

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah merupakan sisa aktifitas manusia yang dapat berupa bahan kimia organik maupun anorganik yang akan berdampak negatif bagi lingkungan hidup apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah memiliki beberapa jenis yang diklasifikasi berdasarkan jenis zat, wujud, serta asalnya.

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (limbah B3) menurut PP Np. 18/1999 Jo. PP No. 85/1999 adalah “sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan /atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain”. Sumber limbah B3 adalah kegiatan-kegiatan industri logam berat, pertambangan, kesehatan, farmasi, mesin-mesin, bahan kimia dan juga rumah tangga. Pada umumnya limbah B3 mengandung logam berat dan zat kimia berbahaya seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni), pestisida, sianida, sulfida, fenol dan lain-lain.

Limbah B3 sangatlah berbahaya apabila tidak melalui tahap pengolahan yang baik. Berikut adalah karakteristik limbah B3 :

1. Mudah meledak (*explosive*)
2. Pengoksidasi (*oxidizing*)
3. Beracun (*moderately toxic*)
4. Menyebabkan Infeksi
5. Korosi
6. Reaktif

Terdapat banyak metode dalam pengolahan limbah B3, sesuai dengan kandungan zat yang terdapat pada limbah. Rilyanti, Mita. (2007) melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah B3 menggunakan biomassa *Sargassum duplicatum* yang diimmobilisasi dengan *Polietilamina-glutaraldehyda* sebagai pengurai polutan (zat-zat berbahaya) yang terdapat pada limbah yaitu ion logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II).

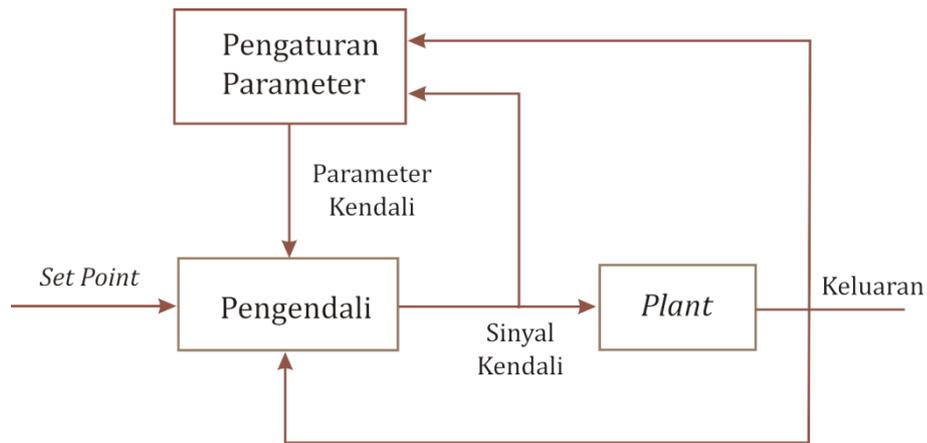
2.2 Sistem Kendali Suhu

Dikebanyakan industri yang melibatkan suhu sebagai salah satu variabel yang mempengaruhi proses produksi maka akan ditemui sistem kendali untuk suhu tersebut. Suhu yang sering dikendalikan berupa suhu gas atau cairan dalam sebuah ruang atau bejana. Sebagai contoh adalah pengendalian suhu pada proses peleburan baja, pemanasan air pada *boiler*, hingga proses pengolahan limbah industri.

Kendali suhu ruang artinya menjaga kondisi atau nilai suhu udara (*set point*) dalam sebuah *plant* pada nilai yang dikehendaki saat terjadi perubahan parameter pada sebuah proses dengan cara mengumpan balikkan nilai variabel proses dan membandingkannya dengan *set point*. Gultom, M.M. (2007) merancang sebuah sistem kendali suhu ruang bioreaktor yang digunakan sebagai proses pengolahan limbah B3. Sistem dirancang menggunakan metode kendali *on-off* dengan celah differensial dan mampu menjaga suhu ruang dengan nilai 10°, 20°, 27°, 30°, 40° dan 50 °C. Untuk nilai temperatur dibawah 30°C digunakan pendingin (sistem refrigerant) sedangkan untuk nilai suhu diatas 30°C digunakan *wiring heater*. Tugas akhir ini hanya membahas kinerja sistem untuk mencapai nilai referensinya dan tidak melakukan pengujian dengan adanya gangguan. Sistem ini bekerja cukup baik dengan nilai kesalahan sebesar 0.06135 %.

2.3 Teknik Kendali Adaptif (*Adaptive Control*)

Teknik kendali adaptif merupakan teknik kendali yang dilengkapi dengan algoritma pembelajaran. Teknik kendali adaptif didefinisikan juga sebagai sistem kendali yang memiliki mekanisme untuk mengatur parameter-parameter kendalinya sendiri. Skema dari sistem kendali adaptif terdiri dari dua kalang (*loop*). *Loop* pertama adalah *loop* umpan balik *plant* dengan pengendali, sedangkan *loop* kedua adalah *loop* pengaturan parameter. Blok Diagram dari sistem kendali adaptif ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Blok diagram sistem adaptif

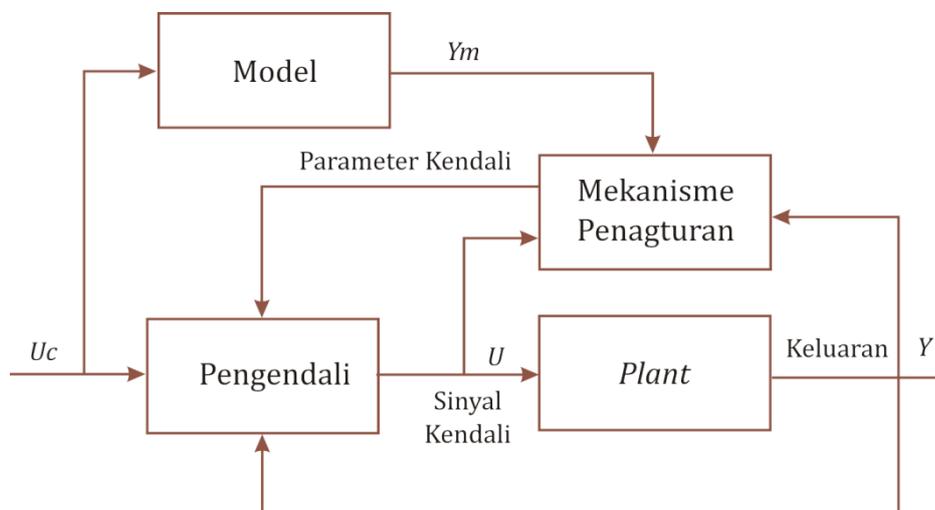
Pada teknik kendali adaptif terdapat empat skema, yaitu *Gain Scheduling*, *Model-Reference Adaptive Control (MRAC)*, *Self-Tuning Regulator (STR)* dan *Dual Control*. Skema-skema tersebut banyak diterapkan pada sistem pengendalian suhu ruang, seperti penelitian yang dilakukan oleh Mukhaitir, A.S (2010) yang menerapkan kendali PID *Gain Scerduling* pada *plant electric water heater*. Dari hasil pengujian penggunaan metode kendali *Gain Scheduling* dirasa sangat efektif dalam menangani gangguan. Metode kendali *Gain Scheduling* menghasilkan nilai ITAE sebesar 141051 yang lebih kecil dibandingkan sistem yang menggunakan kendali PID *single* dengan nilai ITAE 174067 dan 187569. Analisis indeks performansi kesalahan ITAE digunakan untuk menentukan unjuk kerja sistem yang terbaik dengan menghitung nilai integral dari *error* yang didapatkan saat pengujian.

Fitriyanto, M (2011) mengaplikasikan kendali adaptif pada pengendalian suhu dengan skema *Self Tuning Regulator (STR)*. Dari hasil pengujian dan anilisa didapat bahwa algoritma *least-mean square (LMS)* sebagai *estimator* dan metode *Pole Placement* dapat digunakan untuk mengendalikan suhu ruang. Selain

itu juga kendali adaptif mempunyai kehandalan dalam mengatasi dan mengeliminasi gangguan dari luar.

2.4 Model-Reference Adaptive Control (MRAC)

Model-Reference Adaptive Control (MRAC) merupakan salah satu skema kendali adaptif dimana peformasi keluran sistem (proses) mengikuti peformasi keluran model referensinya. Parameter-parameter pengendali diatur melalui mekanisme pengaturan yang didasarkan pada *error* yang merupakan selisih antara keluran proses dengan keluran model referensi. Blok diagram skema *Model-Reference Adaptive Control* ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2. Blok diagram Model-Reference Adaptive Control (MRAC)

Skem sistem MRAC memiliki dua *loop* , *loop* pertama (*inner loop*) merupakan *loop* umpan balik antara proses dan pengendali sedangkan *loop* kedua (*outer loop*) adalah *loop* yang mengubah parameter-parameter kontrol berdasarkan sinyal *error*, $e = y - y_m$. Pengaturan dilakukan dengan meminimalkan sinyal *error*,

sehingga keluaran sistem (y) sesuai dengan keluaran model referensinya (y_m). Mekanisme pengaturan pada MRAC terhadap parameter-parameternya dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya dengan *MIT Rule* dan teori kestabilan *Lyapunov*. Rusmawan, F (2011) melakukan penelitian yang bertujuan untuk membandingkan unjuk kerja MRAC menggunakan *MIT Rule* dengan MRAC menggunakan teori kestabilan *Lyapunov*. Pada penelitian ini diambil kesimpulan bahwa metode adaptasi *MIT Rule* memiliki kemampuan mengatasi gangguan lebih baik dibandingkan dengan teori kestabilan *Lyapunov* yang dapat dilihat dari waktu yang dibutuhkan untuk mengatasi gangguan yang lebih singkat. Namun Teori kestabilan *Lyapunov* memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan *MIT Rule* dalam hal mengikuti model referensinya.