**Model Parametrik**

**(melihat peningkatan/penurunan permukaan air)**

Model tangki proses:

Diagram

Description automatically generated

Persamaan tangki uniform dengan alas sebesar A dapat diturunkan menurut persamaan debit, yaitu

Hukum Bernoulli menyatakan jumlah tekanan, energi kinetic dan potensial per satuan volume memiliki nilai yang konstan sepanjang aliran fluida ideal. Penerapan hukum Bernoulli pada tangki air berlubang dirumuskan melalui persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |

Tekanan titik 1 dan titik 2 ialah tekanan atmosfer yang sama, sehingga

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.2) |

ialah kecepatan permukaan fluida turun sehingga dapat dianalogikan dengan .

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.3) |

Sedangkan dicari menggunakan persamaan kesetimbangan massa keluar-masuk:

Substitusi ke persamaan 2.2 dan kalikan kedua ruas dengan :

Karena selang fluida masukin sama diameternya dengan selang keluaran, , sehingga

Melalui penyederhanaan diperoleh:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

Persamaan diatas tidak memenuhi sifat superposisi, sehingga modelnya non linear, sehingga diperlukan teknik linearisasi agar mendapat model LTI yang beroperasi pada titik setimbangnya (equilibrium point).

Pendekatan linear terhadap model non linear:

Text, letter

Description automatically generated

Model tangki bila diubah ke dalam state space, harus

Sinyal kontrol direpresentasikan , pompa memiliki gain flow ,

Jika digunakan model state space, vin ialah kecepatan fluida masuk tangki, h ialah ketinggian tangki

**Model Parametrik**

**(mengabaikan peningkatan/penurunan permukaan air)**

**Ref:** [**https://ximera.osu.edu/ode/main/drainingTank/drainingTank**](https://ximera.osu.edu/ode/main/drainingTank/drainingTank)

Model tangki proses:

Diagram

Description automatically generated

Persamaan tangki uniform dengan alas sebesar A dapat diturunkan menurut persamaan debit, yaitu

Hukum Bernoulli menyatakan jumlah tekanan, energi kinetic dan potensial per satuan volume memiliki nilai yang konstan sepanjang aliran fluida ideal. Penerapan hukum Bernoulli pada tangki air berlubang dirumuskan melalui persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.1) |

Tekanan titik 1 dan titik 2 ialah tekanan atmosfer yang sama, sehingga

|  |  |
| --- | --- |
| Dengan memisalkan dan , diperoleh: | (2.2) |

dapat pula dicari menggunakan persamaan kesetimbangan massa keluar-masuk:

Permodelan plant di Simulink:

Melalui penyederhanaan diperoleh:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

Persamaan diatas tidak memenuhi sifat superposisi, sehingga modelnya non linear, sehingga diperlukan teknik linearisasi agar mendapat model LTI yang beroperasi pada titik setimbangnya (equilibrium point).

Pendekatan linear terhadap model non linear didasarkan pada ekspansi deret taylor. Suku dengan pangkat/orde tinggi dapat diabaikan karena nilainya terlampau kecil. Fungsi nonlinear ini diselesaikan menggunakan deret taylor:

Text, letter

Description automatically generated

Dimana

Substitusikan ke persamaan 2.4

Untuk t=0s, . Lalu substitusikan ke persamaan sebelumnya

Memisalkan

Dimana dan

Persamaan ini diubah dengan transformasi laplace menjadi:

Jika diberikan step input ,

Untuk mengubahnya Kembali ke domain waktu, digunakan pembagian pecahan (partial fraction) diperoleh:

Untuk koefisien :

Untuk koefisien :

Inverse laplace:

Untuk mencari nilai perlu dilakukan identifikasi system terhadap sampling sebelumnya:

Parameter yang akan diidentifikasi:

Maka, persamaan differensial diatas menjadi:

Model tangki bila diubah ke dalam state space, harus dinyatakan dalam bentuk berikut. (Buku Control System Design, hal.49)

Text, letter

Description automatically generated

System dikatakan linear bila memenuhi prinsip superposisi, dikatakan time-invariant bila respon terhadap waktu input merupakan translasi waktu dari respon asli. Dari system LTI, persamaan 1.1 dan 1.2 diilustrasikan dengan state space berikut.

Karena model state space merupakan gabungan persamaan differensial orde 1, solusi persamaan dapat ditentukan dengan matrix eksponensial sebagai

Solusi eksplisit linear state equation:

Kesetimbangan massa dalam tangki dapat dibuat state variable: (Keesman, system identification. hal.7 )

Dari hasil linearisasi model orde 1, diperoleh

State space:

system identification:

1. Metode ziegler nichols
2. Metode strejc

Model strejc diketahui dengan memberikan step input lalu menarik garis lurus untuk menentukan dan . Nilai dari rasio

Consider an approximation of a process by the nth order system

(6.38)

where Z is the process gain, T time constant, Td time delay, and n the system

order that all are to be estimated.

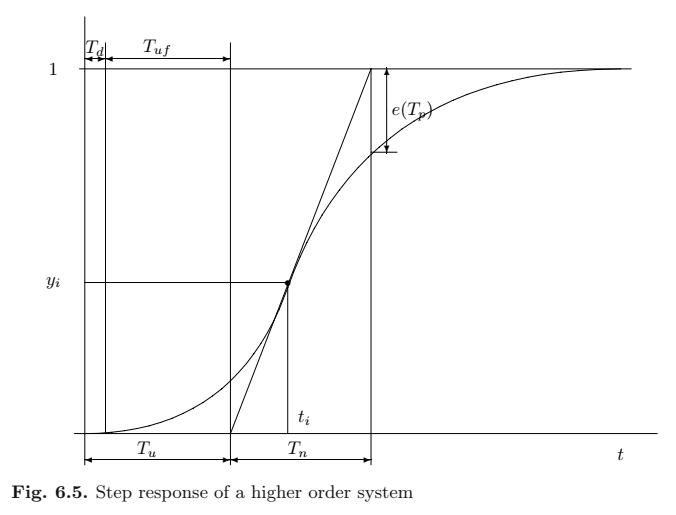
Consider now properties of the normalised step response if Td = 0 (Fig. 6.5)

(6.39)

The following facts will be used for the derivation:

1. The tangent of the step response in the inflexion point is given by the equation of a line p : ,
2. The line p passes through points . The following holds: and ,
3. The slope of the line p is given as ,
4. (inflexion point).

The step response can by obtained by the means of the inverse Laplace transform and is given as



We calculate the first and the second derivative of the output y with respect to time

In the inflexion point holds ¨ y(ti) = 0, hence

(6.43)

Evaluating y at time ti gives

(6.44)

It can be seen from the figure that , thus

(6.45)

We can see that this function depends only on n.

Further, it can be shown that the relation between Tu and Tn is again only a function of n

The identification procedure is then as follows:

1. The values of Z = y(∞), Tus,Tn are read from the step response,
2. The quotient fs = Tus/Tn is calculated,
3. The degree n0 is chosen from the table in such a way that the following holds
4. Time delay Td can be determined as the difference between the real and theoretical time Tu

because ,

1. The process time constant T can be read from the row of g(n) for the corresponding n0. T is obtained from the definition of g
2. Metode viteckova orde 1
3. Metode viteckova orde 2
4. Metode latzel
5. Metode Harriot

Metode Harriott (Jakoubek, 2009) mencoba untuk menyimulasikan sistem dengan menggunakan model orde 2 yang memungkinkan untuk menyertakan delay waktu. Fungsi transfer model yang dihasilkan dapat dituliskan sebagai berikut:

Chart, line chart

Description automatically generated

Chart, line chart

Description automatically generated

**Gambar 2‑5 Harriot's Curve**

Berikut adalah tahapan untuk mendapatkan parameter , dan :

### Menentukan jumlah dari parameter dan

Jumlah dari parameter dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Dengan adalah waktu saat respons system berada pada kondisi 73% mendekati luaran *steady state* ().

### Menentukan parameter dan

Parameter parameter diperlukan untuk menghitung parameter, yang diperoleh dari respon sistem yang telah diidentifikasi. Rumus untuk menghitung parameter adalah sebagai berikut:

### Menentukan parameter pada kurva Harriot

Pada kurva Harriott, parameter yang diberikan terletak pada sumbu X dan Y. Parameter yang ditunjukkan pada sumbu Y adalah sebagai berikut:

Setelah menentukan parameter pada sumbu Y, garis dapat ditarik untuk mendapatkan parameter / pada sumbu X. Parameter ini merupakan koordinat sumbu X pada kurva Harriott. Dengan demikian, kita dapat menggambarkan kurva Harriott dengan menggunakan parameter yang diperoleh pada kedua sumbu tersebut.

### Menentukan parameter

Untuk mencari parameter maka persamaan nilai / dapat diasumsikam pada kurva Harriot sebagai x, kemudian substitusikan persamaan 2.19

### Menentukan Parameter

Untuk mendapatkan parameter , subsitusikan persamaan 2.19 pada persamaan 2.22 sehingga diperoleh:

### Menentukan parameter

adalah *time delay* yang dapat di metode Harriot dirumuskan sebagai berikut:

Untuk menggunakan hasil parameter , , dan Parameter tersebut dapat memasukkannya ke dalam persamaan 2.24. Jika nilai waktu dan kurang dari 0 atau bernilai negatif, maka sistem dianggap tidak memiliki time delay. Dengan menggunakan hasil parameter tersebut dalam persamaan 2.24, sehingga dapat ditentukan kinerja sistem tersebut.

Untuk mendapatkan fungsi alih sistem, digunakan respons saat set poin adalah 5 volt atau 50% dari *flow rate* Gambar 3.8 menunjukkan respon level pada set point 50%. Dari respons tersebut, diperoleh nilai keluaran *steady state* pada ketinggian 1,939, yang diperoleh dari rata-rata seluruh data keluaran steady state. Berdasarkan respons pada Gambar 3.8, diperoleh *gain overall* respons pada persamaan berikut.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Jakoubek mengembangkan 7 metode untuk mengidentifikasi *plant* atau sistem kontrol. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pendekatan model matematika plant adalah metode Harriott. Pemilihan metode terbaik dapat dilakukan dengan menggunakan validasi. Salah satu metode validasi yang dapat digunakan adalah ISE (*Integral Square Error*). Semakin kecil nilai ISE, maka semakin baik fungsi alih yang dibuat. Dengan menggunakan pendekatan sistem model matematika *plant* proses level dan berdasarkan respons pada Gambar 3.8, dapat diperoleh nilai ISE yang sesuai

Sehingga diperoleh parameter:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Berdasarkan kurva Harriott pada Gambar 2.5, diperoleh nilai:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Karena parameter *delay* bernilai negatif, sehingga nilai *delay* tidak dianggap. Fungsi alih untuk metode Harriot adalah:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.19) |

Penelitian ini mengukur respon dari model terhadap masukan sinyal uji untuk menentukan kesesuaiannya dengan *real plant* dalam proses identifikasi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa ISE sebesar dan model matematikanya merupakan pendekatan orde 2, yang umumnya sesuai dengan sistem orde 2 pada dunia industri.

Spesifikasi respon:

1. Steady state condition:
2. Karakteristik respon:

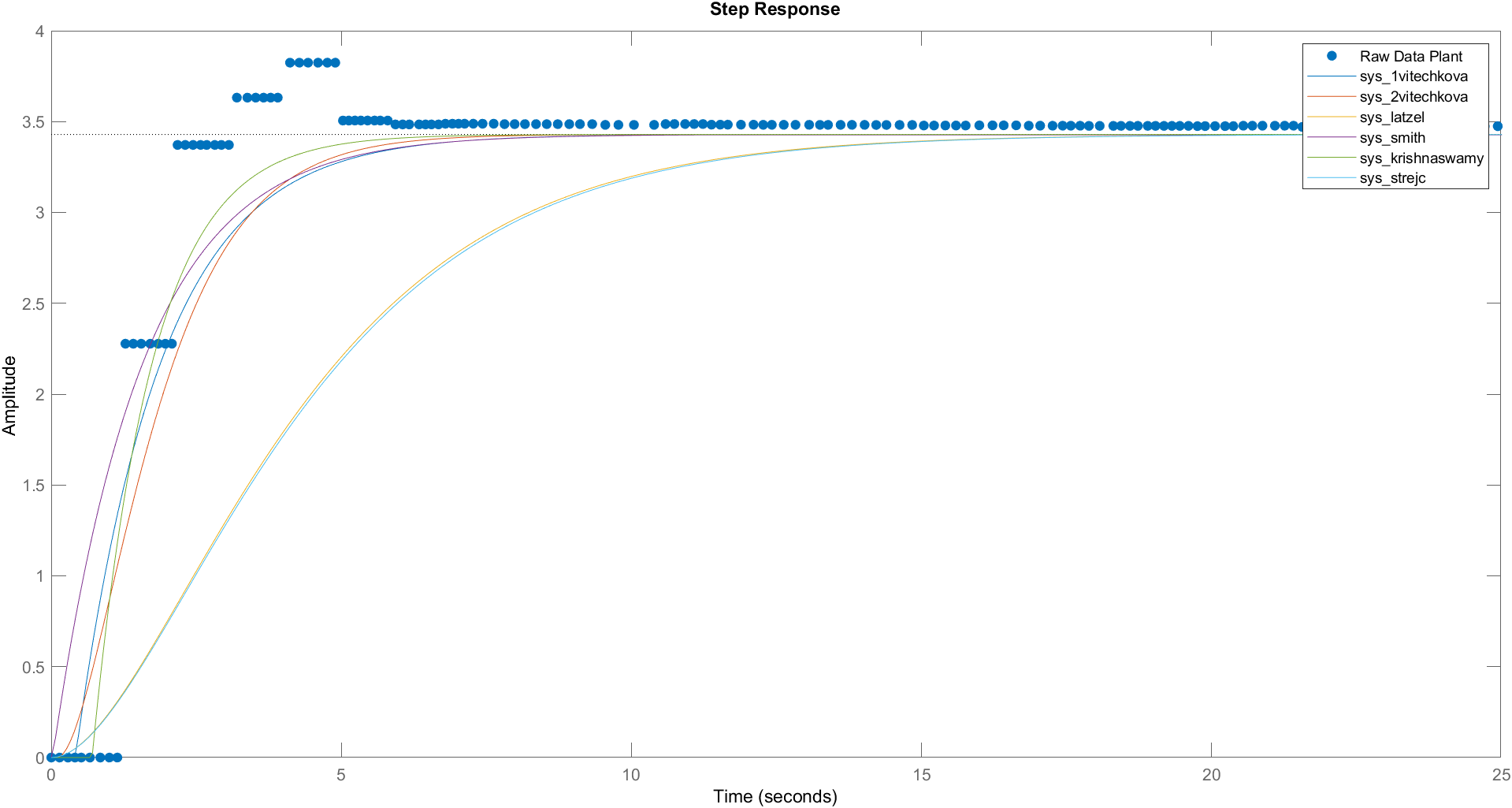
System Identification:

1. 1st order vitechkova
2. 2nd order vitechkova
3. Latzel
4. Harriot
5. Smith

Dengan dan

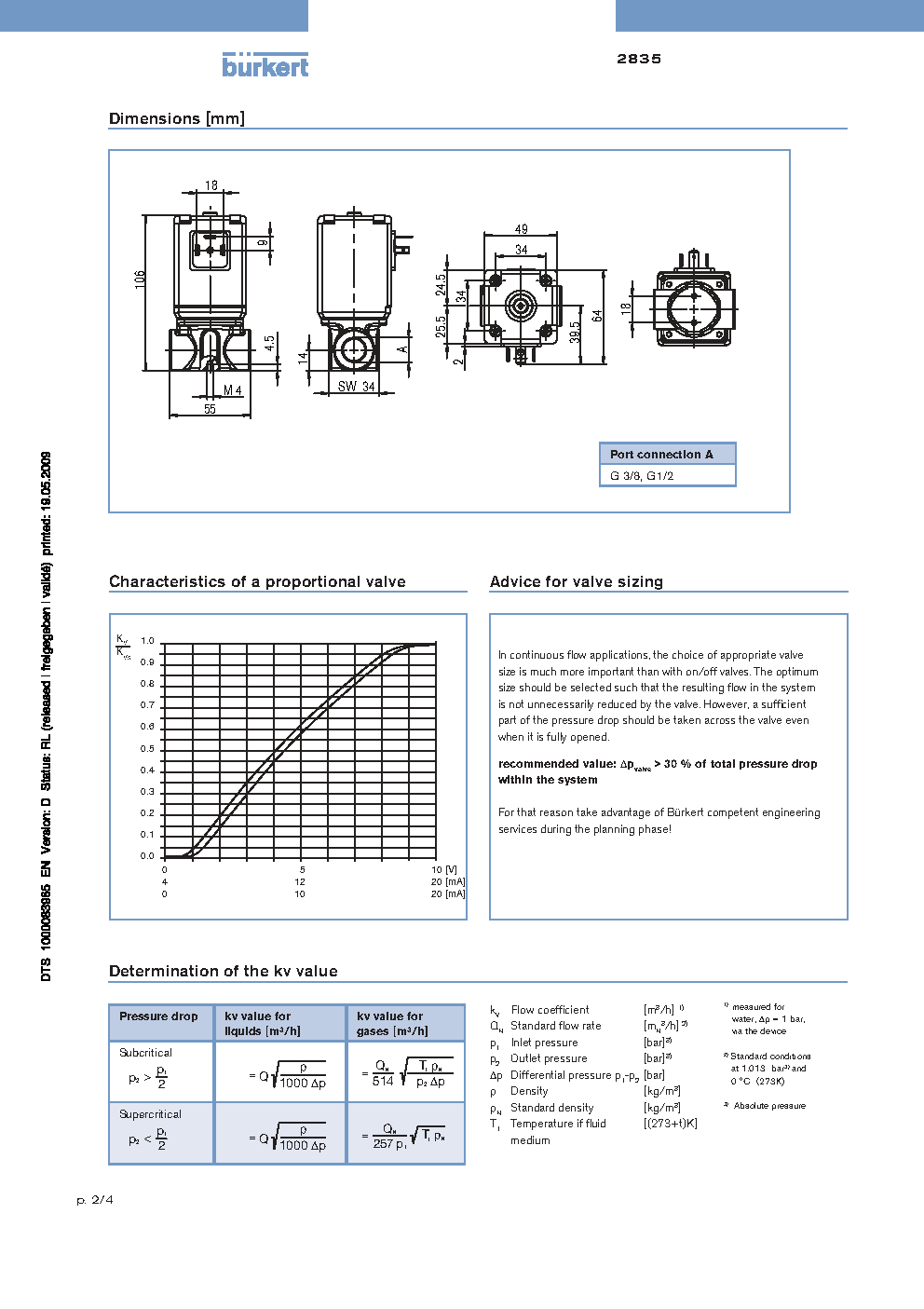
akan digunakan untuk mencari ySmith untuk menentukan tau dan zeta, diperoleh:

1. Sundaresen & Krishnaswamy
2. Strejc , approximated by nth order model



Permodelan valve

Merujuk pada datasheet valve Burkert 2835,



Gambar 1. Kurva karakteristik proportional valve.

Dimana

: koefisien flow air (m3/h), diukur pada

: nilai laju flow air, diukur pada

Pada buku Chemical\_Process\_Dynamics\_and\_Controls\_(Woolf) section 3.10: Valves - Modeling Dynamics, persamaan umum flow dari valve:

Dimana

F : laju flow

Cv : koefisien valve, flow dalam gallon/min dengan

: pressure drop valve

: specific gravity fluida

X: franction valve terbuka atau valve ‘lift’, x=1 untuk flow max

F(x) : flow characteristics