

## **BAB I PENGANTAR MEKATRONIKA**

### **1.1. Tujuan Intruksional**

1. Mahasiswa Mampu Mengetahui Tentang Mekatronika
2. Mahasiswa Mampu Menjelaskan Aspek elektrik dan Mekanika

### **1.2. Gambaran Umum Tentang Mekatronika**

Mekatronika adalah kata baru yang lahir di Jepang pada awal tahun 1970an yang merupakan gabungan antara 2 kata yaitu mechanics dan electronics. Sekarang kita sering melihat di sekeliling kita barang-barang mekatronik seperti robot, mesin bubut NC, kamera digital, printer dan lain sebagainya. Persamaan dari barang-barang mekatronik ini adalah objek yang dikendalikan adalah gerakan mesin. Jika dibandingkan dengan gerakan mesin konvensional maka gerakan mesin tersebut lebih bersifat fleksibel dan lebih memiliki kecerdasan. Hal ini dimungkinkan karena memanfaatkan kemajuan iptek micro-electronics. Artinya dengan bantuan micro-electronics mesin dapat bergerak dengan lebih cerdas. Jika seseorang memberikan sebuah perintah, lalu semua dapat dipasrahkan ke mesin yang dapat bergerak secara otomatis. Ini sangat membantu menciptakan mesin atau alat yang praktis dan mudah digunakan. Sehingga sumber daya pada manusia seperti waktu dan otak dapat dipakai untuk pekerjaan yang lain, sehingga dapat menciptakan nilai tambah.

Pada awalnya mekatronik diarahkan pada 3 target yaitu: penghematan energi (energi saving), pengecilan dimensi dan peringan berat, dan peningkatan kehandalahan (reliability). Sekarang, setelah 30 tahun lebih beralu dari kelahirannya, perlu dirumuskan kembali arah mekatronik sesuai dengan perkembangan jaman. Dan khususnya untuk Indonesia sebagai negara yang masih berkembang dengan segudang permasalahannya, rasanya arah mekatronik perlu ditentukan agar dapat membantu memecahkan masalah-masalah yang ada dengan tetap memperhatikan lingkungan regional dan global.

Mekatronik adalah teknologi atau rekayasa yang menggabungkan teknologi tentang mesin, elektronika, dan informatika untuk merancang, memproduksi, mengoperasikan dan memelihara sistem untuk mencapai tujuan yang diamanatkan. Seperti diketahui dari definisi, mekatronika adalah gabungan disiplin teknik mesin, teknik elektro, teknik informatika, dan teknik kendali. Pada awalnya, secara khusus tidak ada disiplin mekatronika. Untuk menggabungkan beberapa disiplin iptek tersebut, mekatronika memerlukan teori kendali dan teori sistem.

Secara sempit pengertian mekatronika mengarah pada teknologi kendali numerik yaitu teknologi mengendalikan mekanisme menggunakan aktuator untuk mencapai tujuan tertentu dengan memonitor informasi kondisi gerak mesin menggunakan sensor, dan memasukkan informasi tersebut ke dalam mikro-prosesor. Ini menyumbangkan kemajuan yang spektakuler jika dibandingkan dengan kontrol otomatis menggunakan instrumen analog, karena dapat merubah skenario kontrol secara fleksibel dan dapat memiliki fungsi pengambilan keputusan tingkat tinggi.

Contoh klasik barang mekatronik adalah lengan robot dan mesin bubut kontrol numerik. Barang-barang ini dapat melakukan pekerjaan-pekerjaan yang berbeda-beda dengan cara merubah program mereka sesuai kondisi yang diminta, karena telah ditambahkan kemampuan kendali aktif yang canggih terhadap mekanisme yang telah ada. Beberapa manfaat penerapan mekatronik adalah sebagai berikut:

1. **Meningkatkan fleksibilitas.** Manfaat terbesar yang dapat diperoleh dari penerapan mekatronik adalah meningkatkan fleksibilitas mesin dengan menambahkan fungsi-fungsi baru yang mayoritas merupakan kontribusi mikro-prosesor. Sebagai contoh, lengan robot industri dapat melakukan berbagai jenis pekerjaan dengan merubah program peranti lunak di mikro-prosesornya seperti halnya lengan manusia. Ini yang menjadi faktor utama dimungkinkannya proses produksi produk yang beraneka ragam tipenya dengan jumlah yang sedikit-sedikit.

2. **Meningkatkan kehandalan.** Pada mesin-mesin konvensional (manual) muncul berbagai masalah yang diakibatkan oleh berbagai jenis gesekan pada mekanisme yang digunakan seperti: keusangan, masalah sentuhan, getaran dan kebisingan. Pada penggunaan mesin-mesin tersebut diperlukan sarana dan operator yang jumlahnya banyak untuk mencegah timbulnya masalah-masalah tersebut. Dengan menerapkan switch semikonduktor misalnya, maka masalah-masalah akibat sentuhan tersebut dapat diminimalkan sehingga meningkatkan kehandalan. Selain itu, dengan menggunakan komponen-komponen elektronika untuk mengendalikan gerakan, maka komponen-komponen mesin pengendali gerak bisa dikurangi sehingga meningkatkan kehandalan.

3. **Meningkatkan presisi dan kecepatan.** Pada mesin-mesin konvensional (manual) yang sebagian besar menggunakan komponen-komponen mesin sebagai pengendali gerak, tingkat presisi dan kecepatan telah mencapai garis saturasi yang sulit untuk diangkat lagi. Dengan menerapkan kendali digital dan teknologi elektronika, maka tingkat presisi mesin dan kecepatan gerak mesin dapat diangkat lebih tinggi lagi sampai batas tertentu. Batas ini misalnya adalah rigiditas mesin yang menghalangi kecepatan lebih tinggi karena munculnya getaran. Hal ini melahirkan tantangan baru yaitu menciptakan sistem mesin yang memiliki rigiditas lebih tinggi.

Struktur mekatronik dapat dipilah menjadi 2 buah dunia yaitu dunia mekanika dan dunia elektronika. Di dunia mekanika terdapat mekanisme mesin sebagai objek yang dikendalikan. Di dunia elektronika terdapat beberapa elemen mekatronika yaitu: sensor, kontroler, rangkaian penggerak, aktuator dan sumber energi.

Elemen-elemen mekatronik dapat dijelaskan sebagai berikut:

**Mekanisme mesin.** Ini adalah objek kendali yang bisa berupa lengan robot, mekanisme penggerak otomotif, generator pembangkit listrik dan lain sebagainya. **Sensor.** Ini adalah elemen yang bertugas memonitor keadaan objek yang dikendali. Sensor ini dilengkapi dengan rangkaian pengkondisi sinyal yang berfungsi memproses sinyal listrik menjadi sinyal yang mengandung informasi yang bisa dimanfaatkan.

**Kontroler.** Ini adalah elemen yang mengambil keputusan apakah keadaan objek kendali telah sesuai dengan nilai referensi yang diinginkan, dan kemudian memproses informasi untuk menetapkan nilai komando guna merevisi keadaan objek kendali.

**Rangkaian penggerak.** Ini adalah elemen yang berfungsi menerima sinyal komando dari kontroler dan mengkonversinya menjadi energi yang mampu menggerakkan aktuator untuk melaksanakan komando dari kontroler. Elemen ini selain menerima informasi dari kontroler juga menerima catu daya berenergi tinggi.

**Aktuator.** Ini adalah elemen yang berfungsi mengkonversi energi dari energi listrik ke energi mekanik. Bentuk konkrit aktuator ini misalnya: motor listrik, tabung hidrolik, tabung pneumatik, dan lain sebagainya.

**Sumber energi.** Ini adalah elemen yang mencatu energi listrik ke semua elemen yang membutuhkannya. Salah satu bentuk konkrit sumber energi adalah baterai untuk sistem yang berpindah tempat, atau adaptor AC-DC untuk sistem yang stasionari (tetap di tempat).

Struktur mekatronika yang digambarkan di sini dari segi teori kendali disebut sistem umpan balik (closed loop). Sistem umpan balik ini menyerupai makhluk hidup, dimana dalam melakukan kegiatan selalu merevisi tindakannya berdasarkan informasi umpan balik yang dikirim oleh indra ke otak. Dengan demikian mekatronika adalah merealisasikan sistem mekanik yang mampu melakukan pekerjaan seperti halnya seorang manusia yang memiliki kondisi yang sempurna.

### 1.3. Penyajian

Batas formal antara berbagai disiplin ilmu rekayasa (engineering) saat ini semakin kabur seiring dengan perkembangan teknologi IC (Integrated Circuit = rangkaian elektronika terpadu) dan komputer. Hal ini terutama terlihat jelas pada bidang mekanik dan elektronik yaitu semakin banyak produk yang merupakan integrasi dari kedua bidang tersebut, sehingga berkembang suatu bidang yang disebut mekatronika, yang merupakan perluasan cakupan dari bidang elektromekanik.

Beberapa definisi dari yang diambil dari berbagai sumber di antaranya:

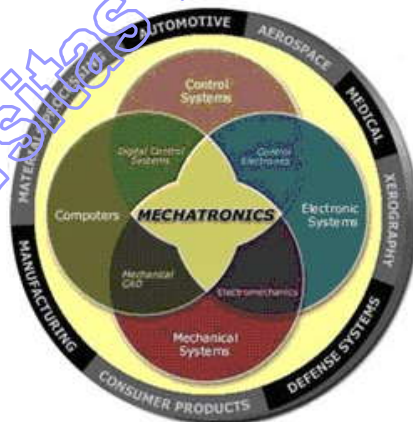
"Integration of microprocessor control system, electrical systems and mechanical system" (Bolton, Mechatronics)

"The synergistic combination of precision mechanical engineering, electronic control and systems thinking in the design of products and manufacturing processes" (Journal of Mechatronics)

"the synergistic use of precision engineering, control theory, computer science, and sensor and actuator technology to design improved products and processes" (ME Magazine)

"The interdisciplinary field of engineering dealing with the design of products whose function relies on the synergistic integration of mechanical and electronic components coordinated by a control architecture." (Alciatore, D.G. and Hystand, M.B.)

Dari berbagai pengertian di atas maka dicoba disusun pengertian dari mekatronika yaitu integrasi dari sistem mekanik dan elektronik yang dikendalikan dengan komputer dan dimanfaatkan pada produk maupun proses produksi. Saat ini mekatronika sudah dianggap sebagai suatu bidang tersendiri, meskipun tidak terlepas hubungannya dengan bidang ilmu lainnya. Gambar 1.1 menunjukkan cakupan dari bidang mekatronika beserta bidang-bidang yang memanfaatkan perkembangan bidang mekatronika.



Gambar 1.1. Ilustrasi sistem mekatronika sebagai perpotongan dari sistem mekanik, elektronik, kontrol, dan komputer (Sumber gambar : Alciatore & Hystand, 2003)

Saat ini pengendalian sistem mekanik hampir seluruhnya dilakukan menggunakan sistem kendali elektronik dan sebagian besar di antaranya menggunakan komputer.

Contohnya adalah mesin mobil. Dahulu sistem pembakaran yang terjadi pada silinder dikendalikan sepenuhnya secara mekanis. Banyaknya bahan bakar dan udara diatur langsung dari pedal lewat perantara kabel dengan perbandingan yang telah disetel sebelumnya. Katup terbuka dan tertutup diatur secara mekanik menggunakan camshaft tergantung posisi piston.

Saat ini banyak sekali sensor yang terlibat pada sistem pembakaran mobil yaitu di antaranya sensor kecepatan dan posisi poros engkol, sensor temperatur udara dan bahan bakar, dan sensor pada pedal gas. Semua informasi dari sensor tersebut diolah oleh sistem pengendali berupa komputer yang disebut Engine Control Unit untuk digunakan mengatur waktu dan besarnya bukaan katup serta perbandingan bahan bakar-udara yang dapat disesuaikan dengan kondisi mesin ataupun pengendara.

Pada mobil juga terdapat berbagai sistem lain yang saat ini menerapkan sistem mekatronika, yaitu sistem transmisi otomatis, sistem suspensi aktif, sistem anti-lock braking system (ABS), sistem pengkondisi udara, serta display kecepatan, putaran mesin dan level bahan bakar.

Selain kendaraan bermotor, mekatronika juga diterapkan pada berbagai hal antara lain

- perancangan sensor/transduser
- peralatan rumah tangga dan perkantoran : mesin cuci, mesin isap debu, timbangan digital, microwave, remote control, pembuat kopi, sistem HVAC, kamera, mesin foto kopi dan masih banyak lagi
- berbagai peranti pada komputer : mouse, printer, disk drive, CD ROM drive, keyboard
- dunia penerbangan : pengendalian pesawat terbang secara Fly By Wire (FBW)
- peralatan medis dan laboratorium
- bidang industri : monitoring dan kendali berbagai peralatan industri
- bidang robotika

Komponen utama pada suatu sistem mekatronika adalah sensor, aktuator, dan kontroler. Sensor digunakan untuk mendeteksi variabel pada sistem. Aktuator berfungsi untuk memberikan aksi pada sistem yang dikendalikan.

### 1.3. Aspek Pengendalian Elektrik

Sistem kendali mempunyai tiga unsur yaitu input, proses, dan output.



Gambar 1.2. Unsur-unsur sistem kendali

Input pada umumnya berupa sinyal dari sebuah transduser, yaitu alat yang dapat merubah besaran fisik menjadi besaran listrik, misalnya tombol tekan, saklar batas, termostat, dan lain-lain. Transduser memberikan informasi mengenai besaran yang diukur, kemudian informasi ini diproses oleh bagian proses. Bagian proses dapat berupa rangkaian kendali yang menggunakan peralatan yang dirangkai secara listrik, atau juga berupa suatu sistem kendali yang dapat diprogram misalnya sistem berbasis mikroprosesor, mikrokontroler atau PLC

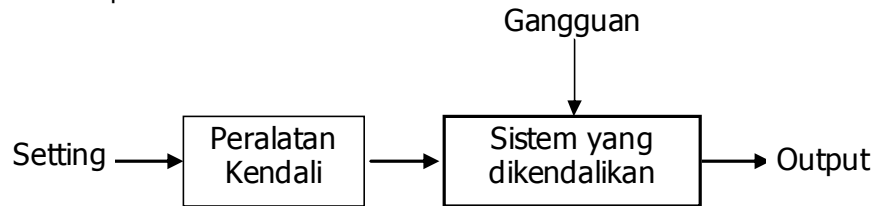
Pemrosesan informasi (sinyal input) menghasilkan sinyal output yang selanjutnya digunakan untuk mengaktifkan aktuator (peralatan output) yang dapat berupa motor listrik,

kontaktor, katup selenoid, lampu, dan sebagainya. Dengan peralatan output, besaran listrik diubah kembali menjadi besaran fisik.

Sistem kendali dibedakan menjadi dua, yaitu sistem kendali loop terbuka dan sistem kendali loop tertutup.

#### a) Sistem Kendali Loop Terbuka

Sistem kendali loop terbuka adalah proses pengendalian di mana variabel input mempengaruhi output yang dihasilkan. Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem kendali loop terbuka.



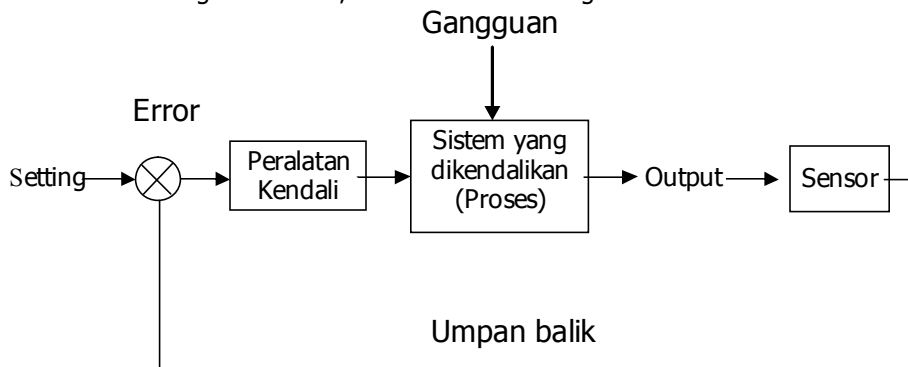
Gambar 1.3. Diagram blok sistem kendali loop terbuka

Dari gambar 3 di atas, dapat dipahami bahwa tidak ada informasi yang diberikan oleh peralatan output kepada bagian proses sehingga tidak diketahui apakah hasil output sesuai dengan yang dikehendaki.

#### b) Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem kendali loop tertutup adalah suatu proses pengendalian di mana variabel yang dikendalikan (output) disensor secara kontinyu, kemudian dibandingkan dengan besaran acuan.

Variabel yang dikendalikan dapat berupa hasil pengukuran temperatur, kelembaban, posisi mekanik, kecepatan putaran, dan sebagainya. Hasil pengukuran tersebut diumpam-balikkan ke pembanding (komparator) yang dapat berupa peralatan mekanik, listrik, elektronik, atau pneumatik. Pembanding membandingkan sinyal sensor yang berasal dari variabel yang dikendalikan dengan besaran acuan, dan hasilnya berupa sinyal kesalahan. Selanjutnya, sinyal kesalahan diumpamkan kepada peralatan kendali dan diproses untuk memperbaiki kesalahan sehingga menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki. Dengan kata lain, kesalahan sama dengan nol.



Gambar 1.4. Sistem kendali loop tertutup

#### Peran Teknologi Digital dalam Pengendalian

Perkembangan Teknologi rangkaian terintegrasi khususnya sistem mikroprosesor memberikan kontribusi yang signifikan terhadap bidang kendali digital.

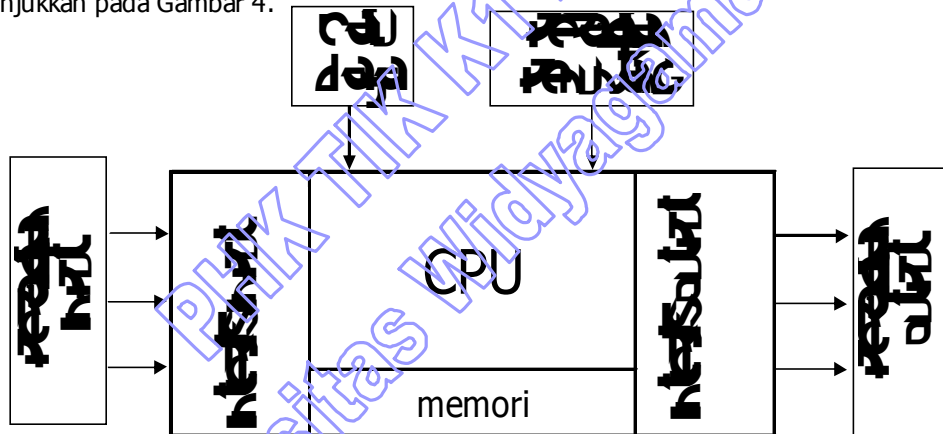
Teknologi mikroprosesor telah banyak diterapkan untuk pengendalian berbagai peralatan baik industri hingga rumah tangga. Kehadiran mikrokontroler menjadi penerapan pengendali digital relatif mudah diterapkan pada berbagai aplikasi yang portabel.

Hingga akhir tahun 1970, sistem otomasi mesin dikendalikan oleh relai elektromagnet. Dengan semakin meningkatnya perkembangan teknologi, tugas-tugas pengendalian dibuat dalam bentuk pengendalian terprogram yang dapat dilakukan antara lain menggunakan PLC (Programmable Logic Controller). Dengan PLC, sinyal dari berbagai peralatan luar diinterferis sehingga fleksibel dalam mewujudkan sistem kendali. Disamping itu, kemampuannya dalam komunikasi jaringan memungkinkan penerapan yang luas dalam berbagai operasi pengendalian sistem.

Dalam sistem otomasi, PLC merupakan 'Jantung' sistem kendali. Dengan program yang disimpan dalam memori PLC, dalam eksekusinya, PLC dapat memonitor keadaan sistem melalui sinyal dari peralatan input, kemudian didasarkan atas logika program menentukan rangkaian aksi pengendalian peralatan output luar.

PLC dapat digunakan untuk mengendalikan tugas-tugas sederhana yang berulang-ulang, atau di-interkoneksi dengan yang lain menggunakan komputer melalui sejenis jaringan komunikasi untuk mengintegrasikan pengendalian proses yang kompleks.

Cara kerja sistem kendali PLC dapat dipahami dengan diagram blok seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 1.5. Diagram blok PLC

#### 1.4. Aspek Mekanika

**Otomotif** adalah ilmu yang mempelajari tentang alat-alat transportasi darat yang menggunakan mesin, terutama mobil dan sepeda motor. Otomotif mulai berkembang sebagai cabang ilmu seiring dengan diciptakannya mesin mobil. Dalam perkembangannya, mobil menjadi alat transportasi kompleks yang terdiri dari ribuan komponen yang tergolong dalam puluhan sistem dan subsistem.

**Pompa bahan bakar** adalah komponen penting dalam sebuah mobil atau mesin kombusi dalam lainnya. Bahan bakar harus dipompa dari tangki bensin ke mesin dan diantar dalam tekanan rendah ke karburator atau dalam tekanan tinggi ke sistem injeksi bahan bakar. Beberapa mesin injeksi bahan bakar memiliki 2 macam pompa untuk tujuan ini: satu pompa tekanan rendah/volume besar di tangki dan satu tekanan tinggi/volume rendah di atau dekat mesin.

**Suspensi** adalah kumpulan komponen tertentu yang berfungsi meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kendaraan akibat permukaan jalan yang tidak rata yang dapat meningkatkan kenyamanan berkendara dan pengendalian kendaraan. Ada dua jenis utama suspensi yaitu sistem suspensi dependen dan sistem suspensi independen.

**Peredam kejut**, shock absorber, shock breaker, atau damper adalah sebuah alat mekanik yang didesain untuk meredam hentakan yang disebabkan oleh energi kinetik. Peredam kejut adalah bagian penting dalam suspensi kendaraan bermotor, roda pendaratan pesawat terbang, dan mendukung banyak mesin industri. Peredam kejut berukuran besar juga digunakan dalam arsitektur dan teknik sipil untuk mengurangi kelemahan struktur akibat gempa bumi dan resonansi

Dalam kendaraan, alat ini berfungsi untuk mengurangi efek dari kasarnya permukaan jalan. Tanpa peredam kejut, kendaraan dapat terlempar, seperti energi yang disimpan dalam per/pegas, kemudian dilepaskan pada kendaraan, barangkali melebihi gerakan suspensi. Kontrol gerakan berlebih pada suspensi tanpa peredam kejut diredam secara paksa oleh per yang kaku, yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan dalam berkendara. Peredam kejut diperkenalkan menggunakan per yang lembut yang mengontrol gerakan suspensi dalam merespon gundukan atau lubang. Dan juga, berhubungan dengan pelambatan efek fisik dalam ban itu sendiri, mengurangi gerakan naik turun per. Karena ban tidak selembut per, untuk meredam hentakan ban mungkin dibutuhkan shock yang kaku yang lebih ideal untuk kendaraan

Peredam kejut pneumatik dan hidraulik umumnya mengambil bentuk sebuah silinder dengan piston yang bergerak di dalamnya. Silinder harus diisi dengan cairan kental, seperti minyak hidraulik atau udara. Cairan ini diisikan ke dalam dashpot. Peredam kejut berbasis per umumnya menggunakan per keong atau per daun. Per ideal itu sendiri, bukanlah peredam kejut seperti per yang hanya menyimpan dan tidak menghilangkan atau menyerap energi. Kendaraan biasanya menggunakan dua per atau palang torsi yang berfungsi sebagaimana peredam kejut hidraulik. Dalam kombinasi ini, peredam kejut secara khusus menyediakan piston hidraulik yang menyerap dan menghilangkan getaran. Per tidak dianggap sebagai peredam kejut.

Peredam kejut harus menyerap atau menghilangkan energi. Desainnya harus dipertimbangkan, oleh karena itu harus dibuat ketika mendesain atau memilih sebuah peredam kejut adalah ke mana energi akan pergi. Umumnya, dalam kebanyakan dashpot, energi diubah ke dalam panas di dalam cairan kental. Dalam silinder hidraulik, minyak hidraulik akan memanaskan. Dalam silinder udara, udara panas selalu dilepaskan ke atmosfer. Dalam tipe dashpot yang lain, seperti elektromagnetik, energi yang hilang dapat disimpan dan bisa digunakan kemudian jika diperlukan.

**Sistem transmisi**, dalam otomotif, adalah sistem yang menjadi penghantar energi dari mesin ke diferensial dan as. Dengan memutar as, roda dapat berputar dan menggerakkan mobil.

Transmisi diperlukan karena mesin pembakaran yang umumnya digunakan dalam mobil merupakan mesin pembakaran internal yang menghasilkan putaran (rotasi) antara 600 sampai 6000 rpm. Sedangkan, roda berputar pada kecepatan rotasi antara 0 sampai 2500 rpm.

Sekarang ini, terdapat dua sistem transmisi yang umum, yaitu transmisi manual dan transmisi otomatis. Terdapat juga sistem-sistem transmisi yang merupakan gabungan antara kedua sistem tersebut, namun ini merupakan perkembangan terakhir yang baru dapat ditemukan pada mobil-mobil berteknologi tinggi.

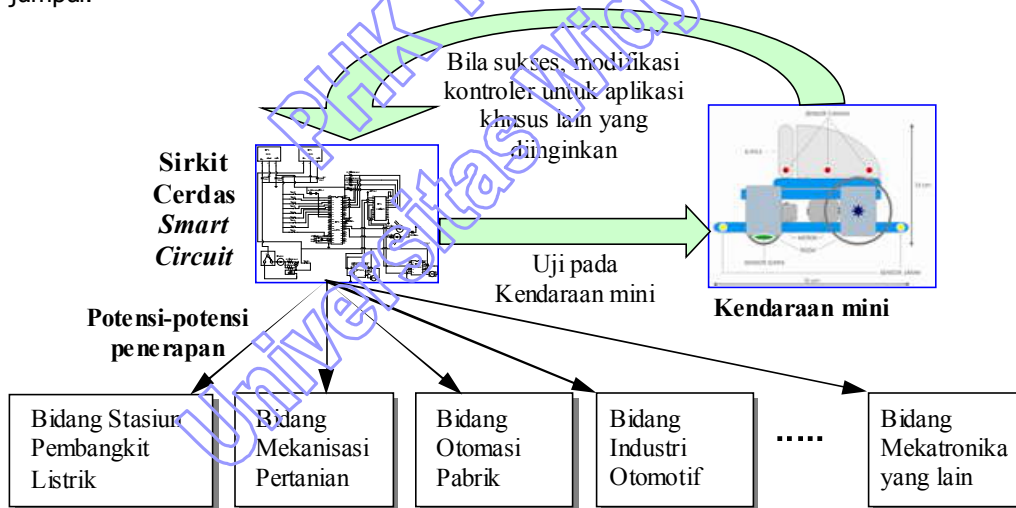
Transmisi manual merupakan salah satu jenis transmisi yang banyak dipergunakan dengan alasan perawatan yang lebih mudah. Biasanya pada transmisi manual terdiri dari 3 sampai dengan 7 speed.

Transmisi semi otomatis adalah transmisi yang dapat membuat kita dapat merasakan sistem transmisi manual atau otomatis, bila kita sedang menggunakan sistem transmisi manual kita tidak perlu menginjak pedal kopling karena pada sistem transmisi ini pedal kopling sudah teratur secara otomatis.

Transmisi otomatis terdiri dari 3 bagian utama, yaitu : Torque converter, Planetary gear unit, dan Hydraulic control unit. Torque converter berfungsi sebagai kopling otomatis dan dapat memperbesar momen mesin. Sedangkan Torque converter terdiri dari Pump impeller, Turbine runner, dan Stator. Stator terletak diantara impeller dan turbine. Torque converter diisi dengan ATF (Automatic Transmission Fluid). Momen mesin dipindahkan dengan adanya aliran fluida.

Begitu banyaknya penggunaan sistem mekatronika dalam kehidupan kita memperkuat salah satu sifatnya yang multiguna (aplikatif). Sebagai contoh sistem mekatronik pada kendaraan bermotor adalah sistem rem ABS ( Anti-lock Breaking system) atau sistem pengereman yang menghindari terkuncinya roda sehingga mobil tetap dapat dikendalikan dalam pengereman mendadak, ESP ( Elektronik Stability Programm), ABC ( Active Body Control) dan Motor-Management-System. Contoh pada Teknologi Penerbangan. Dalam teknologi penerbangan modern digunakan Comfort-In-Turbulence System sehingga dapat meningkatkan kenyamanan penumpang walau ketika terjadi turbulensi. Gust Load Alleviation serta banyak contoh lainnya. Pada Teknik Produksi: Contoh dalam teknik produksi adalah penggunaan sensor pada robot. Sistem kendali umpan balik pada elektromotor berkecepatan rotasi tinggi dengan 'pemegang as' tenaga magnet.

Serta pemutar CD, Harddisk serta mesin pencetak berkecepatan tinggi, atau alat-alat elektronika yang biasa kita gunakan sehari-hari aplikasi mekatronika akan sangat sering kita jumpai.



Gambar 1.6. Potensi-potensi penerapan Sistem Cerdas dalam bidang mekatronika.

### 1.5. Penutup

Pada mobil juga terdapat berbagai sistem lain yang saat ini menerapkan sistem mekatronika, yaitu sistem transmisi otomatis, sistem suspensi aktif, sistem anti-lock braking

system (ABS), sistem pengkondisi udara, serta display kecepatan, putaran mesin dan level bahan bakar.

Selain pada kendaraan bermotor, mekatronika juga diterapkan pada berbagai hal antara lain

- perancangan sensor/transduser
- peralatan rumah tangga dan perkantoran : mesin cuci, mesin isap debu, timbangan digital, microwave, remote control, pembuat kopi, sistem HVAC, kamera, mesin foto kopi dan masih banyak lagi
- berbagai peranti pada komputer : mouse, printer, disk drive, CD ROM drive, keyboard
- dunia penerbangan : pengendalian pesawat terbang secara Fly By Wire (FBW)
- peralatan medis dan laboratorium
- bidang industri : monitoring dan kendali berbagai peralatan industri
- bidang robotika

### **1.6. Soal-soal Latihan**

1. Apakah perbedaan sistem kendali loop terbuka dan loop tertutup?
2. Apakah sesungguhnya PLC itu?
3. Sebutkan masing-masing tiga contoh:
  - a. Alat input
  - b. Alat output
  - c. Alat penunjang