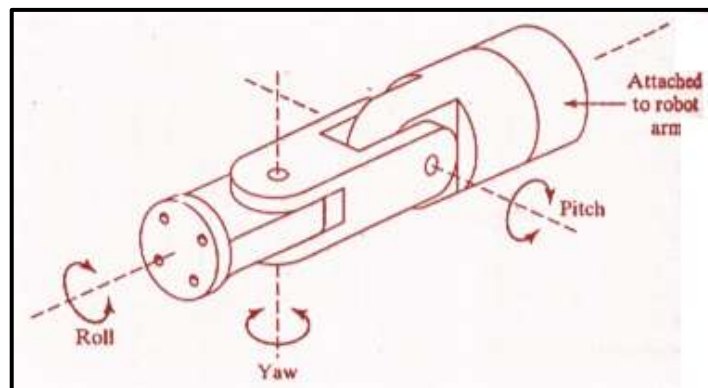
**Gambar 10.11. Robot SCARA**

### 10.6. Konfigurasi Pergelangan

Pergelangan robot digunakan untuk menentukan orientasi efektor ujung (*end effector*). Pergelangan robot umumnya memiliki dua atau tiga derajat kebebasan. Ketiga sendi tersebut didefinisikan sebagai:

- 1) **Roll**, menggunakan *T joint* untuk melakukan rotasi pada sumbu lengan robot
- 2) **Pitch**, biasanya menggunakan *R joint* untuk melakukan rotasi naik dan turun
- 3) **Yaw**, biasanya juga menggunakan *R joint* untuk melakukan rotasi kesamping kiri dan kanan.

Gambar 10.12 merupakan gambar rakitan pergelangan.



**Gambar 10.12. Rakitan Pergelangan**

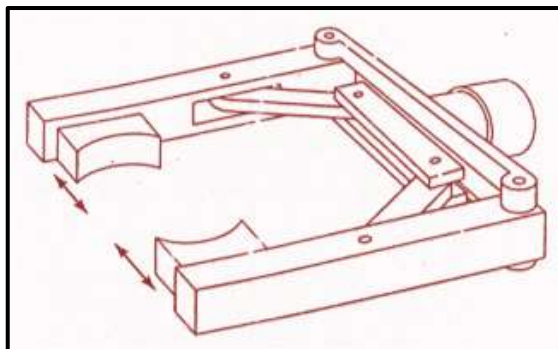
Bila posisi seperti Gambar 10.12, maka sendi yang kedua (dibelakang) berfungsi sebagai **pitch**, tetapi bila posisi **roll** diputar  $90^\circ$  sendi kedua melakukan rotasi ke kiri dan ke kanan maka berfungsi sebagai **yaw**, sedang sendi pertama (di depan) melakukan rotasi ke atas dan ke bawah maka berfungsi sebagai **pitch**.

### 10.7. Penjepit (*Gripper*)

Merupakan salah satu bentuk yang terdapat pada efektor ujung. Beberapa jenis penjepit yang biasa digunakan dalam industri antara lain:

#### 1) Penjepit mekanik

Terdiri dari dua atau lebih jari, yang dijalankan oleh kontroler robot untuk membuka dan menutup genggaman terhadap benda kerja. Dalam Gambar 10.13 menggunakan dua jari penjepit.



**Gambar 10.13. Penjepit Dua Jari**

**2) Penjepit vakum**

Digunakan untuk memegang benda kerja datar.

**3) Alat-alat magnetik**

Digunakan untuk memegang benda kerja yang terbuat dari logam ferrous (Fe).

**10.8. Perkakas (Tool)**

Efektor ujung juga dapat berbentuk perkakas yang digunakan bila robot harus melakukan suatu operasi pemrosesan benda kerja. Beberapa contoh perkakas yang digunakan sebagai efektor ujung antara lain:

- *Spot welding gun,*
- *Arc welding tool,*
- *Spray painting gun,*
- *Rotating spindle for drilling, routing, grinding, and so forth,*
- *Assembly tool (e.g. automatic screw driver),*
- *Heating torch,*
- *Water jet cutting tool.*

**10.9. Sensor Dalam Robotik**

Fungsi sensor dalam robotik adalah memberi informasi terus menerus kepada kontroler robot mengenai posisi, kecepatan, dan akselerasi dari setiap batang-hubung (*link*) yang bisa diumpan balik ke unit kontroler sehingga sistem dapat dikendalikan dengan tepat. Informasi sensor dapat berupa signal digital atau signal analog (diproses dahulu oleh transduser).

Sensor robotik dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

**1) Sensor internal**

Digunakan untuk mengendalikan posisi dan kecepatan berbagai jenis sendi (*joint*) robot. Sensor ini membentuk kendali loop umpan balik dengan kontroler robot. Jenis sensor yang digunakan untuk mengendalikan posisi lengan robot adalah potensiometer dan enkoder optik, sedang untuk mengendalikan kecepatan lengan robot digunakan tachometer.

**2) Sensor eksternal**

Digunakan untuk mengkoordinasi operasi robot dengan peralatan lain dalam sel. Dalam banyak hal, sensor eksternal merupakan peralatan relatif sederhana, seperti misalnya saklar batas untuk menentukan apakah posisi telah ditempatkan dengan tepat dalam pemegang atau mengidentifikasi bahwa part telah siap untuk dibawa oleh konveyor.

**10.10. Kontroler**

Kontroler Robot mempunyai tiga tugas utama, yaitu:

- 1) Memulai dan menghentikan gerakan setiap komponen manipulator sesuai dengan urutan dan lokasi yang diinginkan;
- 2) Menyimpan data posisi dan urutan di dalam memori;
- 3) Menghubungkan robot dengan dunia luar melalui sensor.



Dalam melakukan tugas di atas, kontroler melakukan perhitungan aritmatika untuk menentukan jalur, kecepatan, dan posisi manipulator yang tepat. Kontroler juga harus mengirimkan signal ke aktuator dengan menggunakan informasi dari sensor.

### 10.11. Unit Konversi Daya

Fungsinya adalah untuk memberikan energi yang diperlukan oleh aktuator manipulator. Bentuknya dapat berupa amplifier daya untuk sistem yang menggunakan servo, atau kompresor untuk sistem yang menggunakan aktuator pneumatik atau hidrolis.

Untuk bentuk aplikasi dari robot industri, antara lain:

- 1) *Spot welding and arc welding.*
- 2) *Spray painting.*
- 3) *Grinding.*
- 4) Aplikasi lain yang melibatkan peralatan rotasi.
- 5) *Parts handling/transfer.*
- 6) Operasi perakitan.
- 7) *Parts sorting.*
- 8) Inspeksi.

### Forum

Tuliskan judul jurnal yang terdapat pada link di pertemuan ini. Selain itu jika terdapat pertanyaan atau apapun yang terkait dengan materi ke-10 serta tugas pertemuan #10 (online #8) dapat juga dituliskan pada Forum ini.

### Link Jurnal

Untuk memahami materi ke 10 ini, silahkan baca jurnal yang terkait dengan pembahasan materi ke-10 yang dapat dilihat pada link berikut.

<http://jnte.ft.unand.ac.id/index.php/jnte/article/view/321/261>

### Kuis

Jawab pertanyaan berikut dengan memilih jawaban yang paling sesuai.

1. Yang **bukan** merupakan jenis sendi pada konfigurasi pergelangan (*wrist*), adalah:
  - a. Roll
  - b. Role
  - c. Pitch
  - d. Yaw
2. Yang **bukan** merupakan jenis penjepit (*gripper*) pada efektor ujung robot, adalah:
  - a. Penjepit mekanik
  - b. Perkakas
  - c. Penjepit vakum
  - d. Alat-alat magnetik

3. Komponen yang berfungsi untuk memberikan energi yang diperlukan oleh aktuator manipulator, adalah:
  - a. Sensor
  - b. Unit konversi daya
  - c. Kontroler
  - d. Manipulator
  
4. Jenis sendi robot yang bergerak dengan meluncur, tetapi kedua batang-hubung saling tegak lurus selama bergerak, adalah:
  - a. Sendi linier
  - b. Sendi ortogonal
  - c. Sendi rotasional
  - d. Sendi puntir
  
5. Nama lain dari robot koordinat cartesian, adalah:
  - a. Robot SCARA
  - b. Robot x-y-z
  - c. Robot sendi lengan
  - d. Robota

### **Tugas**

Jawablah pertanyaan dibawah ini yang bersumber dari jurnal yang ada pada pertemuan ini:

1. Latar belakang dari penelitian tersebut.
2. Tujuan dari penelitian tersebut.
3. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut.
4. Hasil dari penelitian tersebut.
5. Manfaat dari hasil penelitian tersebut.

### **Daftar Pustaka**

- Asfahl C. R, 1995, Robot and Manufacturing Automation, Singapore, John Willey & Sons
- D. Bedworth, M. Hendeerson and P. Wolfe, 1991, Computer Integrated Design, McGraw-Hill
- Frank D. Petruzella, 1996, Industrial Electronics, McGraw-Hill
- Groover, Mikell P., 2001, Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, Second Edition, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Katsuhiko Ogata, 1995, Teknik Kontrol Automatik, Jakarta, Penerbit Erlangga
- Richard C. Dorf, Andrew Kusiak, 1994, Handbook of Design, Manufacturing and Automation, John Wiley & Soons Inc.
- T. C Chang, R Wysk and H. P Wabng, 1998, Computer Aided Manufacturing Integrated Manufacturing, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Thomas O. Bouchery, 1996, Computer Automation in Manufacturing, Chapman & Hall