

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Model Motor DC

Model motor DC yang digunakan adalah representasi *state space*. Input sistem adalah tegangan yang diberikan pada motor DC yaitu V . Sedangkan output sistem berupa posisi sudut motor DC yaitu θ .

Apabila dianalisis dari sudut pandang mekanik motor DC berdasarkan hukum Newton II tentang rotasi yang menyatakan bahwa jumlah torsi merupakan perkalian antara beban inersia dengan percepatan sudut, maka didapatkan persamaan 3.1.

$$K_m \cdot i - K_f \frac{d\theta}{dt} = J \frac{d^2\theta}{dt^2}$$
$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{K_m}{J} \cdot i - \frac{K_f}{J} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (3.1)$$

dimana K_m merupakan konstanta *armature* motor DC, $K_f \cdot \frac{d\theta}{dt}$ merupakan gaya gesek yang berlaku pada motor DC, dan J merupakan beban inersia motor DC.

Jika dipandang dari sudut pandang elektrik motor DC berdasarkan hukum Kirchoff tentang tegangan (KVL) yang menyatakan bahwa jumlah beda potensial suatu rangkaian tertutup adalah sama dengan nol, maka didapatkan persamaan berikut 3.2.

$$v = i \cdot R + L \frac{di}{dt} + K_b \cdot \frac{d\theta}{dt}$$
$$\frac{di}{dt} = \frac{v}{L} - i \cdot \frac{R}{L} - \frac{K_b}{L} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (3.2)$$

dimana $K_b \cdot \frac{d\theta}{dt}$ merupakan gaya gerak listrik induksi pada motor DC dan K_b merupakan konstanta gaya gerak listrik motor DC.

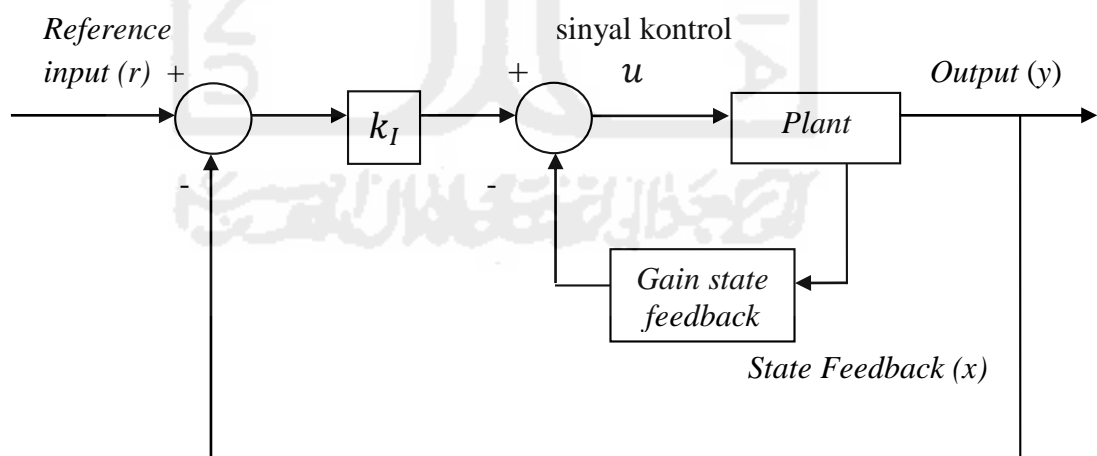
Variabel-variabel keadaan sistem yang digunakan dalam model ini adalah posisi sudut θ , kecepatan sudut ω yang merupakan turunan pertama dari posisi sudut θ dan arus i . Berdasarkan pemilihan variabel-variabel tersebut dan persamaan 3.1 dan 3.2, maka model representasi *state space* motor DC dapat dituliskan dalam persamaan 3.3.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{K_f}{J} & \frac{K_m}{J} \\ 0 & -\frac{K_b}{J} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} v$$

$$y = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} v \quad (3.3)$$

3.2 Perancangan Pengendali *State Feedback* dengan Metode *Pole Placement*

Secara umum, perancangan pengendali yang digunakan dalam penelitian ini digambarkan dalam gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram sistem

Blok diagram diatas menjelaskan bahwa komponen pengendali yang digunakan terdiri dari *integral gain* dan *gain state feedback*. *Plant* yang digunakan

adalah model motor DC pada persamaan 2.9. Keluaran dari *feedback* yang berupa posisi sudut θ motor DC sebelumnya dibandingkan dengan nilai *reference input* oleh pengendali yang digunakan dan diartikan sebagai nilai *error*. Kendali *state feedback* dalam penelitian ini berfungsi untuk mengatur posisi sudut θ *output* (radian) *plant* sesuai dengan nilai *reference* yang diinginkan.

Respon sistem pada penelitian ini dapat diamati dari beberapa parameter keluaran *software* MATLAB *Simulink* yang menjadi acuan dalam proses *tuning*. Jika respon sistem sudah sesuai dengan target penelitian, maka proses *tuning* dihentikan dan diuji dengan beberapa variasi nilai *reference*.

Berdasarkan model motor DC pada persamaan 3.3, maka

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{K_f}{J} & \frac{K_m}{J} \\ 0 & -\frac{K_b}{J} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix}$$

Untuk dapat mengaplikasikan *state feedback controller* dengan metode *pole placement*, maka matriks A dan B diatas harus berada dalam bentuk *controllable*. Untuk mengecek apakah sistem tersebut *controllable* atau tidak maka dapat dilakukan dengan mengecek *rank* matriks M yaitu:

$$M = [B : AB : A^2B]$$

Jika model yang digunakan sudah berada dalam bentuk *controllable*, maka selanjutnya mencari karakteristik persamaan dari sistem. Karakteristik persamaan model yang diinginkan dibentuk dari *close loop pole* yang diinginkan. *Close loop pole* yang diinginkan adalah $s_1 = -10$, $s_2 = -7$, dan $s_3 = -5$. Respon sistem yang diinginkan adalah eksponensial dan tidak memiliki nilai *overshoot*, sehingga dipilih *close loop pole* yang berada pada sumbu *real* dan sumbu kompleks.

Berdasarkan pada pengendali *state feedback* yang digunakan maka nilai K dapat dicari nilainya berdasarkan karakteristik persamaan model representasi *state space* motor DC dan karakteristik persamaan model dari *close loop pole* yang diinginkan.

