

SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 1 FASA DENGAN PERUBAHAN TEGANGAN BERBASIS MCU MC68HC11.

Kustanto

Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK) AUB Surakarta

e-mail : kustanto@sinus.ac.id

ABSTRAKSI

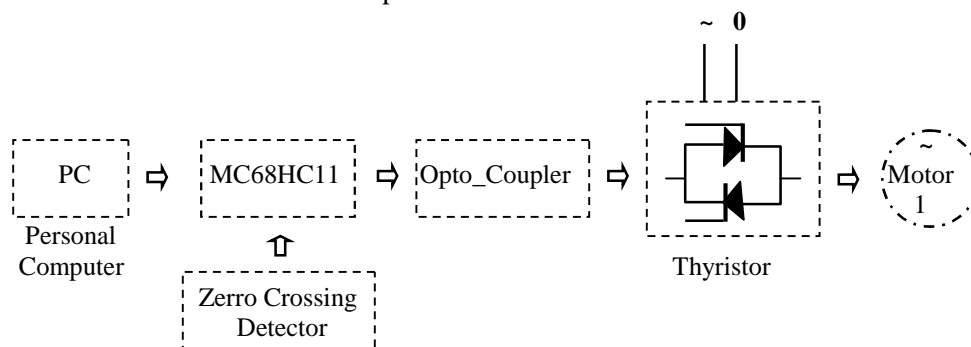
Pada sistem pengendalian kecepatan motor induksi satu fasa dengan perubahan tegangan berbasis MCU MC68HC11 ini, pengaturan tegangan input kumparan stator motor membutuhkan sebuah komputer personal untuk mengatur kerja MCU MC68HC11, kemudian sistem MC68HC11 akan mengatur sudut sulut thyristor yang sedang mengontrol tegangan jala-jala yang merupakan input kumparan stator motor induksi satu fasa. Pulsa dari MC68HC11 akan diperkuat oleh IC ULN2003A dengan bantuan opto_coupler pulsa yang dibangkitkan oleh Chip MCU MC68HC11 akan menyulut thyristor. Dengan demikian tegangan input kumparan stator motor induksi satu fasa akan dapat dikendalikan.

Kata kunci : microcontroller Unit (MCU), ULN, Opto_coupler, Motor induksi, Thyristor.

PENDAHULUAN

Dalam pengendalian kecepatan motor induksi 1 fasa, perubahan tegangan input pada kumparan stator ini kita butuhkan sebuah Computer Personal (PC), untuk mengatur kerja microcontroller MC68HC11, kemudian sistem microcontroller akan mengatur sudut picu dari thyristor yang sedang mengontrol tegangan jala-jala PLN yang merupakan tegangan input kumparan stator motor induksi satu fasa. Pulsa dari microcontroller MC68HC11 tadi di perkuat

dengan IC (ULN 2003A) dengan bantuan Opto_Coupler (Opto_Isolator) akan dibangkitkan pulsa untuk memicu thyristor tersebut. Untuk penyingkronan frekuensi jala-jala dibutuhkan hardware tambahan (Zero Crossing Detector) sebagai IC (Input Capture) microcontroller MC68HC11. Adapun diagram blok rangkaian pengendali motor induksi 1 fasa dapat dilihat pada Gambar 1.

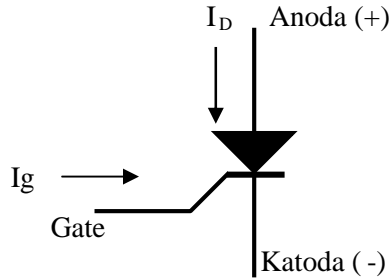


Gambar 1: Diagram blok perencanaan rangkaian pengendali kecepatan motor induksi satu fasa berbasis MC68HC11.

Thyristor.

Salah satu contoh dari thyristor adalah SCR (Silicon Controlled Rectifier) yang mempunyai simbol seperti terlihat dalam Gambar 2. Adapun karakteristik tegangan Versus arus untuk SCR ini dapat dilihat pada Gambar 3. Di sini tegangan

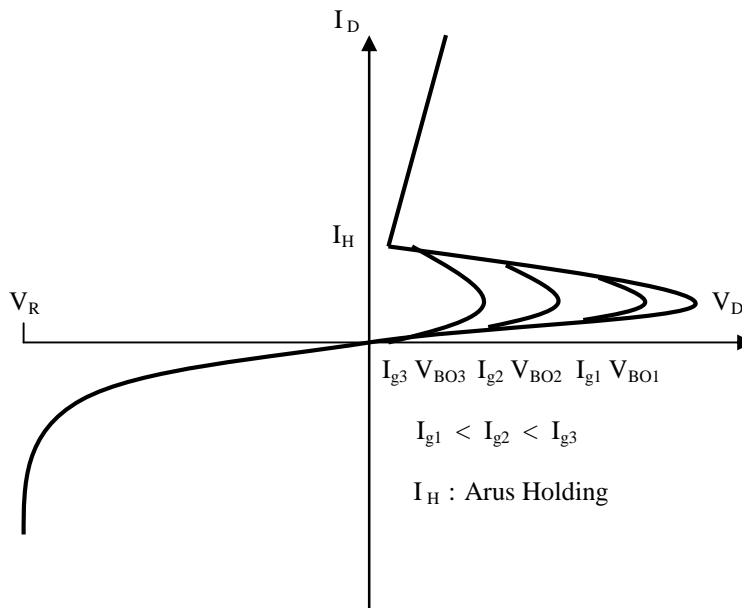
penyalannya dapat diubah-ubah sesuai dengan besarnya arus yang di berikan pada gerbang (Gate) dari SCR tersebut. Makin besar arus yang diberikan , makin besar pula tegangan penyalannya.



I_D : Arus Dioda.

I_g : Arus Gate.

Gambar 2 : Simbol SCR (Silicon Controlled Rectifier).



Gambar 3: Karakteristik arus dan tegangan pada SCR.

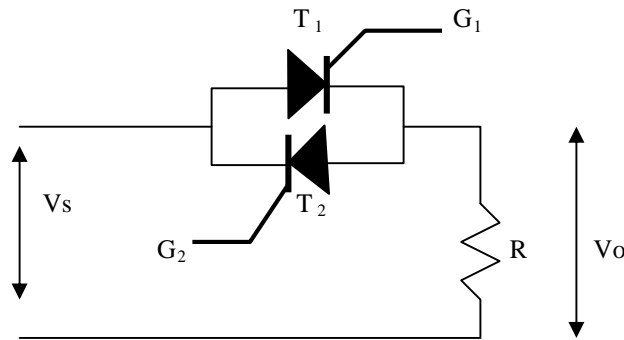
Penggunaan thyristor dalam sistem pengendali beban satu fasa ini, digunakan sistem pengontrolan dua arah satu fasa. Pengontrolan ini dapat digunakan untuk

beban resistip (lampu pijar) dan induktif (motor induksi satu fasa).

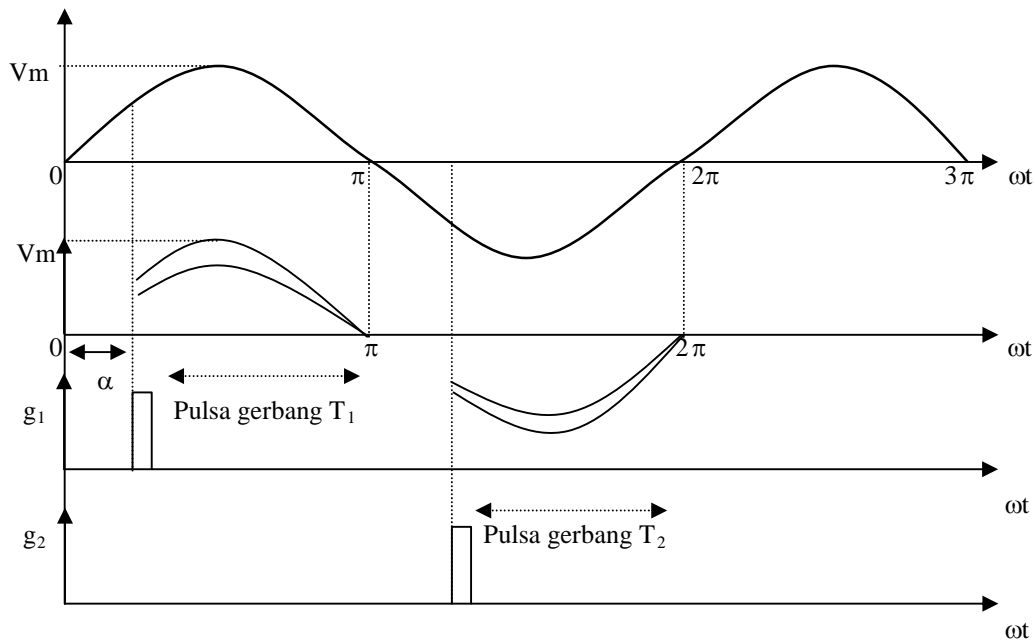
a. Pengontrolan dua arah satu fasa beban resistip.

Dengan menggunakan kontrol dua arah (gelombang penuh) dan pengontrolan gelombang penuh satu fasa dengan beban resistip yang ditunjukkan pada Gambar 4a. Selama tegangan masukan setengah siklus positif, daya mengalir dikontrol oleh beberapa sudut tunda dari thyristor T1, dan thyristor T2 mengontrol daya selama

tegangan masukan setengah siklus negatif. Pulsa-pulsa yang dihasilkan oleh T1 & T2 terpisah 180°. Bentuk gelombang untuk tegangan masukan, tegangan keluaran dan sinyal gerbang untuk T1 & T2 ditunjukkan pada Gambar 4b.



(a). Rangkaian pengontrol dengan beban resistip.



(b). Bentuk gelombang T₁ & T₂

Gambar 4 : Pengontrol gelombang penuh satu fasa.

Jika $V_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ adalah tegangan masukan dan sudut tunda thyristor T_1 & T_2 , tegangan keluaran rms dapat ditentukan melalui :

$$V_0 = \left(\frac{2}{2\pi} \int_0^\pi 2V_s^2 \sin^2 \omega \tau d(\omega \tau) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_0 = \left(\frac{4V_s^2}{4\pi} \int_0^\pi (1 - \cos 2\omega \tau) d(\omega \tau) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_0 = V_s \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dengan membuat variasi sudut α dari 0 sampai π , V_0 dapat divariasikan dari V_s sampai 0 Volt.

Contoh : Sebuah pengontrol tegangan AC gelombang penuh satu fasa seperti Gambar 4a, memiliki beban resistif (R) = 10 Ω dan tegangan masukan $V_s = 120$ V(rms), dengan frekuensi 60 Hz. Sudut sulut thyristor T_1 &

T_2 sama ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = \pi / 2$). Maka tegangan keluaran (rms) adalah :

R : 10 Ω , V_s : 120V, α : $\pi/2$ dan V_m : $\sqrt{2} \times 120 = 1697$ Volt.

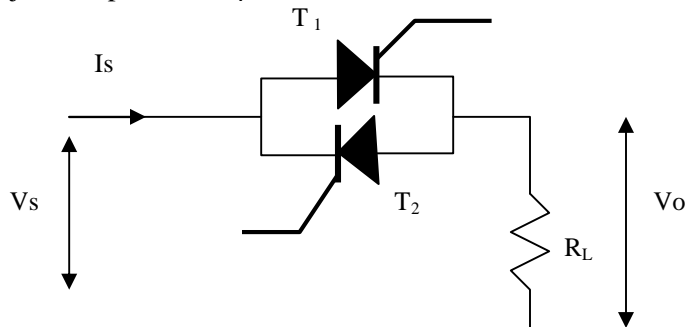
Dengan menggunakan persamaan diatas, maka V_0 rms akan diperoleh :

$$V_0 : 120 / \sqrt{2} = 84,85 \text{ Volt.}$$

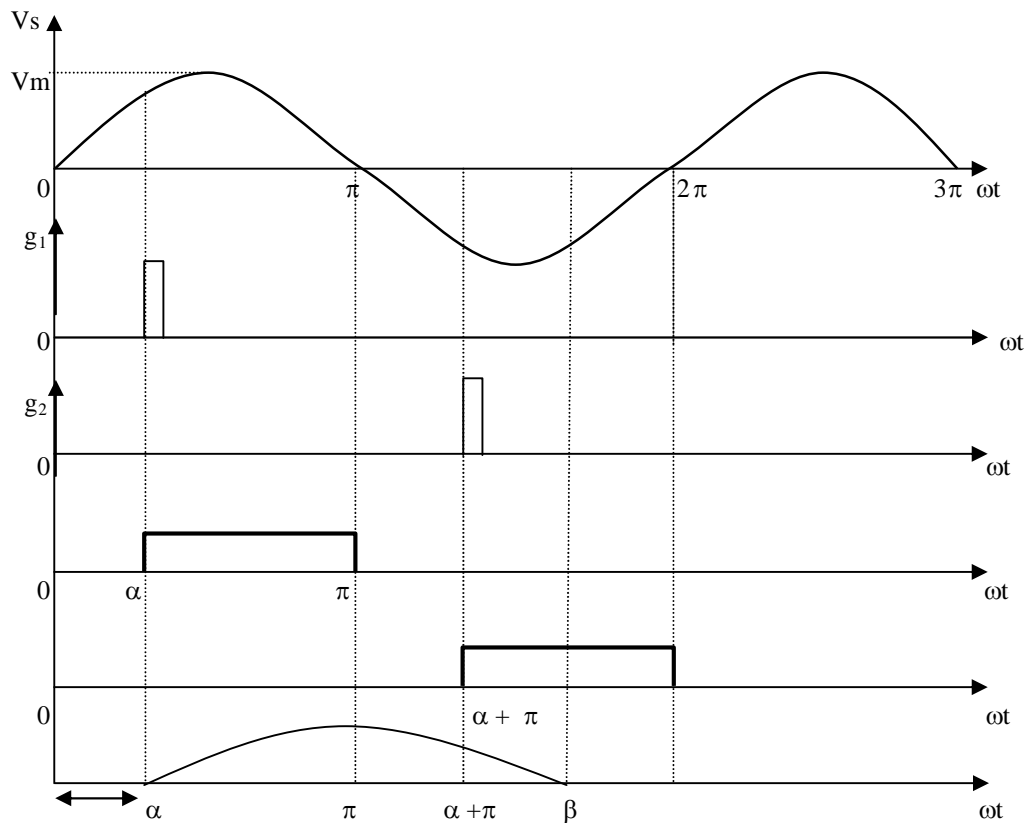
b. Pengontrolan satu fasa dengan beban induktif.

Pengontrolan gelombang penuh dengan beban induktif (RL) ditunjukkan pada Gambar 5a. Karena induktansi pada rangkaian, arus thyristor pada T_1 tidak akan jatuh menuju nol pada $\omega \tau = \pi$, ketika tegangan masukan mulai menjadi negatif. Thyristor T_1 akan turut terhubung sampai arus i_1 jatuh menjadi nol pada $\omega \tau = \beta$. Sudut

konduksi thyristor T_1 adalah $\delta = \beta - \alpha$ dan bergantung pada sudut sulut α dan sudut faktor daya beban θ . Bentuk gelombang untuk arus thyristor, pulsa-pulsa gerbang dan tegangan masukan ditunjukkan pada Gambar 5b.



(a) Rangkaian.



(b) Bentuk gelombang.

Gambar 5: Pengontrolan gelombang penuh satu fasa dengan bebanRL.

Bila $V_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ adalah tegangan masukan yang tiba-tiba dan sudut sulut thyristor T_1 adalah α , arus thyristor (i_1) dapat ditunjukkan melalui :

$$L(di_1/dt) + Ri_1 = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad \dots\dots (1)$$

Bila diselesaikan i_1 menjadi :

$$I_1 = (\sqrt{2} / Z) V_s \sin(\omega t - \theta) + A_1 e^{-(R/L)t} \quad \dots (2)$$

Dengan beban impedansi $Z = [R^2 + (\omega L)^2]^{1/2}$ dan sudut sulut beban $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$.

Konstanta A_1 dapat ditentukan dari kondisi semula pada $\omega t = \alpha$, $i_1 = 0$. Dari persamaan diatas sehingga A_1 diperoleh :

$$A_1 = (\sqrt{2} V_s / Z) \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)(\alpha/\omega)} \quad \dots (3)$$

Substitusi A_1 dari persamaan (3) pada persamaan (2) menghasilkan :

$$I_1 = (\sqrt{2} V_s / Z) [\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)(\alpha/\omega)}] \quad \dots\dots (4)$$

Sudut β , pada saat arus i_1 , jatuh menjadi nol dan thyristor T_1 menjadi off, dapat ditentukan dari kondisi $i_1(\omega t = \beta) = 0$ pasaat persamaan (4) dan diberikan hubungan dengan :

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)(\alpha/\omega)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Sudut β , yang disebut pula extinction angle, dapat ditentukan dari persamaan transidental dan memerlukan penyelesaian dengan metode iterasi. Bila β diketahui, sudut konduksi δ thyristor T_1 dapat ditentukan melalui :

$$\delta = \beta - \alpha$$

Tegangan keluaran RMS :

$$V_0 = [(4Vs^2/4\pi) \int_{\alpha}^{\beta} (1-\cos 2\omega t) d(\omega t)]^{1/2}$$

$$V_0 = [(2/2\pi) \int_{\alpha}^{\beta} 2Vs^2 \sin^2 \omega t d(\omega t)]^{1/2}$$

$$V_0 = Vs[(1/\pi) \int_{\alpha}^{\beta} ((\beta-\alpha) + (\sin 2\alpha/2) - (\sin 2\beta/2))]^{1/2} \dots\dots(6)$$

Sinyal-sinyal gerbang thyristor dapat berupa pulsa-pulsa pendek untuk pengontrol dengan beban resistif, namun demikian, pulsa-pulsa pendek tersebut tidak cocok untuk beban induktif. Hal ini dapat dijelaskan dengan Gambar 5b. Ketika thyristor T₂ firing pada $\omega t = \pi + \alpha$, thyristor T₁ masih terhubung karena beban induktif. Pada saat arus thyristor T₁ jatuh menjadi nol dan T₁ menjadi off pada $\beta = \alpha + \delta$, pulsa pada

gerbang T₂ telah berhenti dan mengakibatkan T₂ tidak menjadi on. Hasilnya hanya thyristor T₁ yang akan beroperasi, yang mengakibatkan bentuk gelombang tidak simetris pada arus dan tegangan keluaran. Kesulitan ini dapat diatasi dengan menggunakan sinyal-sinyal gerbang yang kontinyu dengan masa durasi $(\pi + \alpha)$.

IC (ULN 2003A).

ULN 2003A adalah deretan transistor darlington yang mempunyai kemampuan arus dan tegangan cukup tinggi. Jenis transistor yang dipakai adalah NPN. Dioda yang mengapit output common cathode berfungsi sebagai pemutus beban induktif. Arus kolektor kaki darlington yang dihasilkan bisa mencapai 500 mA. Kaki

output dan input dihubung paralel. Tegangan operasi yang diijinkan 5 Volt.

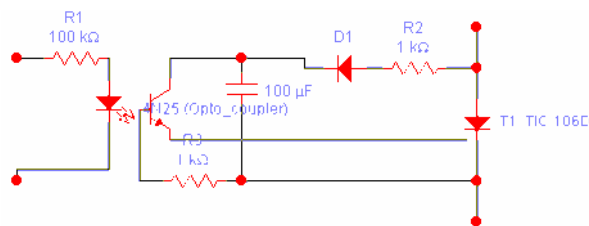
Dalam sistem pengendali kecepatan motor induksi satu fasa, transistor (ULN 2003A) berfungsi sebagai penguat pulsa dari MC68HC11, sehingga didapatkan arus gate yang cukup untuk memicu thyristor 2 pulsa dalam rangkai pengendali tersebut.

OPTO_COUPLER (OPTO_ISOLATOR) 4N25.

Opto_coupler yang diproduksi dalam bentuk paket plastik dan diberi lensa atau filter untuk menaikkan kepekaan terhadap cahaya. Keuntungan utama dari opto_coupler adalah sebagai pemisahan secara listrik antara rangkaian yang masuk dengan rangkaian yang keluar (penyekat rangkaian tegangan tinggi dengan rangkaian tegangan rendah). Dengan opto_coupler, hubungan antar rangkaian hanya seberkas cahaya, dengan kata lain semakin redup

cahaya yang dipancarkan semakin kecil pula tegangan yang dikeluarkan oleh sisi output. Dengan demikian kita dapat memperoleh resistansi penyekatan diantara dua rangkaian itu sampai ratusan ohm.

Dalam peralatan sistem pengendali ini, opto_coupler difungsikan sebagai pengontrol dalam penyulutan sudut thyristor dari MC68HC11 yang penulis rencanakan. Adapun penerapan dalam sistem rangkaiannya adalah seperti Gambar 6: :



Gambar 6: Rangkaian buffer penyulutan thyristor.

Prinsip kerja rangkaian tersebut adalah sebagai berikut :

Saat opto_coupler menyala, maka arus dari jala-jala melalui R_2 dan dioda (D_1) akan mengalir ke transistor 4N25, sehingga thyristor (T_1) akan tersulut dan beban akan menjadi ON. R_3 diperlukan agar kondisi

padam (opto_coupler) tidak ada arus yang mengalir dalam transistor 4N25. Jaringan kapasitor (C_1) diperlukan untuk melindungi T_1 terhadap perubahan tegangan yang membuat thyristor berakhir terlampaui dini. R_1 diperlukan untuk membatasi arus LED 4N25.

Microcontroller Unit MC68HC11.

MCU MC68HC11 adalah jenis MCU 8 bit buatan Motorola yang terbuat dari bahan semikonduktor tipe HCMOS (High Density Complementary Metal Oxide Semikonduktor), yang dikemas dalam satu chip. Teknologi HCMOS yang diterapkan oleh Motorola ini, memungkinkan kombinasi ukuran chip yang kecil dan berkecepatan yang tinggi dengan daya listrik yang rendah serta kekebalan noise yang tinggi pula.

Sistem memory MCU ini terdiri dari 8Kbyte (Read Only Memori), 512 byte (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) dan 256 byte (Random Acces Memory). Chip ini juga dilengkapi dengan delapan kanal (Analog to Digital

Converter) dengan resolusi 8 bit. Sebuah komunikasi serial tak sinkron yaitu (Serial Communications Interface) dan serial sinkron (Serial PheriperallInterface) juga disertakan.

Selain itu juga terdapat timer 16 bit, yang memiliki tiga jalur Input capture (IC1 - IC3), lima jalur Output Compare (OC1 - OC5), dan fungsi Interrupsi Real Timer. Sebuah fungsi lagi yang ada dalam MCU ini adalah subsistem Akumulator pulsa 8 bit yang dapat digunakan untuk melakukan hitungan kejadian luar (External Events Counter) atau pengukur periode pulsa juga terdapat didalamnya.

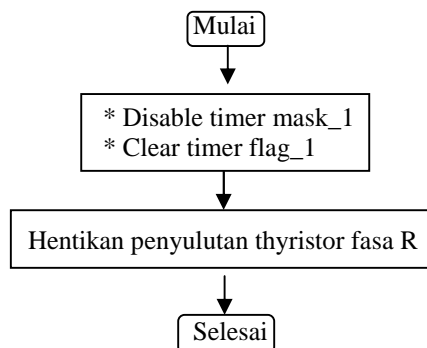
Perencanaan.

Perencanaan gelombang penyulutan thyristor.

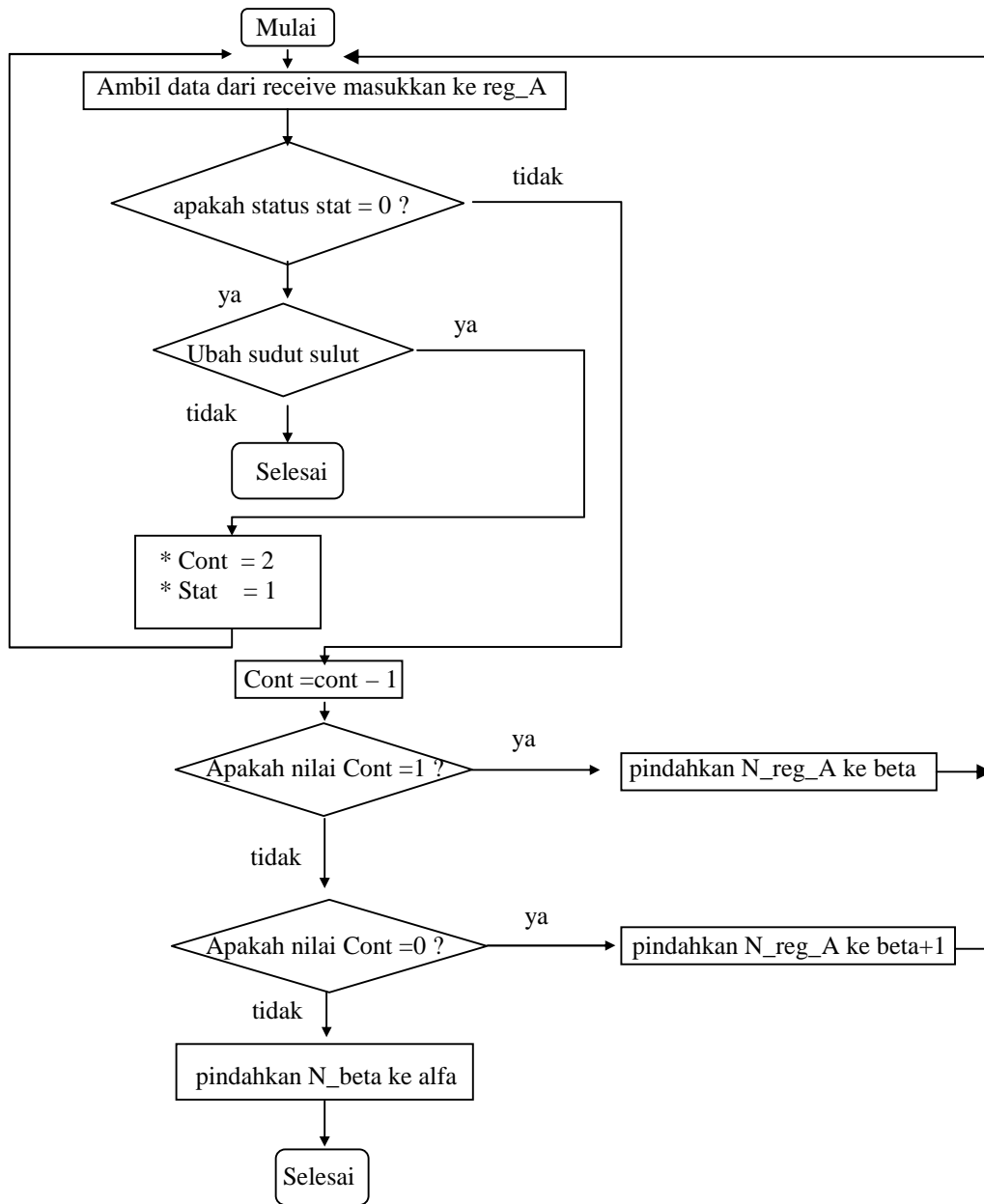
Dalam sistem pengendali kecepatan motor induksi 1 fasa dengan perubahan tegangan input kumparan motor berbasis MCU MC68HC11 ini, pulsa penyulutan thyristor akan dibangkitkan oleh sistem

MC68HC11 dalam program timernya. Adapun bentuk pulsa dari sistem MCU MC68HC11 akan dijelaskan dalam flow chart berikut :

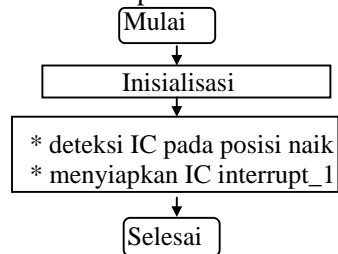
1. Bila ada perintah stop motor dari komputer.
Bila ada interrupt stop motor dari SCI



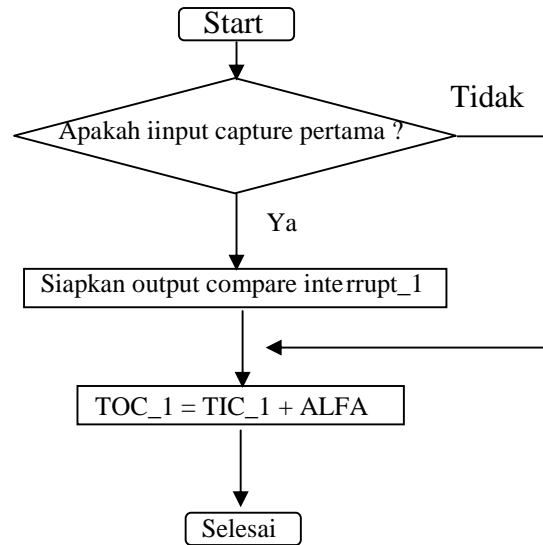
2. Perintah ubah sudut sulut dari komputer.
Bila ada interrupt dari SCI



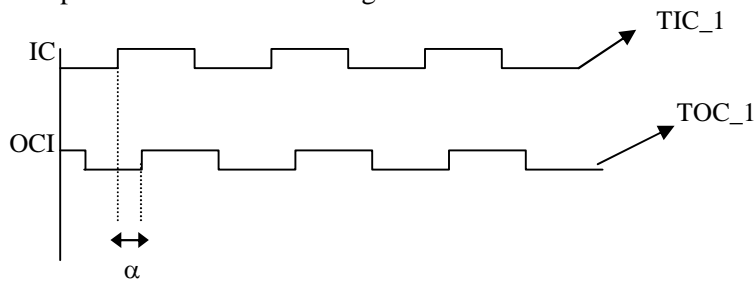
3. Perintah star motor dari komputer.
a. Bila ada interrupt dari SCI



b. Bila terjadi input capture dari CPU.



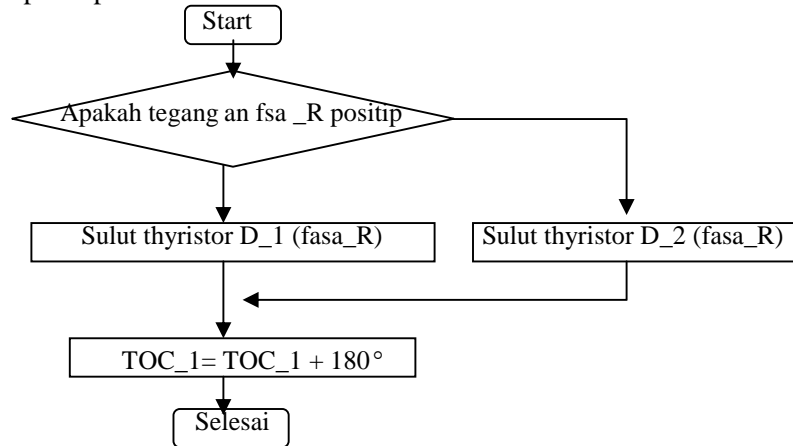
Pulsa input capture tersebut adalah sebagai berikut :



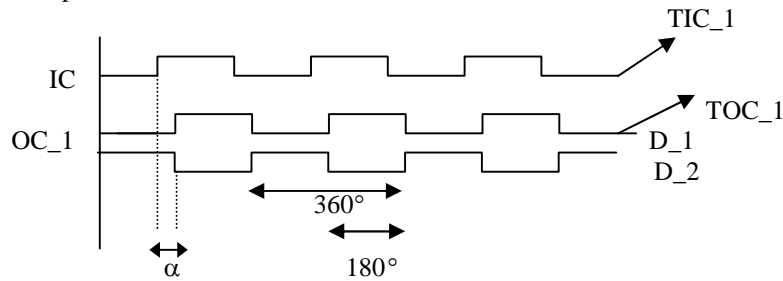
Keterangan :

- TIC_1 : Waktu saat zerocrossing enable.
- TOC_1 : Waktu thyristor menyulut fasa_R.
- α : Besarnya sudut sulut thyristor.

c. Bila terjadi output capture dari CPU.



Pulsa output compare dari CPU tersebut adalah :



$$TOC_1 = TIC_1 + 180^\circ \text{ \{Waktu penyulutan thyristor fasa _R berikutnya\}.}$$

Keterangan :

- TIC_1 : Waktu saat zero crossing enable.
- TOC_1 : Waktu thyristor menyulut fasa _R.
- α : Besarnya sudut sulut thyristor.
- D_1 & D_2 : Thyristor fasa_R.

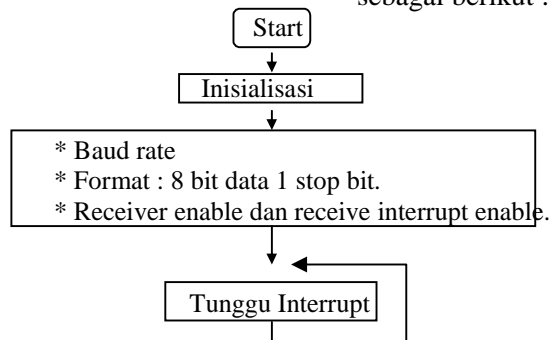
Gambar 7: Flow chart star motor dari SCI

Agar proses transmisi data serial dari komputer personal dapat diterima oleh sistem MCU MC68HC11, maka perlu diinisialisasi terlebih dahulu Asynchronous Communication Adapternya. Hal-hal yang perlu diinisialisasi antara lain :

- Baud rate (9600baud)
- Format : 8 bit data 1 stop bit.

- Receiver enable dan receive interrupt enable.

Apabila dari ketiga flow chart diatas digabung menjadi satu akan terbentuk suatu flow chart pengendali kecepatan motor induksi satu fasa dengan perubahan tegangan input kumparan stator motor berbasis MCU MC68HC11 tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 7 : Flow chart inisialisasi SCI

KESIMPULAN

Dari pengujian pada motor kapasitor dengan spesifik (220V/50Hz/125W) yang dibebani untuk memompa air dari sumur bur, kecepatan motor akan berubah dari 2837-2307 Rpm, yang disebabkan karena adanya perubahan tegangan input kumparan stator motor antar 207-168V, pada sudut sulut thyristor antara 0°-160°.

DAFTAR PUSTAKA

1. **A.E. FITZGERALD (1990)**, Mesin-mesin Listrik, edisi ke_empat. Penerbit Erlangga Jakarta.

2. **ZUAL (1982)**, Dasar Tenaga Listrik. Penerbit ITB Bandung.
3. **MANUAL**, Microcontroller MCU MC68HC11 dari Motorola
4. **M.H.RASID**, Power Electronics, Circuits, Device and Applications. Second Edition. Prentice hall International Inc.
5. **GANIADI GUNAWAN**, Memanfaatkan Serial RS-232-C. Penerbit PT. Elex Media Komputindo.Jkt.

