

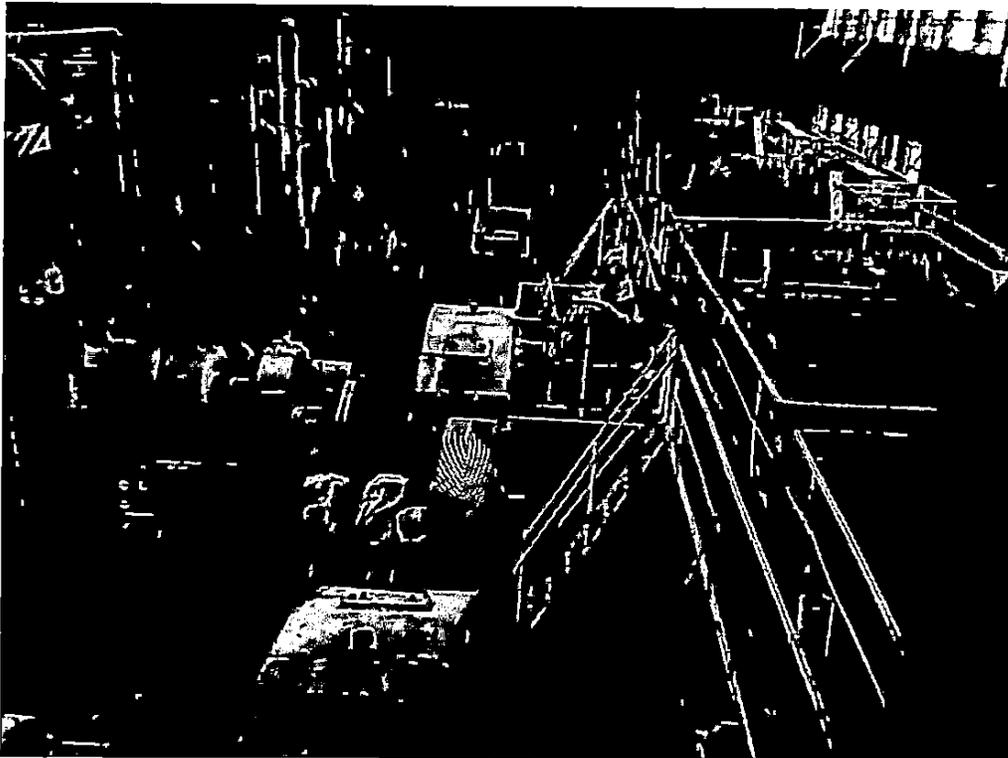
# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Kontrol otomatis telah menjadi bagian yang penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Pada era modern seperti sekarang ini, sistem kontrol otomatis dapat diaplikasikan di industri-industri besar yang sebagian besar proses produksi menggunakan turbin.

Penggilingan tebu di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta memanfaatkan turbin uap untuk menggiling atau memeras tebu sebelum diproses menjadi gula. Terdapat 5 turbin uap yang digunakan dalam proses penggilingan.



**Gambar 1.1. Penggilingan di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta**

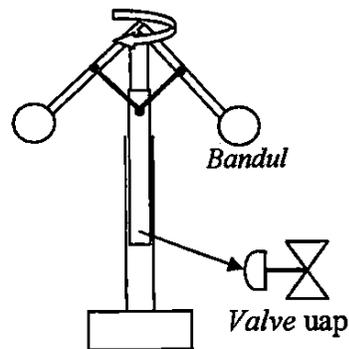
Masing-masing turbin uap memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Proses penggilingan tebu dimulai dari turbin pertama, kemudian ampas tebu dari turbin pertama digiling kembali oleh turbin yang kedua begitu seterusnya sampai turbin yang kelima. Masing-masing turbin memiliki tekanan pemerasan yang berbeda-beda untuk didapatkan air tebu (nira) dengan hasil yang maksimal. Tekanan pemerasan turbin yang pertama lebih kecil dari turbin yang kedua. Tekanan yang paling tinggi terdapat pada turbin kelima yang keluaran dari turbin kelima ini berupa ampas yang sudah kering dan nantinya digunakan dalam proses pembakaran pada ketel.

Apabila terjadi kerusakan pada salah satu turbin (misal: kerusakan terjadi pada turbin ketiga) yang mengakibatkan turbin tidak dapat melanjutkan proses penggilingan, maka ampas yang keluar dari turbin yang kedua tidak dapat melanjutkan ke turbin yang ketiga. Untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara memberi *jumper* antara turbin kedua dan keempat. Waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan *jumper* tersebut adalah  $\pm 6$  jam. Dan kerugian yang dialami oleh perusahaan sebesar  $\pm 60$  juta per jam. (Sumber : M. Zulfan Hudaibi selaku kapala seksi instrumentasi PT Madubaru PG dan PS Masukismo yogyakarta)

### **1. Pengendalian kecepatan putaran turbin**

Kecepatan putaran turbin dipengaruhi oleh beban. Apabila beban besar, maka kecepatan putaran turbin akan rendah dan bila beban kecil, maka kecepatan putaran turbin akan tinggi. *Governor* berfungsi untuk menjaga kestabilan sistem terhadap adanya variasi beban. Apabila kecepatan putaran turun, *suplay* tekanan

uap harus ditambah, dan begitu pula bila kecepatan putaran naik, *suplay* tekanan uap harus dikurangi. Hal ini dilakukan untuk menjaga kestabilan kecepatan putaran turbin. Pada *governor*, terdapat suatu batang yang disertai dengan bandul yang berputar mengikuti kecepatan putaran turbin.



Gambar 1.2. Prinsip pengendalian *governor*

Apabila kecepatan putaran tinggi, maka bandul akan naik. Menaiknya bandul ini akan menginstruksikan pada *valve* tekanan uap untuk memperkecil tekanan uap yang masuk agar kecepatan putaran sesuai *setting point*. Bila kecepatan putaran rendah, bandul akan turun dan akan menginstruksikan untuk memperbanyak tekanan uap yang masuk ke turbin.

## 2. Bahaya *overspeed* dan *lowspeed* putaran terhadap mesin penggilingan

- *Overspeed* merupakan penyebab pecahnya turbin, terjadi apabila perubahan beban yang secara drastis menurun dan *governor* tidak dapat mengimbangi *suplay* tekanan uap untuk menyetabilkan kecepatan putaran turbin. Untuk menghindari hal ini, maka tekanan uap harus dikurangi secara manual dengan cara menurunkan *setting*

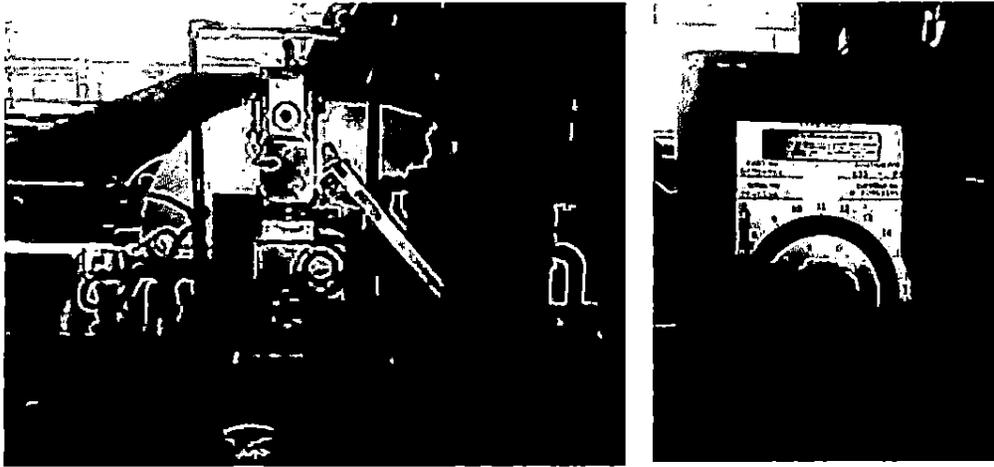
*point* pada *knop governor*. Bila petugas jaga terlambat dalam mengurangi tekanan uap, maka turbin bisa pecah.

- *Lowspeed* merupakan penyebab pecahnya *gear* yang digunakan untuk menggiling tebu, terjadi apabila perubahan beban yang secara drastis naik dan *governor* tidak mampu mengimbangi *suplay* tekanan uap untuk menyetabilkan kecepatan putaran turbin. Bila petugas jaga tidak segera mengurangi beban, *gear* bisa pecah.

Untuk menjaga turbin dari *overspeed* dan *low speed*, petugas jaga harus setiap saat mengawasi nilai rpm pada masing-masing turbin. Apabila kecepatan turbin mendekati *overspeed*, maka petugas jaga harus segera mengurangi kecepatan turbin secara manual pada *governor*. Begitu pula apabila turbin *low speed* (dibawah rpm aman). Tabel 1.1 merupakan nilai rpm dan *overspeed* masing-masing turbin dan gambar 1.3 adalah *governor* dan *knop* pengatur kecepatan putaran turbin uap secara manual.

Tabel 1.1. RPM Aman dan *Overspeed* Turbin

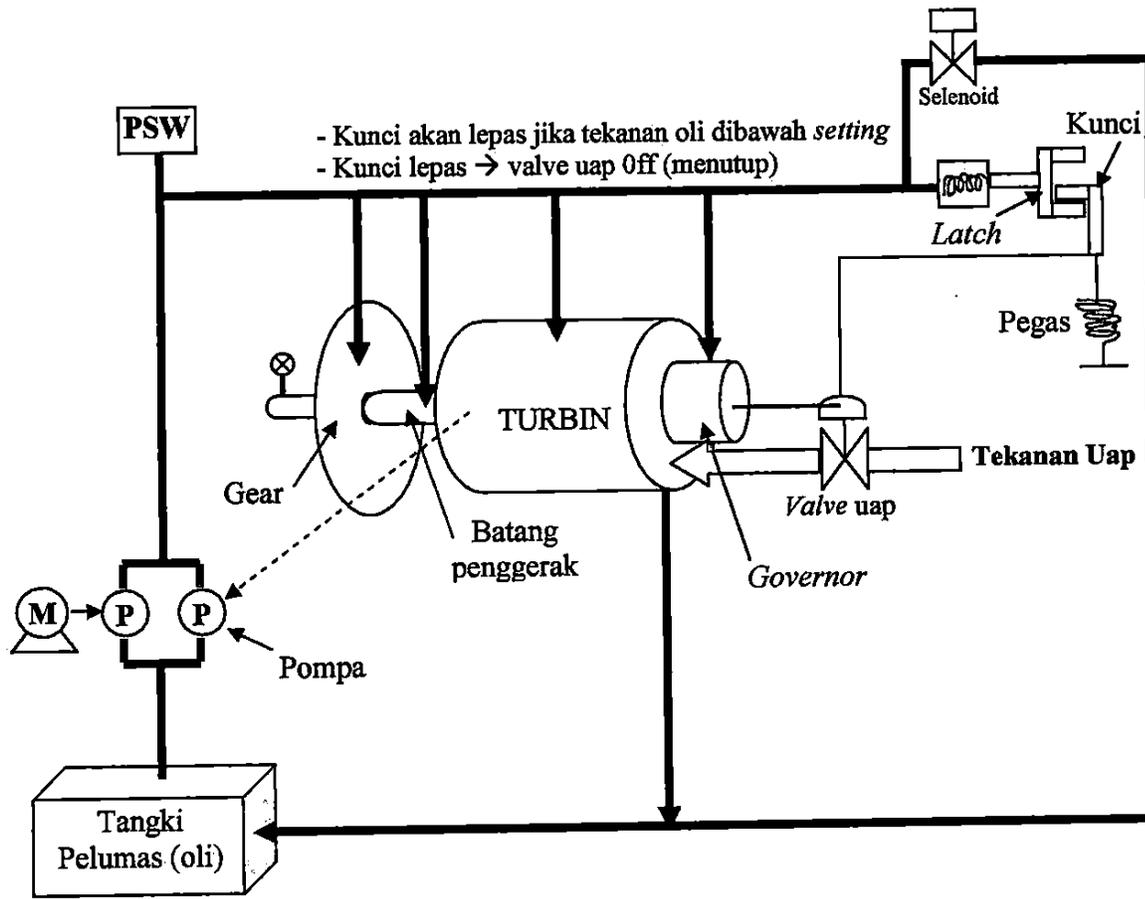
Turbin	RPM Aman	<i>Overspeed</i>
I	3443	3835
II	3480	3809
III	3395	3591
IV	3349	3768
V	2519	2933



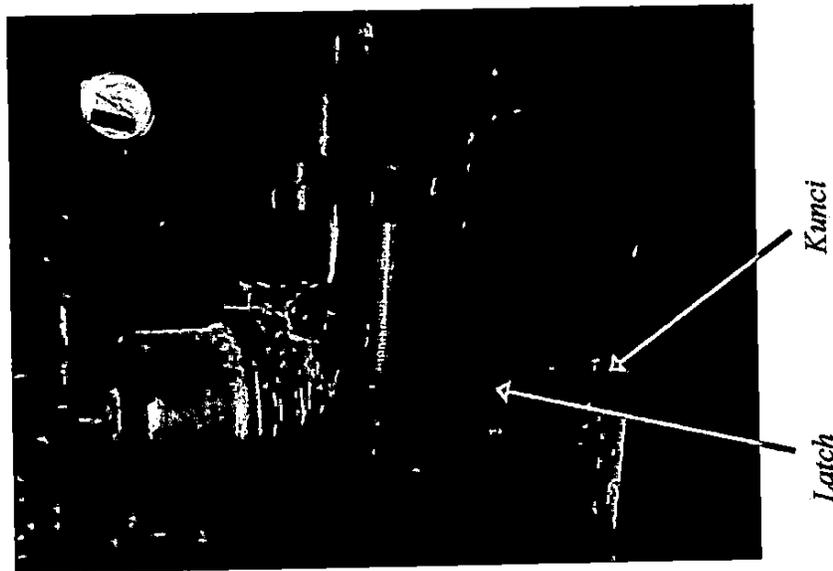
Gambar 1.3. *Governor* dan *knop* pengaturan kecepatan putaran

### 3. Pengaman turbin

*Governor* yang terdapat di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta sudah dilengkapi dengan sistem pengaman yaitu berupa latch dan kunci yang saling terhubung. Apabila latch dan kunci ini terlepas, maka valve tekanan uap akan tertutup. Dan bila tidak ada suplay tekanan uap yang masuk ke turbin, maka putaran turbin akan berhenti. Latch dan kunci akan terlepas, bila tekanan oli yang digunakan untuk pelumasan pada masing-masing bagian turbin dibawah setting yang telah ditentukan yaitu  $0,4 \text{ kg/cm}^2$ . Oleh karena itu pada jalur pelumas yang menuju ke bak penampungan pelumas terpasang selenoid dua kondisi (on / off). Apabila selenoid ini aktif (on), maka oli yang digunakan untuk pelumasan akan menuju ke bak penampungan yang mengakibatkan tekanan oli yang digunakan untuk pelumasan pada masing-masing bagian turbin akan menurun atau bahkan tidak terdapat proses pelumasan. Maka bila selenoid ini diaktifkan, maka latch dan kunci akan terlepas. Dengan terlepasnya latch dan kunci, maka valve tekanan uap akan tertutup dan turbin berhenti.



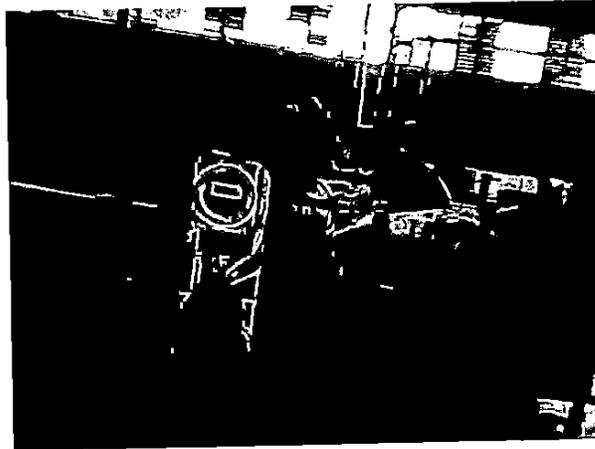
Gambar 1.4. Pengaman turbin



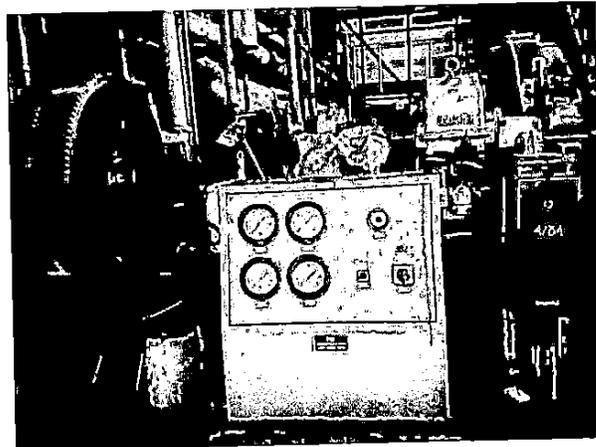
Gambar 1.5. Pengaman pada governor

Pengoperasian *Solenoid* untuk menghentikan turbin ini masih manual, yaitu masih dioperasikan oleh manusia. Oleh karena itu, perlu diupayakan suatu alat yang dapat mengendalikan *solenoid* ini secara otomatis terhadap perubahan kecepatan putaran turbin.

Proses pengamanan pada suatu turbin uap sangat penting untuk menghindari kerusakan dalam turbin mengingat harga masing-masing komponennya yang sangat mahal. Apabila terjadi *overspeed* yang bisa mengakibatkan turbin pecah, maka perusahaan mengalami kerugian yang sangat besar mengingat harga sebuah turbin yang bisa mencapai lebih dari 3 miliar rupiah dan komponen yang sering rusak juga adalah *gear* yang harga per unitnya bisa mencapai lebih dari 1 miliar rupiah. Salah satu cara untuk pengamanan yaitu dengan membatasi dan memantau kecepatan putaran (rpm) turbin. Alat ukur kecepatan putaran yang terdapat di Madukismo pada sistem ini masih menggunakan takometer analog, dan sistem pengamanan turbin apabila terjadi *overspeed* maupun *low speed* masih manual, yaitu dioperasikan oleh manusia. Jadi peranan manusia dalam hal ini sangat dibutuhkan untuk mengendalikan turbin, sehingga sering terjadi kelalaian dalam menjalankan tugas yang menyebabkan faktor *error* yang sangat tinggi. Instrument ini mempunyai harga produk dan perawatan yang relatif mahal. Oleh karena itu, perlu di upayakan instrument sejenis dengan harga yang lebih ekonomis dan perawatan yang murah.



Gambar 1.6. Takometer analog



Gambar 1.7. Indikator untuk *overspeed* turbin uap

### B. Identifikasi Masalah

Pengendalian kecepatan putaran turbin dilakukan menggunakan *governor* dengan cara gaya *sentrifugal* yang menggerakkan tuas pada *governor* mengikuti kecepatan putaran turbin. Mekanik yang digunakan untuk pengendalian ini sering mengalami gangguan yang diakibatkan oleh faktor kerak, debu yang menempel pada tuas, dll. Apabila sistem pengendalian ini terganggu, maka bila kecepatan putaran turbin bertambah terus dan perubahan beban yang sangat

drastis menurun menyebabkan *governor* tidak dapat mengimbangi pemasukan uap untuk menjaga kestabilan kecepatan putarannya.

*Overspeed* merupakan penyebab kerusakan pada turbin. *Overspeed* terjadi bila perubahan beban yang secara drastis menurun dan *governor* tidak dapat mengimbangi *suplay* tekanan uap untuk menyetabilkan kecepatan putaran turbin, maka untuk menjaga kestabilan kecepatan putaran turbin mengandalkan operator jaga yang apabila terlambat dalam mengurangi kecepatan putaran turbin, turbin bisa pecah.

### **C. Batasan Masalah**

*Overspeed* adalah salah satu penyebab kerusakan pada turbin. Oleh karena itu untuk menghindari *overspeed*, maka turbin harus dipantau atau diawasi kecepatan putarannya setiap saat. Untuk mengawasi kecepatan putaran turbin mengandalkan pengawas jaga sehingga dapat beresiko keterlambatan dalam mengurangi kecepatan putaran turbin yang mengakibatkan turbin tersebut pecah.

Sistem pengaman turbin uap terhadap *overspeed* putaran meliputi penginderaan kecepatan putaran, manipulasi data, pengendalian penggerak, dan presentasi data. Dari permasalahan-permasalahan yang teridentifikasi, penelitian dibatasi pada:

1. Pembuatan alat pengaman turbin uap ditujukan untuk pengaman turbin dari *overspeed* atau *low speed*.

2. Pembuatan alat pengaman turbin uap hanya untuk menghentikan putaran turbin.
3. Pengaturan penggerak (*relay*) yang disertakan dalam sistem sebagai respon dari hasil penginderaan yaitu untuk membatasi kecepatan putaran terhadap *overspeed* atau *low speed* putaran.
4. Pembahasan prinsip kerja pengendalian kecepatan putaran turbin disertakan sebagai tambahan.

#### **D. Tujuan Pembuatan Alat**

Pembuatan alat ini ditujukan untuk mengurangi resiko kesalahan yang diakibatkan oleh manusia dengan cara membuat alat pengaman turbin uap terhadap *overspeed* putaran.

#### **E. Manfaat Pembuatan Alat**

Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat mendukung dalam perkembangan sistem pengamanan terhadap turbin uap di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta yang dapat mengetahui dan membatasi kecepatan putaran turbin dan dapat dilengkapi untuk keempat turbin yang lainnya sehingga dapat mengurangi jumlah operator jaga dalam mengawasi kecepatan putaran turbin.

## **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat dijelaskan seperti berikut dibawah ini:

### **BAB I        PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang masalah, identifikasi masalah, batasan masalah, tujuan pembuatan alat, manfaat pembuatan alat, metode penelitian dan sistematika penulisan laporan.

### **BAB II        LANDASAN TEORI**

Berisi teori penunjang yang menguraikan tentang teori-teori yang mendukung dari bagian-bagian perangkat atau alat yang dibuat.

### **BAB III       PERANCANGAN ALAT DAN PEMROGRAMAN**

Berisi metodologi perancangan tentang perangkat keras dan pemrograman yang dipakai.

### **BAB IV       PENGAMATAN DAN ANALISA**

Memuat hasil pengamatan dan pembahasan dari hasil pengujian alat dan pemrograman yang dibuat.

### **BAB V        PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan diskusi tentang penggunaan alat yang telah dirancang sebagai tugas akhir ini.

perubahan beban tidak akan mengakibatkan perubahan putaran turbin (daya berbanding lurus dengan putaran).

Lain halnya dengan mode *isochronous*, "*set point*" putaran *governor* ditentukan berdasarkan kebutuhan daya listrik sistem pada saat itu (*real time*). Kemudian melalui internal proses di dalam *governor* (sesuai dengan kontrol logic dari manufaktur), *governor* akan menyesuaikan nilai output daya mekanik turbin supaya sesuai dengan daya listrik yang dibutuhkan sistem. Pada saat terjadi perubahan beban, *governor* akan menentukan *setting point* yang baru sesuai dengan aktual beban sehingga dengan pengaturan putaran ini diharapkan frekuensi listrik *generator* tetap berada di dalam "*acceptable range*" dan *generator* tidak mengalami "*out of synchronization*".

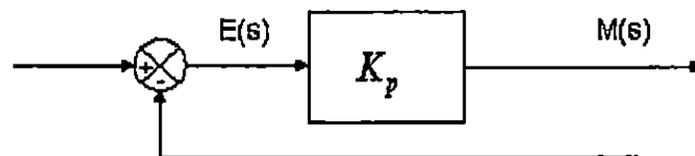
Seperti halnya peralatan listrik yang lain, *governor* juga memiliki keterbatasan kemampuan. Parameter- parameter *governor*, seperti daya mekanik, *gas producer*, *speed droop*, dll. Umumnya memiliki nilai batas atas dan batas bawah sesuai spesifikasi dari pabrik. (Sumber: Rangkuman Diskusi Mailing List Migas Indonesia - Februari 2003).

## **B. Sistem Kendali Umpan Balik Proporsional**

Kontroler proposional memiliki keluaran yang sebanding atau proposional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proposional merupakan perkalian antara konstanta

proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Gambar 2.2 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Sumber: Ogata, 1991:157

Gambar 2.2. Diagram Blok Kontroler Proporsional

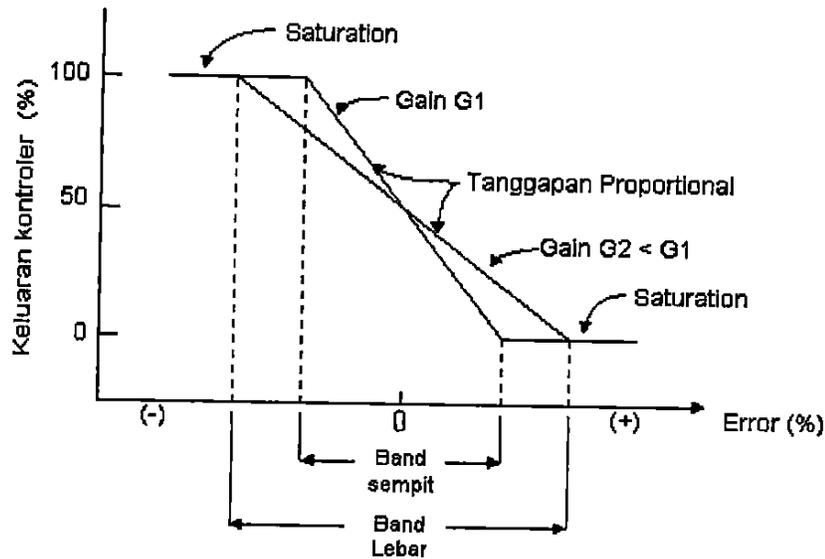
Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, pita proporsional (*proportional band*) dan konstanta proporsional. Daerah kerja kontroler efektif dicerminkan oleh pita proporsional, sedangkan konstanta proporsional menunjukkan nilai faktor penguatan terhadap sinyal kesalahan,  $K_p$ .

Hubungan antara pita proporsional (PB) dengan konstanta proporsional ( $K_p$ ) ditunjukkan secara prosentasi oleh persamaan berikut:

$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

Gambar 2.3 menunjukkan grafik hubungan antara PB, keluaran kontroler dan kesalahan yang merupakan masukan kontroler. Ketika konstanta proporsional

bertambah semakin tinggi, pita proporsional menunjukkan penurunan yang semakin kecil, sehingga lingkup kerja yang dikuatkan akan semakin sempit.



Gambar 2.3. Proporsional Band dari Kontroler Proporsional  
Tergantung pada Penguatan

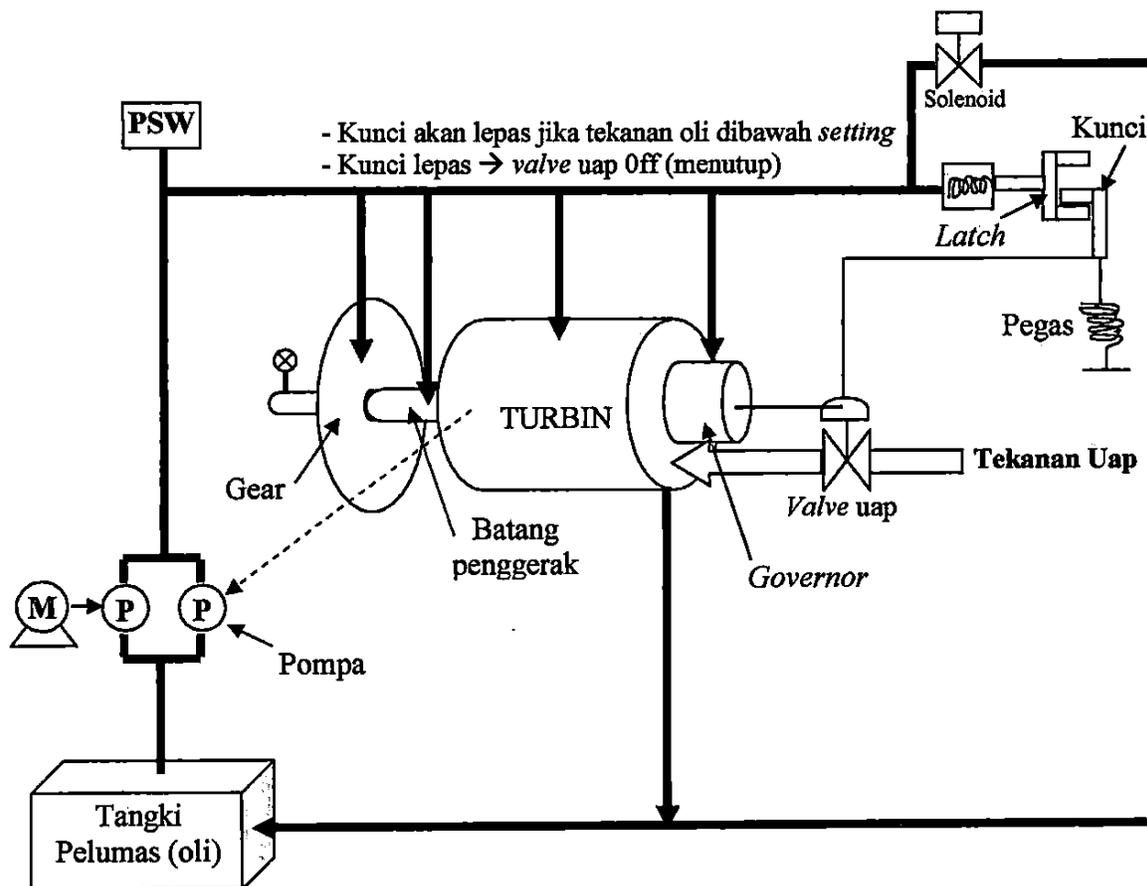
Ciri-ciri kontroler proporsional harus diperhatikan ketika kontroler tersebut diterapkan pada suatu sistem. Secara eksperimen, pengguna kontroler proporsional harus memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut ini:

1. Kalau nilai  $K_p$  kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat.
2. Kalau nilai  $K_p$  dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantapnya.

Namun jika nilai  $K_p$  diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi.

### C. Pengendalian Kecepatan Putaran Turbin Uap di PT Madu Baru PG dan PS Madukismo Yogyakarta

Penggilingan tebu di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta memanfaatkan turbin uap untuk memeras sari tebu (nira) sebelum diproses menjadi gula. Diagram blok turbin uap penggilingan tebu adalah sebagai berikut:



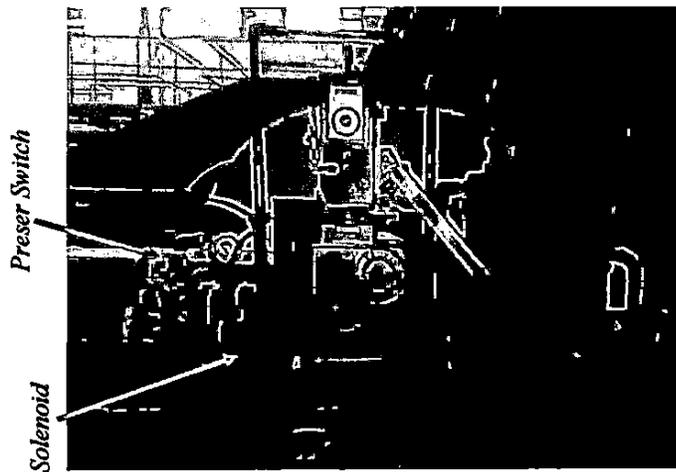
Gambar 2.4. Diagram blok turbin uap penggilingan tebu

Di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta

Semua bagian dari turbin uap diantaranya: turbin, *governor*, batang penggerak, dan *gear* terdapat proses pelumasan. Oli yang terdapat di tangki pelumas di pompa ke masing-masing bagian. Terdapat dua pompa yang

digunakan untuk pelumasan. Pompa pertama digerakkan oleh motor, dan pompa yang kedua bergerak atas dasar kecepatan putaran turbin. Fungsi *preser switch* (PSW) adalah untuk mengatur hidup atau matinya motor. Pada PSW, motor akan hidup apabila tekanan oli  $\leq 1,3 \text{ Kg/cm}^2$  dan akan mati pada tekanan  $\geq 2,1 \text{ Kg/cm}^2$ .

Mode operasi *governor* yang digunakan di Madukismo adalah mode *droop*. Pada mode *droop* ini, *governor* sudah memiliki "*setting point*", *Pmech* (daya mekanik) yang besarnya sesuai dengan rating *generator* atau menurut kebutuhan. Dengan adanya "*fixed setting*" ini, output daya listrik *generator* nilainya tetap dan adanya perubahan beban tidak akan mengakibatkan perubahan putaran turbin (daya berbanding lurus dengan putaran).



Gambar 2.5. *Governor*

Untuk menggerakkan turbin, *Governor* membutuhkan *setting point* yaitu tekanan uap. Untuk menjaga kestabilan putaran turbin tekanan uap juga harus dijaga agar tidak berubah. Masukan uap berasal dari stasiun ketel, dan sisa

keluarannya juga masih berupa uap tetapi tekanannya sudah berkurang. Uap bekas ini masih bisa dipakai untuk proses produksi.

Pengaturan kecepatan putaran turbin uap oleh *governor* dilakukan dengan cara *mengeset knop* pada *governor* yang dilakukan secara manual. *Knop* pada *governor* yang digunakan untuk pengaturan kecepatan putaran turbin dapat dilihat pada Gambar 2.6, dan nilai rpm atas *pengaturan* ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Gambar 2.6. *Knop* pengaturan kecepatan putaran turbin uap

Tabel 2.1. Pengaturan kecepatan putaran turbin I pada *governor*

Pengaturan <i>governor</i>	RPM
0	2602
1.0	2934
2.0	3258
2.1	3272
2.2	3306
2.3	3340
2.4	3375
2.5	3409
2.6	3443
2.7	3478
2.8	3512
2.9	3546
3.0	3581
3.1	3609
3.2	3637
3.3	3665
3.4	3694
3.5	3722
3.6	3750
3.7	3779
3.8	3807
3.9	3835
4.0	3864
5.0	4215
6.0	4542
7.0	4874
8.0	5083

## 1. Turbin Uap

Turbin adalah suatu mesin yang mengkonversi daya dari air, uap air, atau gas ke dalam daya mekanis atau putaran. Daya mekanis ini kemudian dikirim melalui batang penggerak untuk mengoperasikan suatu mesin, generator listrik atau baling-baling / gear (Sumber: Encarta 2005) . Turbin uap adalah suatu mesin yang mengkonversi daya dari tekanan uap air ke dalam daya mekanis atau putaran yang nantinya digunakan untuk memutar poros. Turbin uap buatan Wellsville, New York 14895 USA yang terdapat di PT Madubaru PG dan PS Madukismo untuk penggilingan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Serial No	: D3137	- Frame	: 702 W
- KW. OR. HP	: 492 KW	- RPM	: 4500
- Inlet Press	: 16 Kg/Cm <sup>2</sup>	- Exh. Press	: 1.2 Kg/Cm <sup>2</sup>
- Inlet Temp.	: 325 C	- Exh Temp	: 184 C
- Trip Speed	: 5225	- Order No	: UE – 25631
- Max Control RPM	: 7062		

## 2. Governor

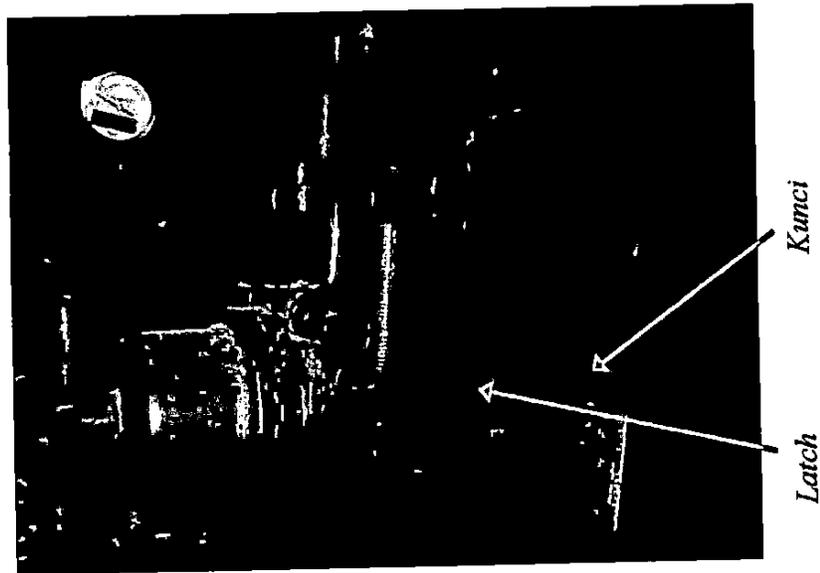
Pengaturan putaran turbin sejak turbin mulai bergerak sampai *steady state* dilakukan oleh *governor*. Fungsi utama pengaturan putaran ini adalah untuk menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan terhadap adanya variasi beban atau gangguan pada sistem.

*Governor* ini diproduksi oleh *Woodward Governor Company USA* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe : PGD
- No. Part : 8554 – 739
- Serial : 1266950
- Ratio governor speed to engine speed : 1,09:1
- Governor oil : SAE #20
- Governor oil capacity : 3 Pints

#### **D. Sistem Pengaman Turbin Uap di PT Madu Baru PG dan PS Madukismo Yogyakarta**

Pengendalian kecepatan putaran turbin uap di PT Madubaru PG dan PS Madukismo Yogyakarta dilengkapi dengan sistem pengaman yang terdapat pada *governor*. Pengaman ini berupa latch dan kunci yang saling terhubung. Dapat dilihat pada Gambar 2.4, sistem dilengkapi dengan *solenoid*. Kerja *solenoid* ini masih manual, yaitu masih dioperasikan oleh manusia. Apabila *solenoid* bekerja, maka tekanan oli yang digunakan untuk pelumasan pada masing-masing bagian turbin akan kecil dan menginstruksikan kunci supaya membuka. Dengan membukanya kunci, maka tekanan uap yang digunakan untuk mensuplay turbin akan tertutup dan turbin berhenti.

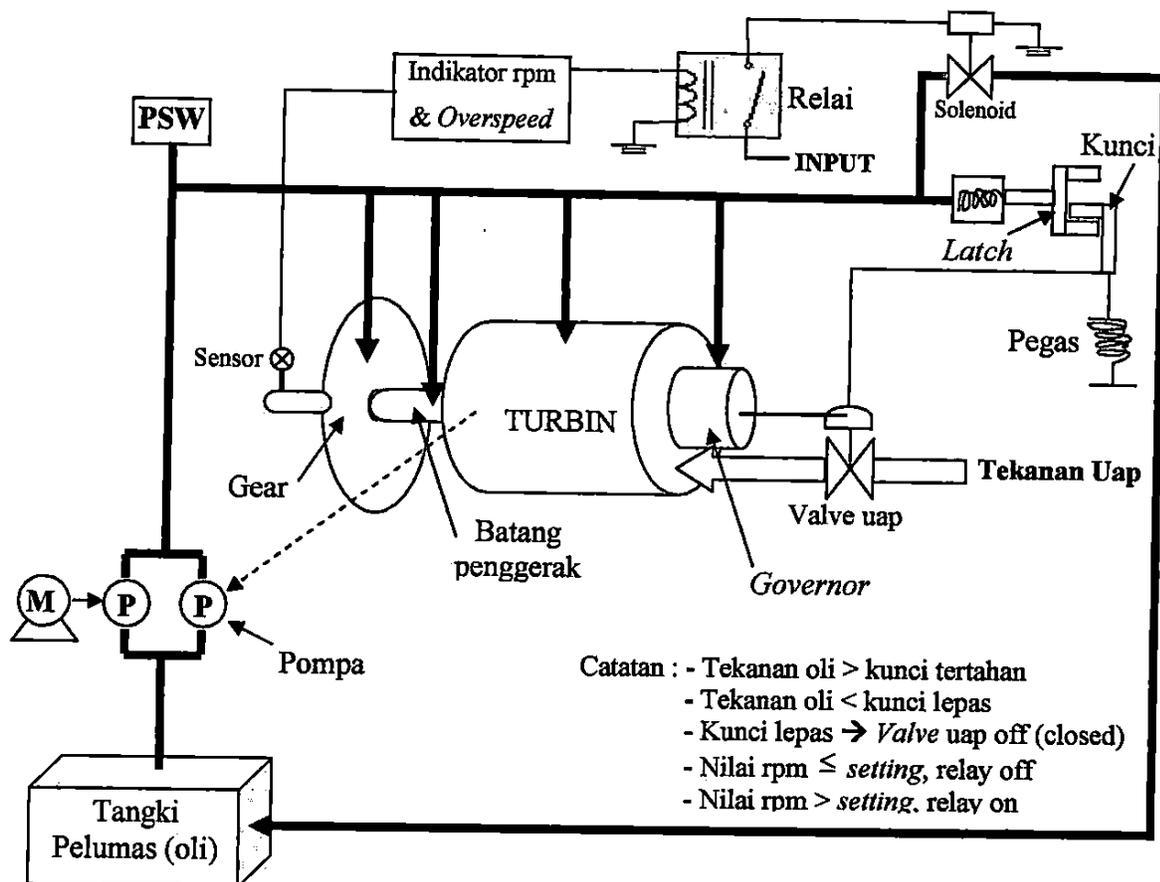


Gambar 2.7. Pengaman turbin uap

#### E. Sistem Pengaman Turbin Uap Terhadap *Overspeed* Putaran

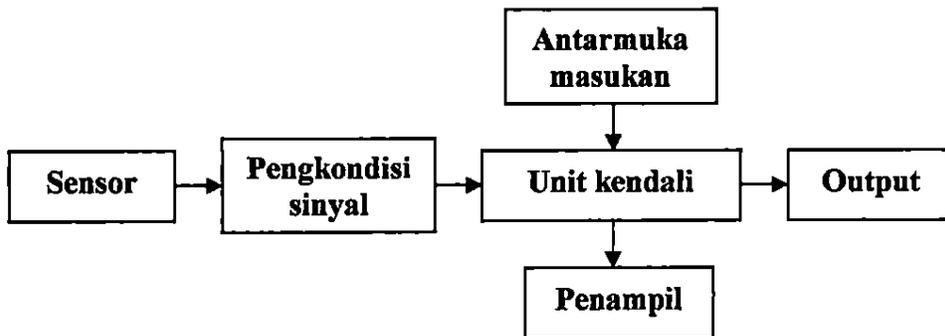
Sistem pengaman turbin terhadap *overspeed* putaran merupakan suatu alat yang dapat menghentikan turbin ketika terjadi *overspeed*. Sistem ini mendeteksi kecepatan putaran (rpm) turbin. Apabila rpm turbin melebihi *setting point*, maka turbin secara otomatis akan berhenti.

Rotasi per menit atau revolusi per menit (rpm) adalah unit untuk frekuensi. Umumnya, rpm digunakan untuk menyatakan kecepatan rotasi atau perputaran (Wikipedia 2007). Rpm meter merupakan suatu alat yang dapat mengukur atau menghitung jumlah putaran per satuan menit.



Gambar 2.8. Sistem pengaman turbin uap terhadap *overspeed* putaran

Sistem pengaman turbin uap menggerakkan *solenoid* untuk tekanan oli. Apabila *solenoid* membuka, maka tekanan oli yang masuk ke masing-masing blok turbin uap berkurang. Dapat dilihat pada catatan yang terdapat pada Gambar 2.8, apabila tekanan oli kurang, maka kunci akan lepas yang mengakibatkan *valve* uap akan menutup.



Gambar 2.9. Diagram blok pengaman turbin uap terhadap *overspeed* putaran

Diagram blok pengaman turbin uap terhadap *overspeed* putaran diatas, sensor berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran turbin dan output dari sensor ini sudah berbentuk sinyal digital. Sinyal digital dari sensor ini diproses oleh unit kendali dan ditampilkan pada display. Fungsi keypad adalah sebagai antarmuka masukan dan diproses oleh unit kendali untuk membatasi kecepatan putaran turbin. Apabila kecepatan putaran turbin yang didapat oleh sensor diatas ambang batas yang di setting oleh keypad, maka unit kendali akan menginstruksikan supaya output bekerja. Output disini berupa relay yang digunakan untuk mengaktifkan *solenoid*.

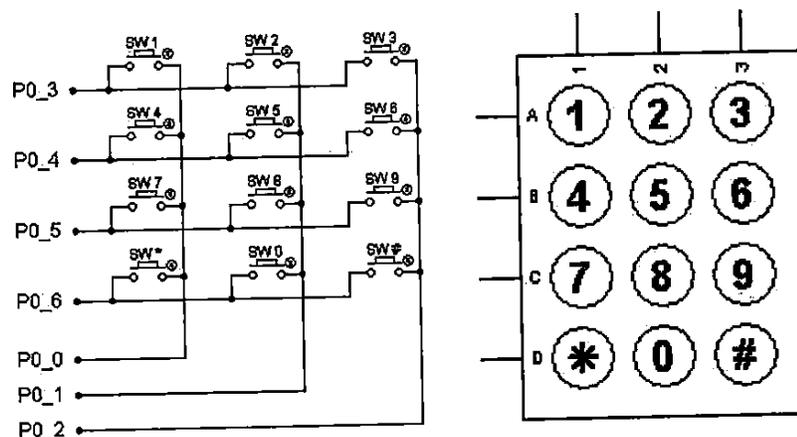
### 1. Sensor

Sensor merupakan piranti yang sangat umum digunakan dalam suatu sistem pengendali. Penggunaan sensor didasarkan atas kebutuhan sistem pengendali untuk mengindra kondisi faktual dari sistem yang dikendalikan. Karena sistem pengendali secara garis besar mempunyai prosedur dan rangkaian proses yang saling berkaitan. Bermula dari proses yang ditangkap oleh sensor, diolah oleh unit pengendali, dan dikeluarkan sebagai bentuk-bentuk pengendalian.

Sensor didefinisikan sebagai alat yang mampu mengindera perubahan nilai variabel fisis atau kimia seperti frekuensi, radiasi, panas, tekanan, atau salinitas dan merespon dengan keluaran elektrik yang proporsional terhadap perubahan input. (Sclater, 1999).

## 2. Keypad

Keypad merupakan peripheral digital input, berfungsi untuk memberikan sinyal digital yang menandakan karakter tertentu dari angka atau huruf alfabet, mirip dengan keyboard pada komputer.



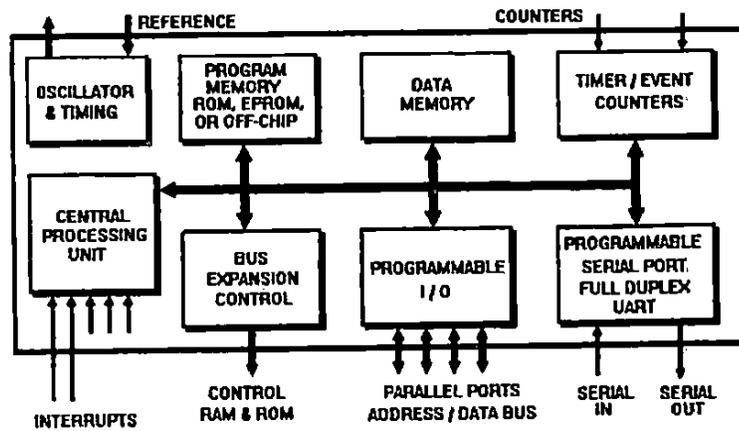
Gambar 2.10. Keypad

## 3. Pusat Unit Pengendali

Pusat unit pengendali merupakan bagian yang bertugas memanipulasi data hasil penginderaan sensor menjadi perintah-perintah pengendalian dan data-data yang harus dipresentasikan. *Mikrokontroler* merupakan *chip* semikonduktor yang sering digunakan sebagai unit pengendali.

*Mikrokontroler*, seperti yang terlihat pada blok diagram Gambar 2.11, dapat didefinisikan sebagai sebuah komputer dalam satu *chip* IC (Ayala, 1997).

*Mikrokontroller* didesain dengan memasukkan semua fitur yang ada dalam *microprocessor*, seperti ALU (*Arithmetic Logic Unit*), PC (*Program Counter*), SP (*Stack Pointer*), dan register-register. Untuk melengkapi fungsinya sebagai sebuah komputer lengkap, *chip mikrokontroller* ditambahi dengan ROM, RAM, port I/O, *counter*, dan rangkaian *clock*.



Gambar 2.11. Blok diagram *mikrokontroller*

Penggunaan *mikrokontroller* dititikberatkan untuk operasi pengendalian daripada komputasi, sebagaimana *microprocessor*. Jenis pengendalian yang dapat dilakukan oleh sebuah *mikrokontroller* yang telah diprogram adalah spesifik, yaitu hanya mengendalikan suatu sistem dan tidak dapat digunakan untuk sistem lain. Jenis pengendalian tersebut juga tidak berubah sepanjang umur sistem. Oleh karenanya program yang diletakkan dalam ROM tidak perlu diubah selama masa pemakaian tersebut.

Pemrograman *mikrokontroller* dapat dilakukan dengan berbagai bahasa pemrograman, dari yang level rendah seperti bahasa *assembler*, hingga bahasa pemrograman tingkat tinggi seperti C dan java. Kode sumber yang ditulis dalam berbagai bahasa tersebut perlu diubah ke bentuk program yang dimengerti oleh

*decoder mikrokontroller*. Perubahan tersebut dilakukan oleh *converter* program sesuai dengan jenis *mikrokontroller*. Setelah diubah, program dapat ditransfer ke dalam ROM *mikrokontroller*.

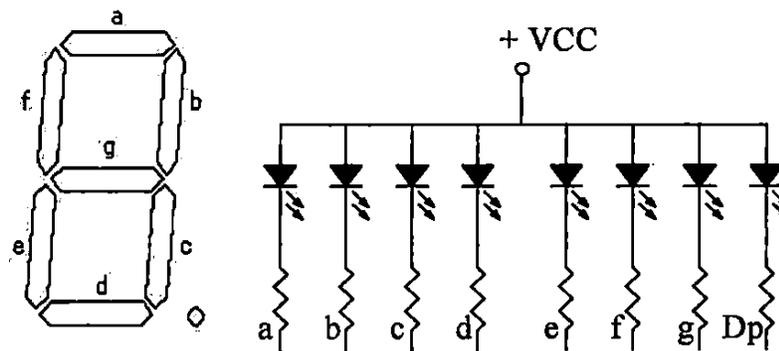
Saat ini, kemampuan komputasi *mikrokontroller* sudah melampaui kemampuan *microprocessor* generasi awal. Arsitektur *mikrokontroller* juga dikembangkan, dari yang berarsitektur 4 bit hingga yang 16 bit. Pengembangan lainnya adalah pada kapasitas memori, komponen internal tambahan, dan ukuran pengemasan.

#### 4. Penampil (display)

Penampil merupakan unit yang bertugas untuk menunjukkan kondisi sistem, baik sebelum, sedang, ataupun sesudah proses pengendalian. Berbagai macam teknologi penampil telah dikembangkan saat ini, di antaranya adalah CRT (*Cathode Ray Tube*), LED (*Light Emitting Diode*), dan LCD (*Liquid Crystal Display*).

LED adalah dioda yang mampu menghasilkan cahaya pada saat diberikan tegangan maju kepada kaki-kakinya. Bahan yang umum digunakan untuk membentuk LED adalah kombinasi Galium-Arsenida (GaAs) dan Galium-Fosfor (GaP). Sedangkan bentuk fabrikasinya dapat bermacam-macam, dari bentuk seperti tabung yang biasanya digunakan untuk indikator hingga bentuk alfanumeris untuk keperluan menampilkan huruf dan angka. Keuntungan pemakaian LED adalah kecepatan responnya terhadap tegangan yang diberikan, tahan guncangan, masa pemakaian yang lebih lama, efisiensinya yang tinggi, dan kemampuannya bekerja pada tegangan yang rendah.

Penampil dalam bentuk *7segment* dilabelkan dengan huruf standar yang menyatakan digit desimal 0 sampai 9. Penampil *7segment* yang dijual umumnya menggunakan cahaya LED. Pada perancangan alat ini digunakan *7segment* jenis *common anode* yang mempunyai rangkaian LED di dalamnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12. *7segment* jenis *common anode* memiliki kaki-kaki positif dari tiap LED yang dihubungkan menjadi satu titik pusat yang akan dihubungkan dengan catu daya +5V. *7segment* jenis ini akan aktif apabila diberi logika 0 (*low*).

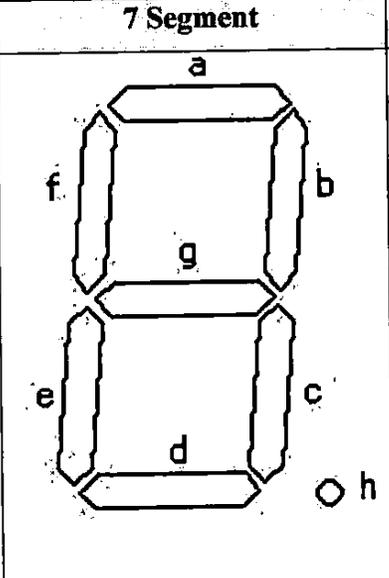


Gambar 2.12. Bentuk dan Susunan Kaki *7 Segment Common Anode*

Misalnya suatu penampil *7segment* akan digunakan untuk menampilkan angka 6, maka LED (*light emitting diode*) yaitu a, c, d, e, f, g dan h yang berada di dalamnya harus dinyalakan, untuk itu dikirimkan logika 0 pada bit-bit yang terkait.

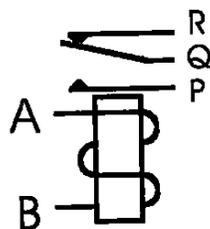
Jadi untuk menampilkan angka 6 pada *7segment*, maka data yang dikirimkan adalah 10000010B atau 82H. Tabel 2.9. merupakan alamat data dari *7segment* untuk menampilkan huruf standar yang menyatakan digit desimal 0 sampai 9.

Tabel 2.2. Tampilan 7 Segment

7 Segment	Angka	h	g	f	e	d	c	b	a	Heksa
	0	1	1	0	0	0	0	0	0	C0
	1	1	1	1	1	1	0	0	1	F9
	2	1	0	1	0	0	1	0	0	A4
	3	1	0	1	1	0	0	0	0	B0
	4	1	0	0	1	1	0	0	1	99
	5	1	0	0	1	0	0	1	0	92
	6	1	0	0	0	0	0	1	0	82
	7	1	1	1	1	1	0	0	0	F8
	8	1	0	0	0	0	0	0	0	80
	9	1	0	0	1	0	0	0	0	90

### 5. Output

Relai adalah alat yang dioperasikan dengan listrik dan secara mekanis mengendalikan hubungan antar rangkaian listrik. Relai sangat bermanfaat untuk kendali jarak jauh dan kendali tegangan atau arus tinggi dengan sinyal kendali yang bertegangan rendah. Relai bekerja dengan prinsip pembangkitan elektromagnet yang menggerakkan batang penghubung elektromekanis pada dua atau lebih titik hubung sehingga menghasilkan kondisi kontak ON, OFF atau kombinasi keduanya.



Gambar 2.13. Diagram kematik relay

Mula-mula, kontak Q terhubung dengan R. Bila kawat AB, yang dililitkan pada inti besi, dialiri arus maka inti besi akan menjadi magnet dan menarik kontak Q sehingga terhubung dengan P. Apabila arus ditiadakan, kontak Q kembali lagi ke R (*normally close*).