

# SIMULASI FED-BATCH FERMENTOR MENGUNAKAN HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)

Iwan Muhammad Erwin<sup>1)</sup>, Dadan Ridwan Saleh<sup>2)</sup>, Estiko Rijanto<sup>2)</sup>

1) Pusat Penelitian Informatika

Jl Sangkuriang (Komplek LIPI Gd 20) 40135 Bandung

Phone : 022-2504711 Fax : 022-2504712

Email : [iwan@informatika.lipi.go.id](mailto:iwan@informatika.lipi.go.id)

2) Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik

Jl Sangkuriang (Komplek LIPI Gd 20) 40135 Bandung

Phone : 022-2503055 Fax : 022-2504773

Email : [dadan@mekatronika.or.id](mailto:dadan@mekatronika.or.id) ; [estiko@mekatronika.or.id](mailto:estiko@mekatronika.or.id)

## Abstrak

*Fed-batch fermentor* banyak digunakan dalam proses bio-kimia misalnya untuk mengendalikan pertumbuhan konsentrasi substrat. Makalah ini menyajikan Simulasi *fed-batch fermentor* menggunakan *Human Machine Interface* (HMI). Pertumbuhan substrat dimodelkan dalam sebuah formula sehingga pemberian asupan (feeding) dapat diformulasikan untuk memperoleh pertumbuhan substrat menjadi optimum secara teori. Untuk mengatasi kesalahan antara teori dan kenyataan maka diperlukan pengendali umpan balik (feedback controller). Simulasi *fed-batch fermentor* dibuat dengan menggunakan formula pemodelan tersebut. Pada makalah ini dibuat sebuah HMI yang mudah dioperasikan untuk melakukan simulasi *fed-batch fermentor* tersebut.

**Kata kunci :** *simulasi, fed-batch fermentor, konsentrasi, optimum, Human Machine Interface.*

## Abstract

*Fed-batch fermentor* is widely used in biochemical processes for example to control growth of substrate concentration. This paper presents *fed-batch fermentor* simulation using *Human Machine Interface* (HMI). Growth of substrate can be modeled in a proper formula, while a feeding policy which ensures theoretically optimum grow rate in *fed-batch fermentor* can be formulated based on the model. To manipulate error between theoretical and real condition, a feedback controller is developed. The *fed-batch fermentor* simulation is developed using the modeled formula. This paper explains how to develop HMI which eases operation of *fed-batch fermentor* process simulation.

**Keywords :** *simulation, fed-batch fermentor, concentration, optimum, Human Machine Interface.*

## 1. Pendahuluan

Fermentasi adalah salah satu proses yang sangat penting dalam proses bio-kimia. Proses fermentasi (peragian) telah dikenal ribuan tahun yang lalu. Saat itu umumnya digunakan untuk mengubah glukosa yang ditemukan dari buah-buahan, biji-bijian dan umbi-umbian menjadi alkohol. Proses ini sering dipakai dalam industri makanan dan minuman. Fermentasi umumnya dilakukan dalam sebuah wadah yang disebut dengan *fermentor*. Seiring dengan meningkatnya pengetahuan mengenai bakteri dan *fungi* (jamur), *fermentor* digunakan lebih luas lagi [1].

Ide umum yang melatarbelakangi *fermentor* adalah untuk menyediakan lingkungan yang stabil dan optimal untuk pertumbuhan bakteri atau jamur yang berperan dalam proses fermentasi. Untuk membentuk lingkungan tersebut, beberapa parameter seperti pH, suhu, cahaya, tekanan dan konsentrasi nutrisi yang diberikan untuk mendukung laju pertumbuhan optimal bagi bakteri atau jamur perlu dikendalikan.

Penggunaan HMI untuk membuat simulasi *fed-batch fermentor* ini didasari kemudahan yang diperoleh dengan memanfaatkan komponen-komponen yang telah disediakan dalam perangkat lunak HMI. Dengan HMI ini program simulasi dibuat dengan memenuhi

beberapa kriteria yaitu mudah digunakan dan mudah dikembangkan.

## 2. Pemodelan Fed-batch Fermentor

Dalam tulisan ini pemodelan yang dilakukan adalah terhadap *fermentor* dengan volume yang berubah (*variable volume fed-batch fermentor*). Perubahan volume ini terjadi karena adanya asupan (*feeding*) substrat ke *fermentor*. Konsekuensi yang terjadi adalah volume dari medium dalam *fermentor* ikut berubah karena adanya *inflow* tanpa *outflow*. Dengan demikian harus dipertimbangkan pertumbuhan mikro-organisme yang dibatasi oleh konsentrasi dan substrat tertentu [2].

Untuk pembuatan model matematis dibuat asumsi sebagai berikut :

- Laju pertumbuhan adalah unik tergantung dari konsentrasi substrat.
- Konsentrasi substrat konstan.
- Asupan bersifat steril.
- Hasil konstant terhadap waktu fermentasi.

Dalam suatu proses fermentasi akan menghasilkan *cell mass* misalnya ragi (*Yiest*) dengan konsentrasi  $X[g/L]$ . Pada kasus sederhana, dipakai anggapan bahwa pertumbuhan mikroorganisme dalam tangki *fed-batch fermentor* dibatasi oleh nutrisi tunggal, pertumbuhan terbatas substrat, dalam kasus ini adalah glukosa. Disini pengaruh amoniak dan oksigen relatif kecil sehingga dapat diabaikan [3].

Persamaan yang sesuai untuk situasi ini adalah seperti di bawah ini. Relasi-relasi tersebut adalah dasar untuk semua perhitungan berikutnya dan kasus-kasus yang spesifik untuk *fed-batch fermentor* dengan volume yang berubah.

$$F = \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

$$\frac{dX}{dt} = -\frac{F}{V}X + uX \quad (2)$$

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{u}{Y}X + \frac{(S_f - S)}{V}F \quad (3)$$

$$X = Y(S_f - S) \quad (4)$$

di mana

$F$  : laju asupan (*feed rate*) [L/detik]

$V$  : volume *fermentor* [L]

$t$  : waktu [detik]

$X$  : konsentrasi ragi [g/L]

$S$  : konsentrasi glukosa dalam *fermentor* [g/L]

$S_f$  : konsentrasi glukosa asupan [g/L]

$u$  : laju pertumbuhan spesifik [detik<sup>-1</sup>]

$Y$  : faktor hasil

Dinamika yang terjadi di dalam tangki *fermentor* dimodelkan dengan peubah dinamika proses seperti ditunjukkan dalam persamaan di atas. Selain itu perlu diperhatikan juga peubah kondisi proses. Parameter kondisi proses yang digunakan untuk pengendalian *fed-batch fermentor* dipilih berdasarkan pengalaman dan data-data percobaan, yaitu suhu, pH, pO<sub>2</sub>, tekanan tangki, kecepatan agitasi, laju aliran (*flow rate*). Model matematis digunakan dalam dua cara yaitu pertama untuk memperkirakan peubah-peubah pengendalian dan kedua untuk menghitung aksi pengendalian. Dalam tulisan ini yang disimulasikan adalah parameter kondisi proses.

Fakta yang sangat penting yang harus dipertimbangkan adalah kualitas sensor yang tersedia dari peubah-peubah yang akan dikendalikan. Sensor harus mampu merespon cukup cepat (lebih cepat dari perubahan peubah itu sendiri dalam sistem), dan tentunya pengendali umpan balik yang proporsional dan sesuai untuk semua peubah.

## 3. Human Machine Interface

*Human Machine Interface* (HMI) pada dasarnya adalah antarmuka antara manusia dengan suatu *tool* (alat) atau mesin. Dalam tulisan ini HMI yang dimaksud adalah sebuah perangkat lunak yang menjadi antarmuka antara manusia sebagai pengguna dengan mesin. Dari HMI ini pengguna dapat mengamati (*monitoring*) dan mengendalikan mesin.

Perangkat lunak untuk membangun HMI banyak ragamnya, umumnya dikembangkan oleh pembuat perangkat keras PLC dan SCADA, antara lain National Instruments dengan LabVIEW, Advantech dengan Genie DAQ, CITEC, Genesis dari ICONICS, dll.

Untuk simulasi *fed-batch fermentor* ini digunakan perangkat lunak dari Advantech yaitu Genie DAQ versi 3.02 *copyright* tahun 1993-1995.

Dalam tulisan ini HMI digunakan sebagai perangkat lunak yang berfungsi mensimulasikan fungsi/kerja *fed-batch fermentor*. Alasan pemilihannya adalah kemudahan dan kemampuan dari komponen-komponen yang disediakan oleh perangkat lunak HMI untuk melakukan fungsi-fungsi pengambilan data, monitoring, penampilan data dalam bermacam format, grafik, perekaman data, dan *historical trending*.

#### 4. Implementasi

Simulasi yang dapat dilakukan untuk *fed-batch fermentor* adalah pada peubah kondisi proses. Peubah atau parameter-parameter inilah yang akan dimonitor dan dikendalikan yaitu : pH, suhu [°C], konsentrasi Oksigen pO<sub>2</sub> [%], kecepatan agitasi [rpm], tekanan tabung *fermentor* [atm], aerasi [liter/menit], foam [%], *feeding* atau *dosing* : asam [unit/menit], basa [unit/menit], antifoam [unit/menit].

Peubah kondisi proses diformulasikan menggunakan persamaan matematis ekponensial, dimana nilai *a* (alfa) disesuaikan dengan hasil dari percobaan. Misalnya untuk parameter suhu diformulasikan dengan

$$T = T_0 - T_0 e^{-at} \quad (5)$$

dimana

*T* : suhu [°Celcius]

*T*<sub>0</sub> : suhu awal [°Celcius]

*e* : bilangan natural (2,72)

*a* : koefisien

*t* : waktu [detik]

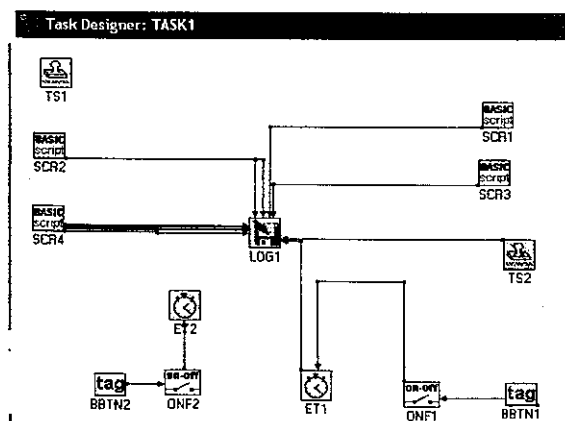
Untuk memulai membangun HMI diperlukan *task designer* dan *display designer*. *Task designer* digunakan untuk mendisain tugas. *Task designer* dapat diisi dengan kotak-kotak *task* yang mewakili timer, tombol, *time stamp*, *tag*, *basic script*, atau kotak *task* lainnya yang disediakan dalam *task toolbox*. Tiap-tiap kotak *task* dapat dihubungkan satu dengan yang lain sesuai dengan input-output dan parameter yang disediakan.

Gambar 1 menunjukkan *Task Designer*, didalamnya sudah diisi dengan kotak-kotak *task* sesuai dengan program yang akan dibuat. Kotak TS adalah *Time Stamp* berfungsi mengambil data waktu dari sistem operasi komputer. Kotak BBTN adalah tombol biner yang terhubung dengan kotak ONF (saklar on-off). Kotak ET adalah pewaktu eksternal. Kotak log berfungsi merekam data-data dari kotak lain yang terhubung dengannya. Kotak SCR adalah *basic script* disediakan untuk menuliskan kode program dalam bahasa basic. Keluaran *script* ini dapat diarahkan ke kotak *tag* atau kotak *display*.

*Display designer* digunakan untuk merancang tampilan. *Display designer* dapat diisi analog *gauge* meter, grafik bar meter, *historical trend* atau model tampilan lainnya yang disediakan dalam *display toolbox*. Dari *display designer* ini dapat pula ditambahkan gambar berformat bitmap [4].

Gambar 2 menunjukkan jendela utama dari perangkat lunak simulasi *fed-batch fermentor*. Tombol Setting digunakan untuk berpindah ke tampilan setting parameter kondisi proses. Tombol Trend digunakan untuk berpindah ke tampilan *historical trending*, yang akan menunjukkan grafik nilai parameter terhadap waktu, seperti ditunjukkan oleh gambar 3. Tombol Graphics digunakan untuk berpindah ke tampilan grafis dari beberapa parameter. Tombol START/STOP adalah tombol *toggle* yang berfungsi untuk memulai atau menghentikan proses simulasi. *Time interval* adalah selang waktu [detik] proses perekaman data ke file. Tombol SAVE adalah tombol *toggle* yang digunakan untuk memulai atau menghentikan proses perekaman data ke file. Dari gambar 2 dapat dilihat nilai parameter yang ditampilkan dalam bentuk teks maupun bar meter.

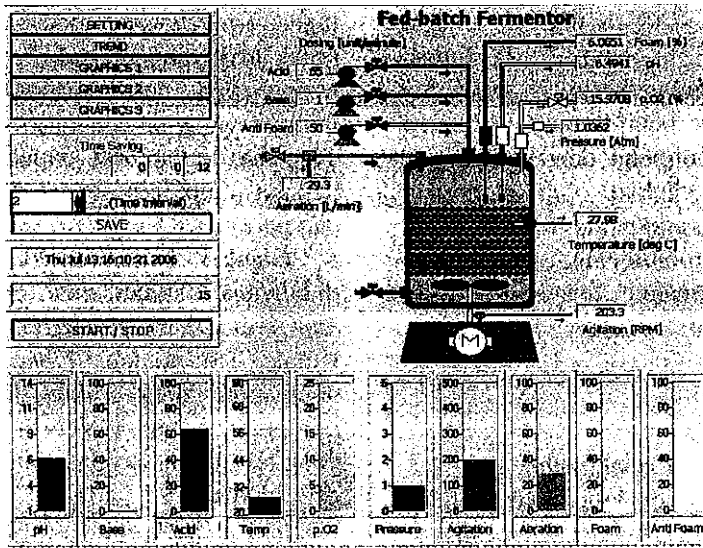
*Historical trending* ditunjukkan oleh gambar 3. Disini dapat dilihat perubahan nilai tiap parameter terhadap waktu nyata. Grafik



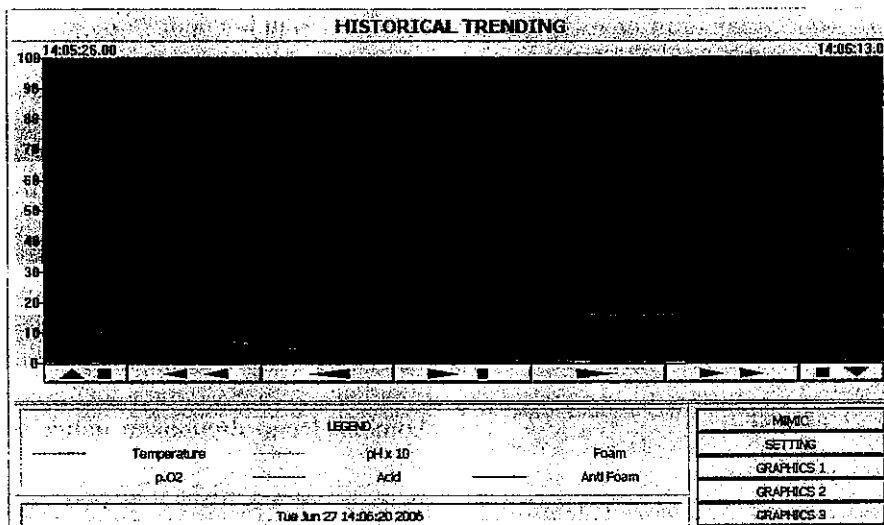
Gambar 1. Task Designer

nilai tiap parameter dibedakan berdasarkan warna. Nilai data sebelumnya dapat ditampilkan menggunakan tombol previous

(←), dan sebaliknya menggunakan tombol next (→). Waktu nyata diperlihatkan di ujung kiri atas dan kanan atas.



Gambar 2. Jendela utama simulasi Fed-batch Fermentor



Gambar 3. Historical Trending

Dari simulasi ini dapat diketahui waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi proses yang telah diinginkan (sesuai setting). Misalnya berapa lama waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu tertentu. Data kondisi proses direkam ke dalam file yang dapat dibuka menggunakan microsoft excel. File ini berisi data-data waktu dan nilai data per parameter terukur. Dari data-data ini dapat diolah misalnya menjadi grafik atau untuk keperluan analisis.

## 5. Kesimpulan

Simulasi *fed-batch fermentor* dapat diterapkan menggunakan perangkat lunak *Human Machine Interface*. Pemodelan fermentor ini ada dua macam yaitu terhadap peubah dinamika proses dan peubah kondisi proses. Karena adanya dinamika proses dalam tangki fermentasi maka perlu diketahui parameter-parameter kondisi proses. Parameter kondisi proses inilah yang disimulasikan dalam tulisan ini. Dari hasil simulasi kondisi

proses yang sudah dilakukan, maka dapat diputuskan bahwa HMI ini dapat diterapkan ke fermentor yang real.

### Daftar Pustaka

- [1] Marcus Wischik, "What is a Fermentor", (1998). Diakses tanggal 26 Juni 2006, dari <http://www.wischik.com/marcus/essay/biotek3.html>
- [2] Gisela Ferreira, "Review on fed-batch fermentation mathematical modelling, parameters and control". Diakses tanggal 26 Juni 2006, dari <http://userpages.umbc.edu/~gferrel/fedbatch.html>.
- [3] Estiko Rijanto, "Robust Control : Theory for Application", (2000), ITB Press, Bandung.
- [4] Advantech, "Advantech GenieDAQ User's Guide", Advantech.