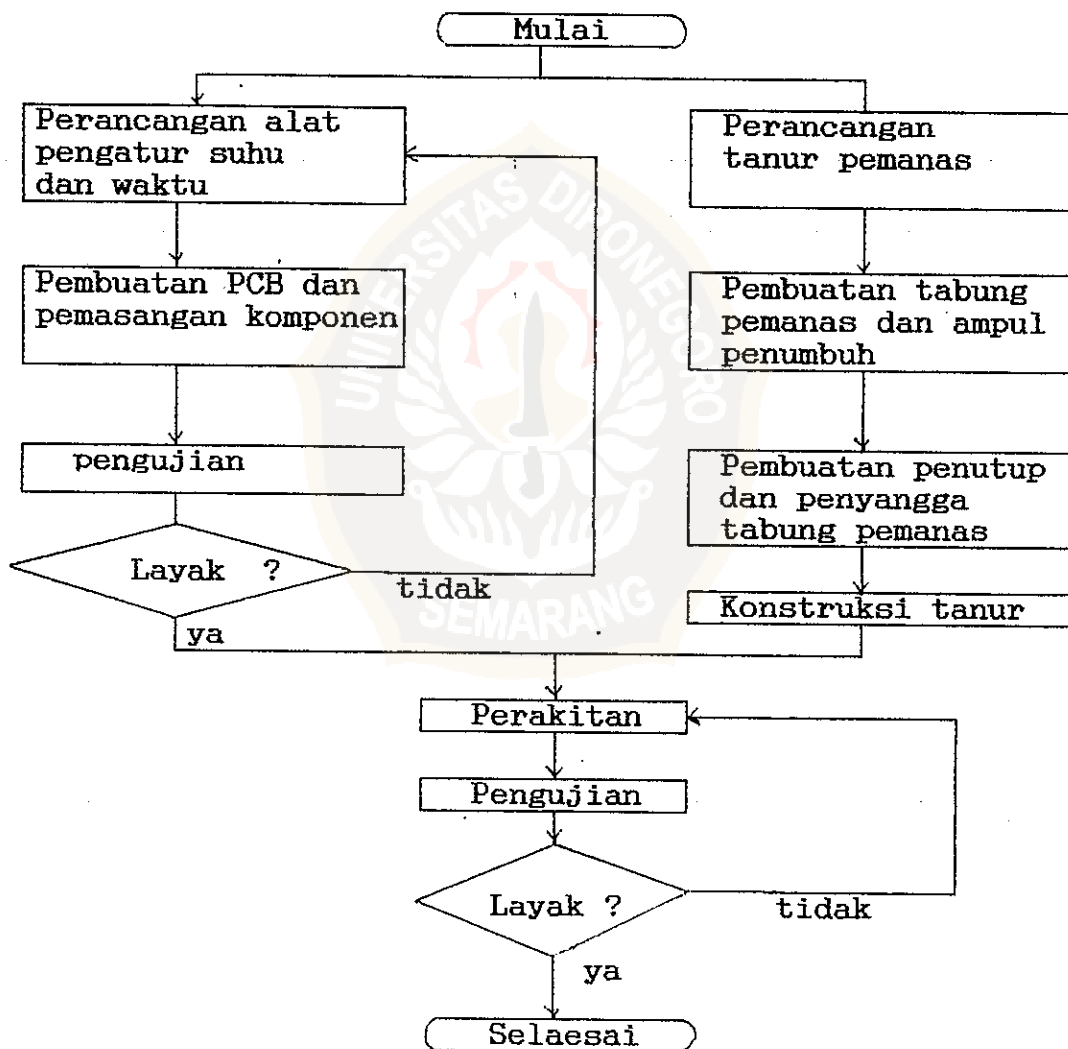


BAB III METODOLOGI

3.1. TATA KERJA

Tahapan yang dilaksanakan dalam pembuatan alat penumbuh kristal merkuri iodida disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan alat penumbuh kristal merkuri iodida

3.2. PERANCANGAN

Seperti telah dijelaskan pada dasar teori, bahwa parameter fisis yang mengontrol proses pertumbuhan kristal merkuri iodida dengan menggunakan metode osilasi suhu adalah suhu daerah sumber kristal T_s dan suhu daerah kristal T_c serta periode osilasi untuk pertumbuhan τ_g dan penguapan kembali τ_e . Jadi untuk menunjang kerja dari sistem pertumbuhan kristal ini diperlukan seperangkat alat kendali yang bekerja sesuai dengan yang dikehendaki. Adapun perangkat kendali yang diperlukan meliputi alat pengatur suhu dan alat pengatur waktu. Alat pengatur suhu berguna untuk mempertahankan suhu ruangan yang terdapat dalam tabung pemanas, tempat berlangsungnya proses pertumbuhan kristal. Sedang alat pengatur waktu berfungsi untuk mengendalikan waktu yang diperlukan saat membuka dan menutupnya katup solenoid (*solenoid valve*), yang berguna untuk mengatur masuknya hembusan udara ke dalam tabung pemanas. Dengan hembusan ini akan terjadi osilasi suhu pada daerah sumber kristal, yang merupakan prinsip metode osilasi suhu. Dengan osilasi suhu secara periodik ini diharapkan serbuk merkuri iodida sebagai material kristal akan mengalami penguapan selanjutnya akan mengalami pengkristalan.

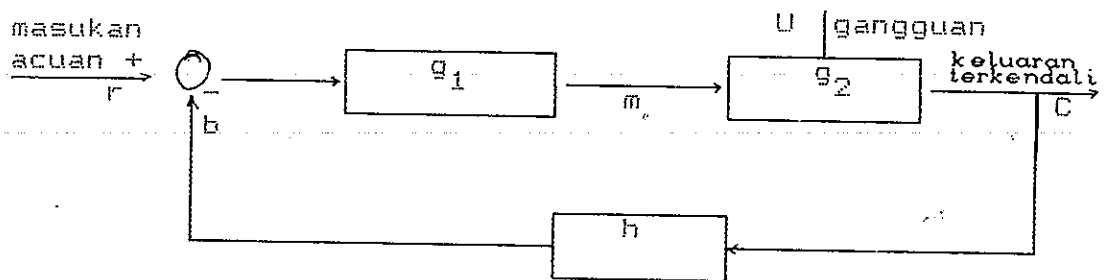
Disamping perangkat elektronis tersebut di atas, perangkat utama alat penumbuh kristal yang lain adalah tabung tanur pemanas. Tanur pemanas ini sebagai tempat terjadinya proses penguapan dan pertumbuhan kristal merkuri iodida. Sebagaimana prinsip dari metode pertumbuhan kristal

dengan osilasi suhu, maka tanur pemanas terdiri dari dua daerah, yaitu daerah sumber kristal dan daerah kristal. Suhu daerah kristal dipertahankan konstan sedang daerah sumber kristal diosilasikan pada suhu $T_{s_2} > T_c > T_{s_1}$. Sebagai bahan pemanas digunakan filamen nikelin yang dililitkan pada tabung pyrex, dimana didalam tabung ini ditempatkan ampul untuk tempat serbuk HgI_2 dan kristal HgI_2 ditumbuhkan. Untuk melindungi dan mengurangi kehilangan panas yang keluar, tabung yang dililiti filamen tersebut dimasukkan ke dalam tabung pyrex yang mempunyai diameter yang lebih besar. Masing-masing ujung tabung ditutup dengan penutup yang terbuat dari grafit.

3.2.1. Alat pengatur suhu

Alat pengatur suhu berfungsi untuk mengendalikan suhu di dalam tanur pemanas alat penumbuh kristal, sehingga suhu ruangan ini dapat diatur sesuai dengan suhu yang dibutuhkan. Dalam penumbuhan kristal merkuri iodida diperlukan waktu yang cukup lama (orde hari), maka untuk efektifitas kerja, dirancang alat pengatur suhu dalam sistem kontrol otomatis. Sistem kontrol otomatis adalah mempertahankan suatu harga yang dikehendaki dari suatu besaran atau kondisi dengan cara mengukur besaran yang ada, kemudian membandingkannya dengan besaran yang diinginkan dan menggunakan beda itu untuk menimbulkan suatu tindakan untuk mengurangi beda tersebut (William et al, 1976). Sistem kontrol otomatis ini termasuk kategori sistem kontrol untai

tertutup atau sistem kontrol umpan balik. Secara umum sistem kontrol umpan balik dinyatakan dalam bentuk diagram blok pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram blok sistem kontrol otomatis (William et al, 1976)

Dimana :

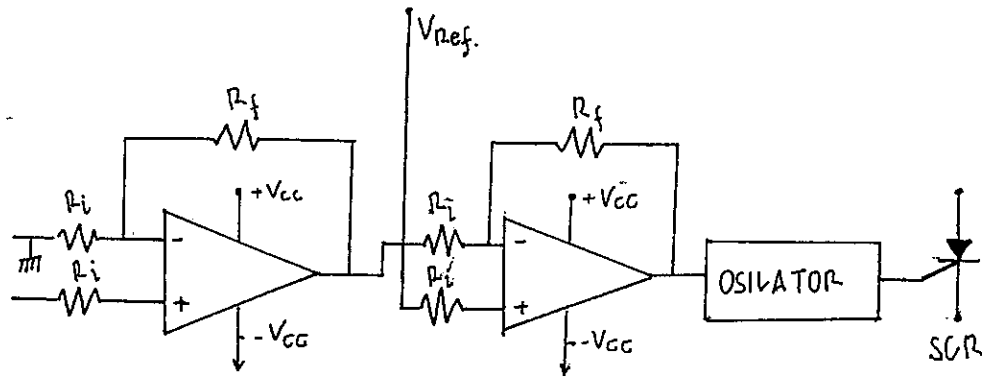
- g_1 = Elemen pengendali yaitu komponen yang diperlukan untuk membangkitkan isyarat pengendalian (m) yang diterapkan pada sistem terkendali.
- g_2 = Plant atau sistem terkendali yaitu benda proses atau mesin dimana keadaan tertentu atau besaran harus dikendalikan.
- h = Elemen umpan balik yaitu komponen yang diperlukan untuk menetapkan hubungan fungsional antara isyarat umpan balik primer (b) dan keluaran terkendali (C).
- U = Gangguan yaitu isyarat masukan yang tidak diinginkan yang mempengaruhi keluaran terkendali (C).

Pada blok diagram gambar 3.1 dapat dijelaskan cara kerja sistem kontrol alat pengatur suhu sebagai berikut : Filamen

pemanas sebagai sistem terkendali mendapatkan sumber tegangan dari jaringan PLN, sehingga menghasilkan panas. Hubungan filamen pemanas ke jaringan PLN dikontrol oleh elemen pengendali dimana aksi pengendaliannya tergantung pada panas yang dihasilkan filamen pemanas. Elemen umpan balik mengubah besaran panas menjadi sinyal tegangan dan membandingkannya dengan tegangan acuan r dalam sebuah komparator. Bila sinyal tegangan dari elemen umpan balik melebihi sinyal tegangan acuan maka pengendali akan memutuskan jaringan PLN. Tetapi bila sinyal tegangan dari elemen umpan balik lebih kecil dari sinyal tegangan acuan maka elemen pengendali menghubungkan jaringan PLN.

Dalam pembuatan alat pengatur suhu, komponen yang sangat berperan adalah sensor suhu berupa termokopel dan penguat operasional yang berfungsi sebagai komparator. Pemilihan penguat dengan menggunakan penguat operasional adalah sangat tepat, karena penguat tipe ini mampu memberikan penguatan yang besar. Adapun penguat operasional yang digunakan dalam pembuatan alat pengatur suhu ini adalah penguat operasional dari jenis LM 741. Adapun penggunaan penguat operasional pada pembuatan alat pengatur suhu ditunjukkan pada blok diagram pada gambar 3.3.

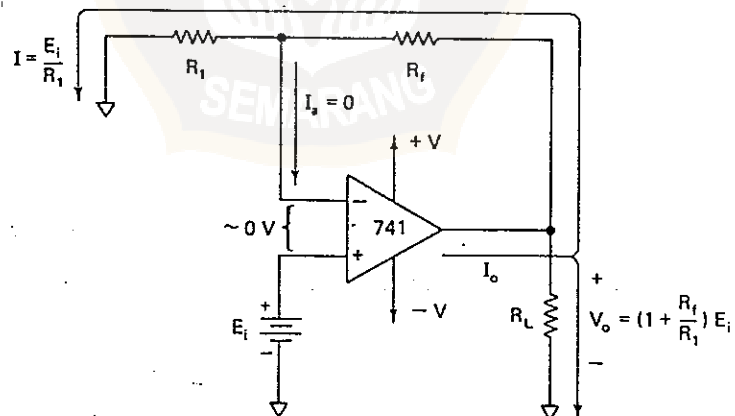
Dari blok diagram gambar 3.3 akan dijelaskan empat sistem utama yang bekerja dalam alat pengatur suhu, yaitu : penguat tak membalik, komparator sinyal, jaringan umpan balik negatif dan osilator.



Gambar 3.3. Blok diagram rangkaian pengontrol suhu

A. Penguat tak membalik

Pada bagian pertama ini penguat operasional berfungsi sebagai penguat tak membalik, karena output yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan polaritas masukan yaitu tegangan dari transduser. Rangkaian dasar penguat tak membalik dapat dilihat pada gambar 3.4. Tahanan masukan dari penguat tak membalik adalah R_i .



Gambar 3.4. Rangkaian dasar penguat tak membalik pada op-amp. (Choughlin et al, 1982)

Karenanya E_i tampak melewati R_i dan E_i menyebabkan arus mengalir seperti diberikan :

$$I = \frac{E_i}{R_i} \quad (3.1)$$

Arah I tergantung pada polaritas E_i . Arus masukan ke terminal (-) op amp. tersebut dapat diabaikan, karenanya I mengalir melalui R_f dan penurunan tegangan melintasi R_f dinyatakan V_{R_f} dan dinyatakan sebagai

$$V_{R_f} = I R_f = \frac{R_f}{R_i} E_i \quad (3.2)$$

Tegangan keluaran V_o didapat dengan menambahkan penurunan tegangan melintasi R_i yaitu E_i pada tegangan yang melintasi R_f yaitu V_{R_f} . Jadi :

$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_i} E_i$$

atau

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) E_i \quad (3.3)$$

Dengan menyusun kembali persamaan 3.3 untuk menyatakan bati tegangannya, didapatkan :

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (3.4)$$

dimana :

A_{cl} = bati tegangan simpal tertutup

V_o = tegangan keluaran (Volt)

E_i = tegangan masukan (Volt)

R_f = tahanan jaringan umpan balik (Ohm)

R_i = tahanan masukan (Ohm)

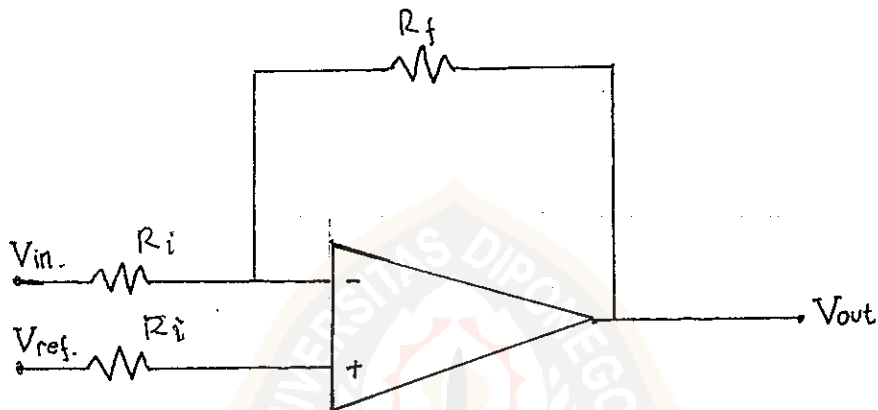
Persamaan 3.4 memperlihatkan bahwa gain tegangan dari sebuah penguat tak membalik menyamai gain sebuah penguat membalik R_f/R_i ditambah 1.

B. Komparator Sinyal

Bagian yang kedua ini merupakan bagian pembading sinyal dimana sinyal yang telah dikuatkan oleh bagian pertama dibandingkan dengan tegangan acuan yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Penjelasan dari bagian komparator ini dapat dilihat pada gambar 3.5. Pada komparator, tegangan keluaran V_o mempunyai polaritas yang sesuai dengan beda tegangan antar tegangan masukan V_i dan tegangan acuan V_{ref} . Beda tegangan antara pasak (+) dan pasak (-) dari op amp. sebagai komparator adalah nol, jika kedua pasak tersebut berada pada tegangan yang sama. Tegangan keluaran dari komparator pada gambar 3.5 dapat dituliskan sebagai berikut (Choughlin et al, 1976) :

$$V_o = \frac{R_f}{R_i} (V_{ref} - V_i) \quad (3.5)$$

dimana V_o = tegangan keluaran (volt)
 R_f = tahanan pada jaringan umpan balik (Ohm)
 R_i = tahanan masukan (Ohm)
 V_{ref} = tegangan acuan (Volt)
 V_i = tegangan masukan (Volt)



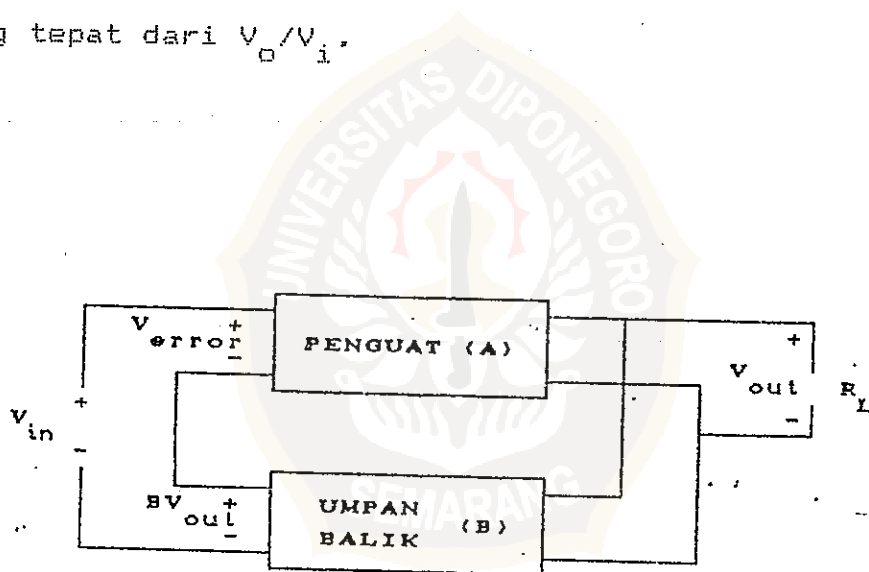
Gambar 3.5. Rangkaian penguat operasional sebagai komparator sinyal (Choughlin et al, 1976)

C. Jaringan umpan balik

Pada alat pengontrol suhu, faktor kestabilan menjadi hal yang memegang peranan penting. Karena faktor tersebut menjadi syarat mutlak bagi kondisi pertumbuhan kristal merkuri iodida dengan metode osilasi suhu. Untuk itu pada penguat dan komparator diterapkan jaringan umpan balik

negatif. Dengan jaringan umpan balik negatif ini, maka setiap kenaikan dari sinyal keluaran menghasilkan sinyal umpan balik pada masukan membalik (negatif) sehingga menyebabkan penurunan dari sinyal keluaran.

Gambar 3.6 menunjukkan sebuah penguat jaringan umpan balik yang dihubungkan seri-paralel. Masukan dari penguat dan jaringan umpan balik dihubungkan secara seri sedang keluarannya dalam hubungan paralel. Dengan hubungan ini variasi masukan pengontrol adalah V_i dan variasi keluaran yang dikontrol adalah V_o . Tujuan dari jaringan umpan balik ini adalah menghasilkan kestabilan yang tinggi dan rasio yang tepat dari V_o/V_i .



Gambar 3.6. Jaringan umpan balik negatif pada penguat operasional (Malvino, 1979)

Berikut ini akan dijelaskan bahwa penguatan tegangan keseluruhan dari penguat umpan balik adalah stabil. Misalnya penguatan dalam penguat A bertambah karena perubahan suhu

atau sebab lain, maka tegangan keluaran akan naik. Ini berarti lebih banyak tegangan diberikan kembali ke masukan. Sinyal umpan balik ini $B V_o$ kembali dengan polaritas yang berlawanan dengan sinyal input V_i , yang menyebabkan tegangan kesalahan V_{error} berkurang. Tegangan kesalahan yang berkurang pada penguat dalam hampir sepenuhnya mengimbangi (offset) penambahan penguatan tegangan A yang mula-mula. Hasilnya adalah V_{out} hampir sama sekali tidak bertambah.

Argumen yang sama berlaku bagi pengurangan penguatan A . Jika A berkurang karena suatu sebab, maka tegangan keluaran berkurang. Sebaliknya jika tegangan umpan balik berkurang, hal ini akan menyebabkan tegangan kesalahan bertambah. Penambahan V_{error} ini hampir meniadakan sama sekali pengurangan A . Akibatnya, tegangan keluaran hanya menunjukkan pengurangan yang kecil sekali. Hal ini memberikan gambaran dasar dari apa yang dilakukan jaringan umpan balik negatif. Perubahan yang terjadi pada tegangan keluaran diberikan kembali ke masukan, yang menyebabkan tegangan kesalahan berubah dalam arah yang berlawanan. Efek keseluruhannya adalah tegangan keluaran sebenarnya tidak tergantung dari penguat dalam A .

Sekarang akan dibahas bukti secara matematis, mengapa jaringan umpan balik negatif dapat menstabilkan penguatan. Dengan menggunakan hukum Kirchoff, maka untuk tegangan pada sisi masukan dari gambar 3.6 didapat (Malvino, 1979) :

$$V_{error} = V_i - B V_o \quad (3.6)$$

Selanjutnya tegangan keluaran adalah :

$$V_o = A V_{error}$$

Dengan mensubsitusikan ke dalam persamaan 3.6 akan didapat

$$V_o = A (V_i - B V_o) \quad (3.7)$$

Persamaan diatas dapat diubah dalam bentuk seperti berikut

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 + AB} \quad (3.8)$$

atau

$$A_{cl} = \frac{A}{1 + AB} \quad (3.9)$$

Agar jaringan umpan balik efektif, maka dengan sengaja dibuat AB jauh lebih besar dari satu. Karena kondisi perencanaan ini, persamaan 3.9 berubah menjadi :

$$A_{cl} = \frac{A}{1 + AB}$$

Selanjutnya akan didapat :

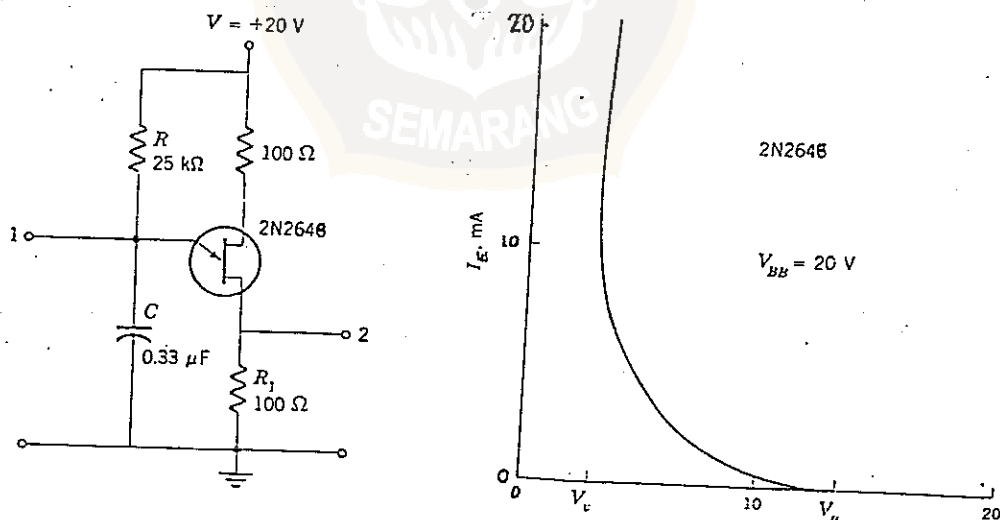
$$A_{cl} = \frac{A}{AB} = \frac{1}{B} \quad (3.10)$$

dimana : $B = \frac{R_f}{R_f + R_i}$ dengan R_f adalah tahanan jaringan umpan balik dan R_i tahanan masukan.

Persamaan (3.10) menyatakan bahwa bati tegangan keseluruhan dari rangkaian tidak lagi tergantung pada bati op amp, tetapi tergantung pada jaringan umpan balik. Jadi dengan menggunakan tahanan-tahanan pembagi tegangan yang teliti, harga B menjadi harga yang mantap dan cermat

D. Osilator pembentuk pulsa

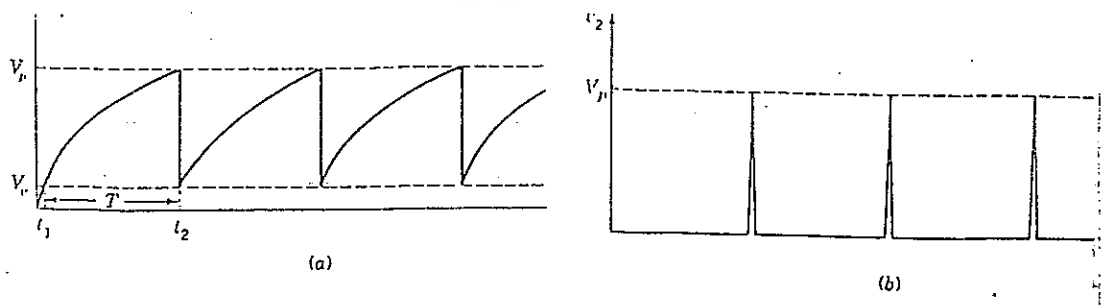
Setelah keluar dari komparator sinyal digunakan untuk mengoperasikan SCR, yang dilakukan oleh sebuah osilator. Adapun osilator yang digunakan adalah osilator relaksasi UJT (Uni junction transistor) untuk membangkitkan pulsa.



Gambar 3.7.(a) Rangkaian osilator relaksasi UJT. (b). Karakteristik arus-tegangan pada UJT.(Brophy, 1990)

Rangkaian osilator relaksasi UJT dapat dilihat pada gambar 3.7(a). Operasi rangkaian ini dapat dipahami setelah memahami karakteristik arus-tegangan dari UJT. Karakteristik ini menunjukkan daerah resistansi negatif antar puncak V_p dan titik lembah V_v seperti ditunjukkan pada gambar 3.7b.

Osilator UJT beroperasi sebagai berikut : Kapasitor C mengisi melalui R dan tegangan sepanjang C bertambah secara eksponensial sampai potensial V_p dicapai. Pada titik ini emitor UJT menjadi bias ke arah maju dan kapasitor dengan cepat mengosongkan melewati emitor UJT. Jika potensial kapasitor jatuh pada nilai rendah, emitor UJT akan kembali bias yang sebaliknya dan kapasitor akan mengisi kembali. Bentuk gelombang pada terminal output 1, gambar 3.8a merupakan deret kurva pengisian RC. Nilai puncak ke puncak sama dengan $V_p - V_v$. Sedang bentuk gelombang output pada terminal output 2 adalah berupa deret pulsa positif yang tajam. (gambar 3.8b).



Gambar 3.8. Bentuk gelombang keluaran pada osilator UJT (Brophy, 1990)

Periode osilasi diperoleh dari tampilan tegangan kapasitor dalam rangkaian RC sederhana. Tegangan mencapai V_v pada t_1 (Brophy, 1990).

$$V_v = V (1 - e^{-t_1/RC}) \quad (3.11)$$

Pemecahan untuk t_1 adalah :

$$t_1 = -RC \ln (1 - V_v/V) \quad (3.12)$$

Dengan cara yang sama, untuk tegangan mencapai V_p pada t_2 sehingga

$$t_2 = -RC \ln (1 - V_p/V) \quad (3.12)$$

Periode osilasinya adalah $t_2 - t_1$, yaitu :

$$T = RC \ln \left(\frac{V - V_v}{V - V_p} \right) \quad (3.14)$$

Menurut persamaan 3.14 frekwensi osilasi tergantung pada sifat transistor UJT dan besarnya tegangan catu daya serta konstanta pewaktu RC dari rangkaian.

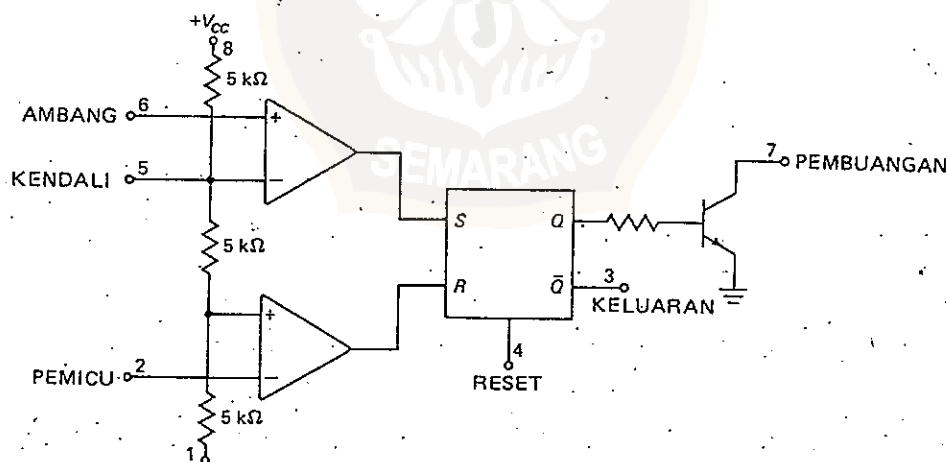
3.2.2. Alat pengontrol waktu

Disamping kestabilan suhu pada daerah sumber material dan kristal, parameter fisis yang mempunyai peranan penting adalah periode osilasi suhu pada daerah sumber material. Periode ini meliputi periode pertumbuhan dan periode

penguapan kembali, yang terjadi secara berulang-ulang. Untuk memperoleh kondisi osilasi pada daerah sumber material adalah dengan menghembuskan aliran udara mampat dari kompresor, ke dalam daerah tersebut dengan periode tertentu. Untuk mengatur periode hembusan aliran udara yang sesuai dengan periode yang dikehendaki, dibutuhkan alat pengatur waktu atau pewaktu.

Pembuatan alat pengatur waktu ini menggunakan pewaktu rangkaian terpadu (*integrated circuit*, IC) 555 yang diperkenalkan pertama kali oleh *signetics corporation*.

Pewaktu rangkaian terpadu 555 dapat dianggap sebagai blok fungsional yang berisi dua pembanding, tiga buah tahanan yang sama, sebuah transistor, sebuah flip-flop dan sebuah tingkat keluaran. Blok fungsional tersebut dapat dilihat pada blok diagram gambar 3.9.



Gambar 3.9. Blok fungsional pewaktu IC 555 (Malvino, 1979)

Pewaktu 555 mempunyai dua tingkat operasi yang mungkin dan dua tingkat ingatan yang mungkin. Keduanya ditentukan oleh masukan pemacu, pasak 2 dan masukan ambang, pasak 6. Masukan pemacu dibandingkan oleh komparator 1 dengan suatu tegangan yang lebih rendah dari V_1 , yaitu $V_{CC}/3$. Masukan ambang dibandingkan oleh komparator 2 dengan tegangan ambang yang lebih tinggi dari V_2 , yaitu $2V_{CC}/3$. Setiap masukan mempunyai dua taraf tegangan yang mungkin, baik dibawah atau di atas tegangan acuanya. Jadi dengan dua masukan akan ada empat kombinasi yang mungkin yang akan mengakibatkan empat tingkat operasi yang mungkin. Empat kombinasi masukan dan empat tingkat operasi yang mungkin dapat diberikan dalam Tabel 3.1.

TABEL 3.2
TINGKAT-TINGKAT OPERASI DARI SEBUAH PEWAKTU IC 555

$$V_{UT} = 2V_{CC}/3, V_{LT} = V_{CC}/3$$

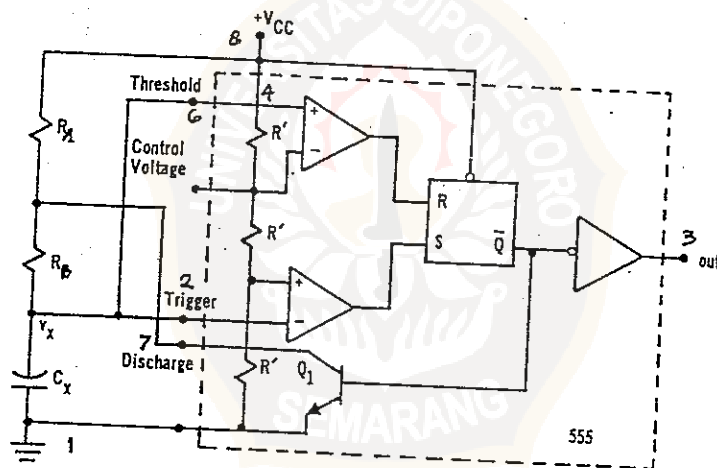
(Choughlin et al, 1982)

Tingkat operasi	Pemacu pasak 2	Ambang pasak 6	Tingkat terminal	
			Keluaran 3	Pembuangan 7
A	Di bawah V_{LT}	Di bawah V_{UT}	Tinggi	Terbuka
B	Di bawah V_{LT}	Di atas V_{UT}	Mengingat tingkat terakhir	Mengingat tingkat terakhir
C	Di atas V_{LT}	Di bawah V_{UT}	Mengingat tingkat terakhir	Rendah
D	Di atas V_{LT}	Di atas V_{UT}	Rendah	Ground

Pewaktu IC 555 mempunyai dua cara kerja, baik sebagai multivibrator monostabil atau sebagai multivibrator astabil.

Untuk tujuan penelitian ini dibutuhkan pewaktu IC 555 sebagai multivibrator astabil, dimana tegangan keluarannya beralih dari tingkat tinggi ke tingkat rendah secara berulang-ulang. Hubungan pewaktu IC 555 sebagai multivibrator astabil ditunjukkan pada gambar 3.10.

Perhatikan bahwa masukan pemacu dihubungkan dengan masukan ambang dan keluaran pengosongan dengan persambungan kedua tahanan pewaktu eksternal R_A dan R_B dan sebuah kapasitor C_x .



Gambar 3.10. Pewaktu IC 555 sebagai multivibrator astabil (Lin, 1981)

Dengan analisa matematis dapat diturunkan persamaan waktu keluaran T_{tinggi} dan T_{rendah} sebagai berikut (Brophy, 1990) :

Selama siklus pengisian :

$$V_{kap}(t) = V_{cc} (1 - 2/3 e^{-t/\tau_1}) \quad (3.15)$$

dimana $\tau_1 = (R_A + R_B) \cdot C_x$. Pemecahan persamaan tersebut untuk t adalah :

$$t = \tau_1 \ln [2/3 (\frac{V_{cc}}{V_{cc} - V_{kap}(t)})] \quad (3.16)$$

Pengisian kapasitor berhenti pada saat t_1 bila :

$$V_{kap}(t_1) = V_2 = 2V_{cc}/3 \quad (3.17)$$

Oleh karena itu

$$t_2 - t_1 = \tau_1 \ln [2/3 (\frac{V_{cc}}{V_{cc} - 2V_{cc}/3})] \quad (3.18)$$

atau

$$\begin{aligned} T_{tinggi} &= \tau_1 \ln 2 \\ &= 0,693 \tau_1 \\ &= 0.693 (R_A + R_B) C_x \end{aligned} \quad (3.19)$$

Selama siklus pengosongan :

$$V_{kap}(t) = 2V_{cc}/3 e^{-t/\tau_2} \quad (3.20)$$

dimana $\tau_2 = R_B \cdot C_X$. Dengan cara yang sama akan didapat :

$$t = \tau_2 \ln \left[\frac{2}{3} \left(\frac{V_{CC}}{V_{kap}(t)} \right) \right] \quad (3.21)$$

Pengosongan kapasitor akan berhenti pada saat t_2 bila

$$V_{kap}(t_2) = V_2 = V_{CC}/3 \quad (3.22)$$

sehingga

$$t_2 - t_1 = \tau_2 \ln \left[\frac{2}{3} \left(\frac{V_{CC}}{V_{CC}/3} \right) \right] \quad (3.23)$$

atau

$$\begin{aligned} T_{rendah} &= \tau_2 \ln 2 \\ &= 0,693 \tau_2 \\ &= 0,693 R_B C_X \end{aligned} \quad (3.24)$$

Perhatikan selama kedua siklus pewaktuan, lebar pulsa tergantung hanya kepada komponen pewaktuan eksternal.

Dari persamaan (3.19) dan (3.24) dapat ditentukan periode waktu osilasi, yaitu :

$$\begin{aligned} T_p &= T_{tinggi} + T_{rendah} \\ &= 0,693 (R_A + 2R_B) C_X \end{aligned}$$

dan frekuensi osilasinya

$$f = 1/T_p = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B) C_X} \quad (3.25)$$

Dan dalam tujuan praktis dikenal istilah siklus tugas (*duty cycle*) yaitu perbandingan waktu antara keluaran rendah terhadap periode total (Choughlin et al, 1982) :

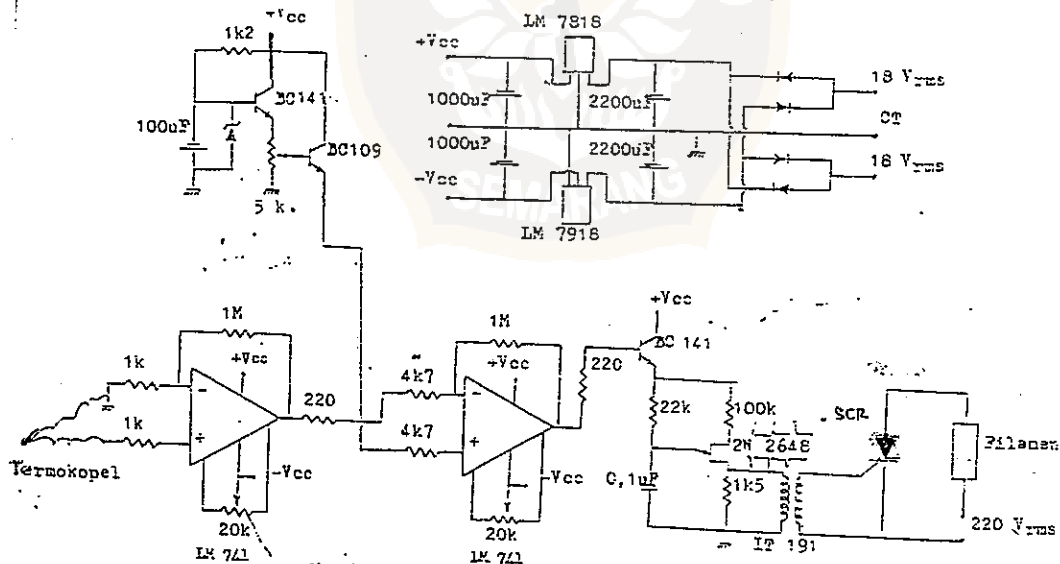
$$D = \frac{T_{\text{rendah}}}{T_P} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B} \quad (3.26)$$

3.3. PEMBUATAN

3.3.1. Pembuatan alat pengendali dan pengujiannya

Untuk rangkaian pengatur suhu yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.11. Adapun cara kerja dari rangkaian pengatur suhu adalah sebagai berikut :

Suhu ruangan dalam tanur dikontrol oleh termokopel yang dilekatkan pada dinding tanur. Prinsip dari sensor

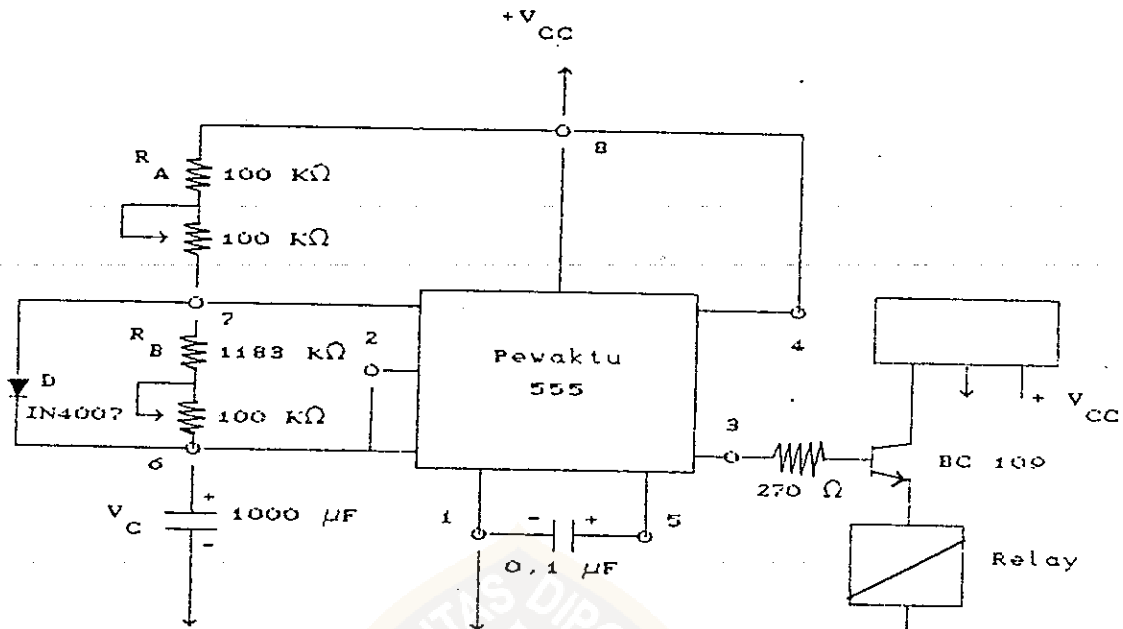


Gambar 3.11. Rangkaian lengkap alat pengatur suhu

termokopel adalah mengubah gejala fisis berupa panas menjadi sinyal listrik berupa tegangan yang sepadan. Tegangan dari termokopel (mV) akan dikuatkan oleh penguat oleh rangkaian terpadu LM 741 yang bertindak sebagai penguat tak membalik. Sinyal hasil penguatan ini kemudian dibandingkan dengan sinyal acuan dalam sebuah komparator. Tegangan acuan ini dapat diatur sesuai dengan suhu yang dibutuhkan. Bila tegangan hasil penguatan lebih kecil dari tegangan acuan maka komparator mempunyai keluaran. Tetapi bila tegangan hasil penguatan lebih besar dari tegangan acuan maka komparator tidak mempunyai keluaran. Keluaran dari komparator ini selanjutnya dihubungkan dengan sebuah osilator yang berfungsi untuk membentuk pulsa. Pulsa dari osilator memicu SCR (*silicon controlled Rectifying*), sehingga bekerja menghubungkan filamen pemanas dengan jala-jala PLN. Bila tidak ada tegangan pemacu maka SCR tidak bekerja.

Rangkaian alat pengatur waktu yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.12. Adapun cara kerja dari rangkaian pewaktu ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk $V_C < V_{CC}/3$, kapasitor C akan mengalami pengisian tegangan melalui R_A dan dioda.
2. Untuk $V_{CC}/3 < V_C < 2V_{CC}/3$, kapasitor C secara kontinyu mengalami pengisian.
3. Untuk $V_C > 2V_{CC}/3$, kapasitor C akan mengalami pengosongan melalui R_B sampai keadaan mencapai $V_C < V_{CC}/3$.



Gambar 3.12. Rangkaian lengkap Pewaktu IC 555 sebagai multivibrator astabil

Secara garis besar cara kerja rangkaian pengatur waktu dapat diterangkan sebagai berikut :

Pada saat kapasitor berada pada siklus pengisian dari $V_{cc}/3$ hingga $2V_{cc}/3$, maka keluaran dari pewaktu akan tinggi. Dengan keluaran yang tinggi akan menyebabkan relay bekerja untuk membuka katup solenoid, sehingga udara dari kompresor akan mengalir ke dalam tanur pemanas. Sebaliknya, pada saat kapasitor dalam siklus pengosongan, maka menyebabkan relay akan menutup katup solenoid, sehingga udara tidak mengalir. Keadaan ini berlangsung berulang-ulang sesuai dengan waktu

pengaturan siklus pengisian dan pengosongan.

Kemudian untuk pengujian alat pengendali dilakukan langkah sebagai berikut :

- Pengujian alat pengatur suhu

Dalam pengujian alat pengatur suhu dilakukan secara simulasi dengan menggunakan lampu sebagai pengganti filamen. Ujung termokopel sebagai sensor dari pengontrol ditempelkan pada lampu, untuk memberikan keluaran berupa tegangan. Keluaran dari sensor ini selanjutnya dibandingkan dengan tegangan acuan dalam sebuah komparator. Setelah lampu dan alat pengatur suhu dihubungkan dengan sumber tegangan, kemudian potensiometer pada alat pengatur suhu diputar pada tegangan tertentu. Maka pada awalnya lampu akan menyala, setelah panas pada lampu sepadan dengan tegangan yang diberikan oleh alat pengatur suhu, lampu akan mati. Setelah beberapa saat lampu akan menyala kembali untuk mempertahankan suhu yang dikehendaki. Suhu lampu diukur dengan termometer digital untuk mengetahui kestabilan dan fluktuasi suhu yang dihasilkan alat pengendali.

- Pengujian alat pengatur waktu

Pengatur waktu diberi tegangan 12 volt. Untuk mendapatkan selang waktu keluaran yang tinggi dan selang keluaran rendah, maka berturut-turut dilakukan pengaturan dengan memutar tahanan (trimpot) R_A dan R_B . Selang keluaran yang diharapkan adalah 20 menit untuk selang keluaran rendah dan 3 menit untuk selang keluaran tinggi. Simulasi

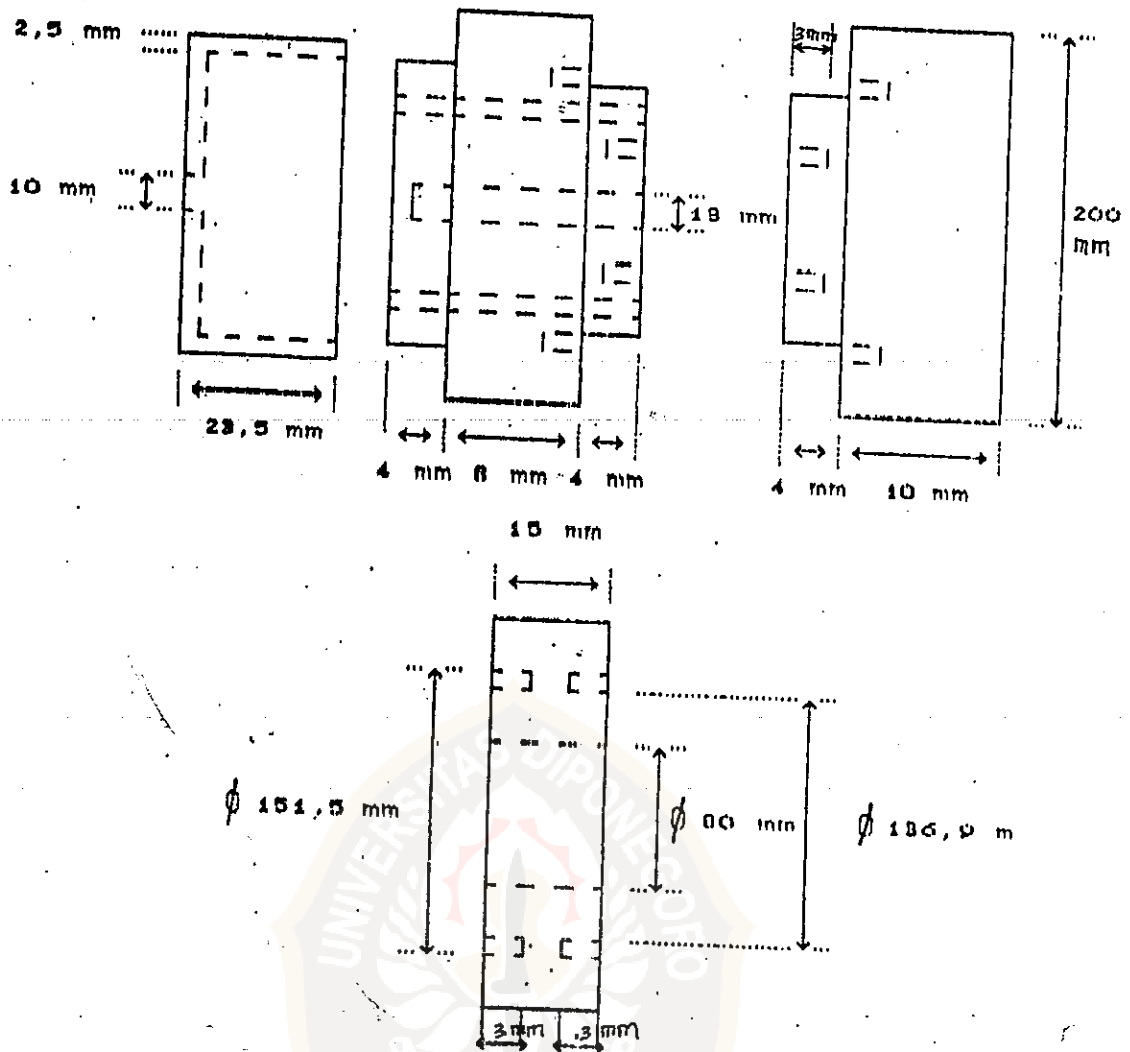
pengaturan, trimport dilakukan sehingga didapat selang waktu yang dibutuhkan.

3.3.2. Pembuatan tabung pemanas dan pelindung tanur

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan tabung tanur pemanas dan pelindung tanur adalah dua buah tabung gelas pyrex dengan diameter sisi sebelah dalam masing-masing 136,5 mm dan 70 mm dan panjangnya adalah 506 mm. Tabung yang besar sebagai pelindung tanur dipotong mejadi dua sama panjang, sedang yang lain dililiti dengan filamen nikelin sebagai pemanas.

3.3.3. Pembuatan penutup dan penyangga tanur

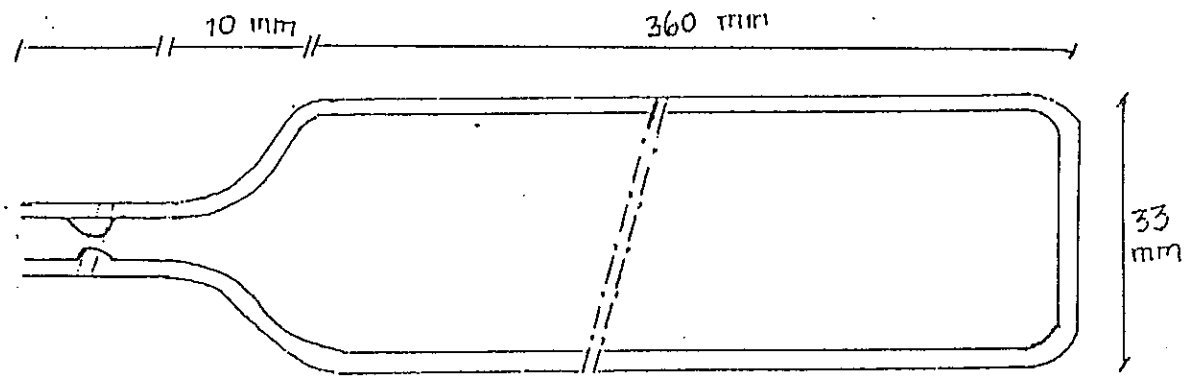
Sebagai bahan penutup dan penyangga tanur adalah grafit, dengan pertimbangan ringan dan mudah dibentuk. Adapun bentuk penutup dan penyangga tanur ditunjukkan pada gambar 3.13. Salah satu penutup tabung diberi lubang sekelilingnya untuk melewatkan udara ke dalam tabung. Bagian ini ditempatkan untuk daerah sumber material. Untuk mengeluarkan udara yang dialirkan ke dalam daerah sumber meterial, pada penyangga tabung bagian tengah juga diberi beberapa lubang ke arah keluar tabung. Sedang untuk daerah kristal dibuat rapat untuk mempertahankan suhu konstan.



Gambar 3.13. Penampang lintang penutup dan penyangga tanur pemanas

3.3.4 Pembuatan Ampul penumbuh kristal

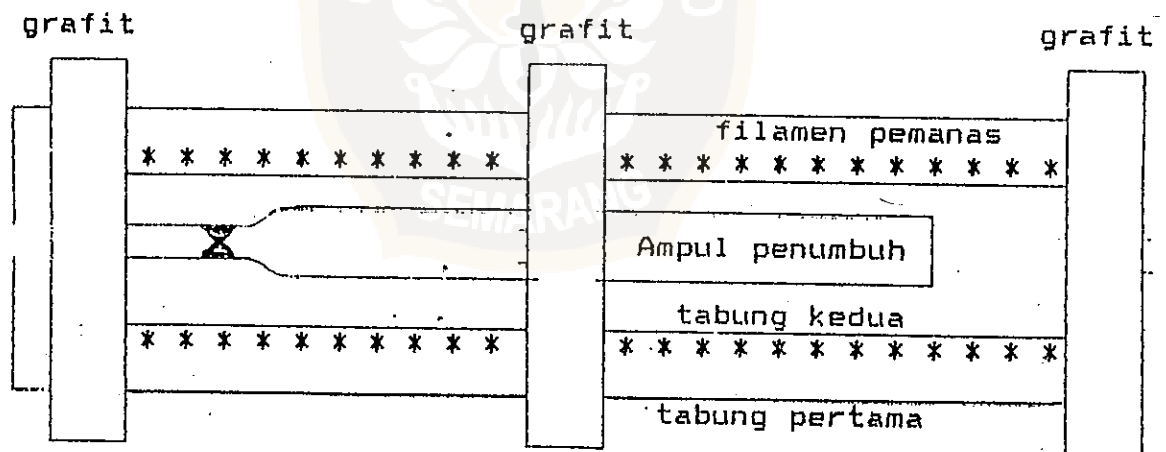
Seperti halnya tabung tanur pemanas, bahan dasar untuk membuat ampul adalah tabung gelas pyrex dengan diameter 33 mm dan panjang kurang lebih 445 mm. Adapun bentuk ampul penumbuh kristal ditunjukkan pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. Bentuk ampul penumbuhan

3.3.5. Konstruksi Tanur Pemanas

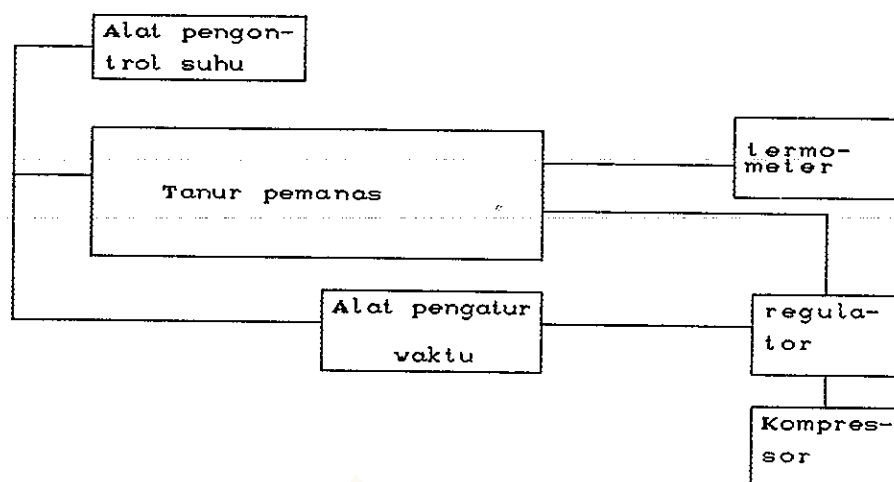
Bagian-bagian yang telah dibuat selanjutnya disusun menjadi satu sehingga terkonstruksi suatu tanur penumbuh kristal. Adapun konstruksi tanur penumbuh kristal ditunjukkan pada gambar 3.15.



Gambar 3.15. Konstruksi tanur pemanas alat penumbuh kristal

3.4. PERAKITAN

Setelah peralatan yang dibutuhkan telah dibuat kemudian dirakit dengan susunan seperti pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Bagan perakitan alat penumbuh kristal

Rincian alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Tabung pemanas

Alat ini sebagai tempat yang memenuhi kondisi pertumbuhan bagi kristal merkuri iodida. Kristal yang akan ditumbuhkan diletakkan dalam ampul penumbuh.

2. Alat pengontrol suhu

Alat pengatur suhu berfungsi untuk mengendalikan suhu ruangan dalam tanur pemanas sesuai dengan suhu yang dibutuhkan, dengan mengatur potensiometer tegangan acuan.

3. Alat pengatur waktu

Alat ini berfungsi untuk mengatur penghembusan udara mampat dari kompresor ke dalam tanur pemanas.

4. Termometer digital

Termometer berfungsi untuk mengetahui besarnya suhu dalam

tanur pemanas, dengan memasukkan probe termometer berupa termokopel ke dalam ruangan tanur.

5. Regulator

Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan udara yang dihembuskan ke dalam tanur pemanas. Alat ini biasanya sudah ada pada tabung kompresor.

6. Kompresor

Alat ini merupakan alat yang digunakan untuk mengisi dan menyimpan udara ke dalam tangki.

3.5. KARAKTERISASI

Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah dibuat, terutama distribusi suhu sepanjang tanur pemanas yang merupakan suhu operasi alat penumbuh kristal. Kinerja alat tersebut berupa profil suhu sebagaimana telah disebutkan pada dasar teori. Adapun karakteristik kinerja alat ini diantaranya adalah suhu pada daerah sumber diosilasikan antara 97°C hingga 110°C , sedang suhu daerah kristal dipertahankan konstan pada suhu 103°C . Disamping itu, waktu osilasi yang dibutuhkan adalah 20 menit untuk pertumbuhan dan 3 menit untuk penguapan kembali. Kinerja alat tersebut kemudian ditunjukkan dalam grafik hubungan antara suhu dan jarak ampul serta grafik hubungan antara suhu dan waktu.

3.6. UJI PENUMBUHAN KRISTAL MERKURI IODIDA

Setelah alat yang dibuat telah sesuai dengan spesifikasi acuan, selanjutnya dilakukan uji penumbuhan kristal HgI_2 . Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan serbuk merkuri iodida pada salah satu ujung dalam ampul.
2. Memvakumkan ampul pada tekanan 10^{-5} Torr kemudian ditutup rapat.
3. Memasukkan ampul ke dalam tanur pemanas alat penumbuh kristal merkuri iodida.
4. Menyetel alat pengendali pada parameter yang dibutuhkan.
5. Menghidupkan alat penumbuh kristal merkuri iodida. Untuk uji penumbuhan dilakukan selama 7×20 jam dan diamati gejala yang terjadi setelah selang waktu tersebut

