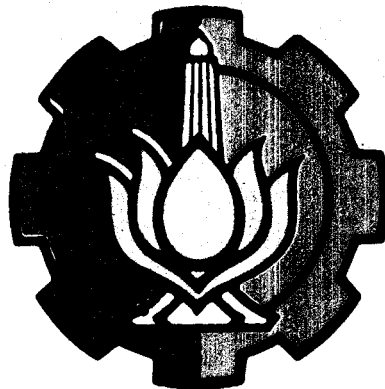


3391/115/H/91 ✓

**STUDI PENGKAJIAN
SISTEM PENGATURAN pH DESALINATION PLANT UNIT I-II
DI PLTU GRESIK**

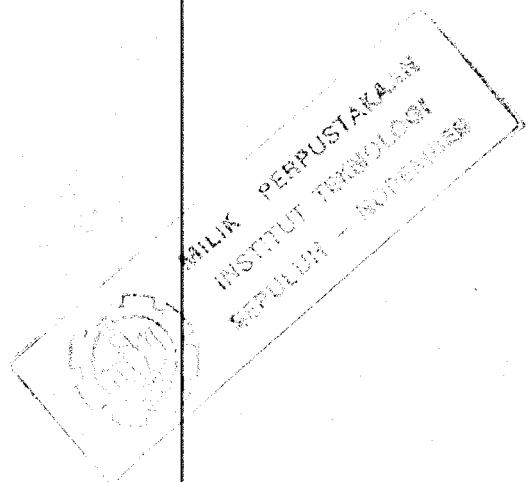


BGE
629.8
Edr
S-1
1990

OLEH :

EDRUS
NRP. 2842200213

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**



**STUDI PENGKAJIAN
SISTEM PENGATURAN pH DESALINATION PLANT UNIT I-II
DI PLTU GRESIK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

pada

Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan

Jurusan Teknik Elektro

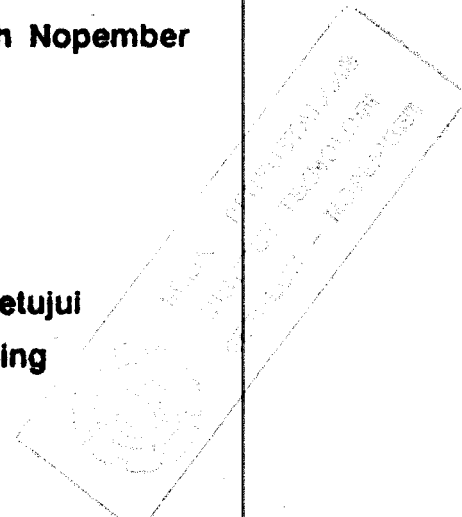
Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



(Ir. BINDUT ADI POERNOMO)

(Ir. K. ASTROWULAN, MSEE)

**SURABAYA
PEBRUARI 1990**

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohiim.

Alhamdulillah, dengan rahmat dan hidayah Allah swt penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

STUDI PENGKAJIAN

SISTEM PENGATURAN pH DESALINATION PLANT UNIT I-II

DI PLTU GRESIK

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

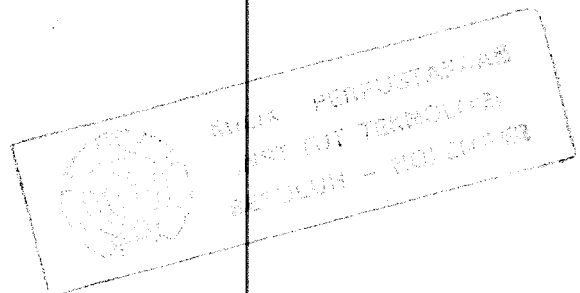
Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Karena itu saran dan kritik demi kesempurnaan tugas akhir ini sangat penyusun harapkan.

Mudah-mudahan hasil karya ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Billahit taufiq wal hidayah.

Surabaya, Pebruari 1990

Penyusun



UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah swt. yang telah melimpahkan berkat dan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

STUDI PENGKAJIAN SISTEM PENGATURAN PH DESALINATION PLANT UNIT I-II DI PLTU GRESIK

Untuk terwujudnya Tugas Akhir ini penulis merasa berhutang budi atas bantuan-bantuan yang tak ternilai harganya dari :

1. Ir.K.Astrowulan MSEE., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Ir.Bindut Adi Purnomo, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan pengarahan dalam memahami sistem pengaturan desalination di PLTU Gresik.
3. Ayahnda dan Ibunda yang dengan sabar dan penuh cinta kasih memberikan berbagai pengarahan dan doa.
4. Saudara - saudaraku yang telah banyak memberikan bantuan moril dan material.
5. Segenap karyawan di PLTU Gresik yang telah banyak memberikan bantuan, dan masih banyak lagi yang tak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Akhirnya semoga Allah swt. membalas budi baik tersebut.

ABSTRAK

Desalination plant merupakan unit pengolahan air distilasi yang di ambil dari air laut. Desalination plant yang digunakan saat ini dioperasikan secara otomatis, yaitu dengan mengatur bukaan valve secara pneumatik untuk menginjeksikan asam sulfat (98%) ke dalam air laut tersebut.

Untuk mendapatkan air distilasi dengan kualitas yang memenuhi syarat, maka pH air laut di sini harus dikondisikan mencapai 7 (pH air normal), namun dalam pengaturan secara otomatis sering mengalami kegagalan.

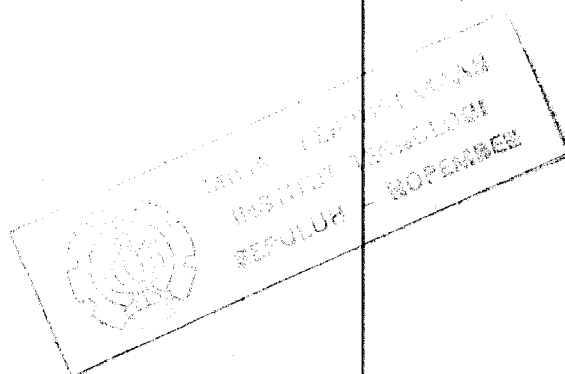
Pengaturan ini dapat di analisa dengan menggunakan pendekatan model matematik sistem linier. Dari proses ini dapat di analisa dengan teknik simulasi, dengan harapan untuk memperbaiki karakteristik dari pengaturan tersebut.

DAFTAR ISI

BAB	Halaman
JUDUL	1
PENGESAHAN	11
KATA PENGANTAR	111
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	1x
DAFTAR TABEL	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Umum	1
1.2. Latar Belakang	3
1.3. Penelahaan Studi dan Pembatasan Masalah	5
1.4. Langkah - langkah Pembahasan	6
1.5. Tujuan dan Relevansi	7
II. DESALINASI	8
2.1. Fungsi Desalinasi	8
2.2. Peralatan Utama Desalinasi	9

BAB	Halaman
2.2.1. Decarbonator dan Deaerator	9
2.2.2. Ejector	10
2.2.3. Evaporator	12
2.2.3.1. Performance Kerja Evaporator Tabung	14
2.2.3.2. Kapasitas Evaporator	14
2.3. Komposisi Air Laut	15
III. PROSES DESALINASI DAN PENGATURANNYA	17
3.1. Proses Desalinasi	17
3.2. Pengaturan Proses Reaksi	17
3.2.1. Pemisahan Gas Dengan Proses Kimia	19
3.3. Pengaturan Injeksi Asam sulfat	22
3.4. Katub Penggerak Pneumatik (Valve)	22
3.5. Analisa Proses Reaksi	29
3.5.1. Evaluasi Parameter Dengan Proses Pengetesan	29
3.5.2. Beberapa Ciri-ciri Proses dan Model Matematik	33
3.5.2.1. Proses Pencampuran	33
3.5.2.2. Reaksi Turbulen	38
3.5.2.3. Dead Time	40

BAB	Halaman
IV. ANALISA DINAMIK SISTEM	43
4.1. Model Matematik Dari Sistem	43
4.2. Kontroler	48
4.3. Analisa Sistem Pengaturan Desalinasi	51
4.4. Analisa Kestabilan	54
V. SIMULASI	66
5.1. Metode Simulasi	66
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN I	77
LAMPIRAN II	84
LAMPIRAN III	88
LAMPIRAN IV	92
USULAN TUGAS AKHIR	93



DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1.1. PROSES ALIRAN DARI DESALINATION PLANT	..... 5
2.1. STEAM JET AIR EJECTOR	..... 11
3.1. PENGARUH PENGADUKAN TERHADAP PENYERAPAN OKSIGEN OLEH AIR	..... 18
3.2. KECEPATAN REAKSI OKSIGEN-SULFIT DALAM TIGA JENIS AIR	..... 20
3.3. DIAGRAM SKEMATIK VALVE PNEUMATIK	..... 23
3.4. KARAKTERISTIK VALVE PNEUMATIK	..... 24
3.5. KONTROL VALVE PADA SUATU SISTEM	..... 26
3.6. KURVA RESPON WAKTU DARI PROSES	..... 30
3.7.a. HUBUNGAN INPUT-OUTPUT DARI PROSES NON LINIER	..... 32
3.7.b. BENTUK GELOMBANG DARI OUTPUT PROSES NON LINIER	..... 32
3.8. SKEMA PROSES PENCAMPURAN DENGAN KESEIMBANGAN BAHAN REAKSI	..... 34
3.9. SKEMA PROSES PENCAMPURAN DENGAN KESEIMBANGAN PANAS	..... 35
3.10. REAKSI TURBULEN	..... 38
3.11. BLOCK DIAGRAM YANG MEWAKILI REAKSI TURBULEN	..... 40
3.12.a. BLOCK DIAGRAM DARI ELEMEN DEAD TIME	..... 40
3.12.b. PENGARUH DARI ELEMEN DEAD TIME	..... 41

GAMBAR	Halaman
3.13.a.BLOK DARI TIME DOMAIN	..... 42
3.13.b.BLOK DARI LAPLACE TIME DOMAIN	..... 42
4.1. SKEMA SISTEM PENCAMPURAN	..... 44
4.2. BLOCK DIAGRAM DARI SISTEM PENCAMPURAN	..... 47
4.3. BLOCK DIAGRAM SISTEM PENGATURAN PROSES	..... 52
4.4. BLOCK DIAGRAM SISTEM PENGENDALIAN pH	..... 54
4.5. SISTEM MULTI MASUKAN-MULTI KELUARAN	..... 55
4.6. BLOCK DIAGRAM SISTEM PENGATURAN pH DESALINASI	..... 57
4.7. BLOCK DIAGRAM STATE SISTEM PENGATURAN pH DESALINASI	..... 59
5.1. DIAGRAM ALIR PROGRAM METODE RUNGE-KUTTA	..... 68

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
2.1. KOMPOSISI AIR LAUT (g/Kg)	16
3.1. PERHITUNGAN DIAMETER PIPA BAJA (STEEL)	27
3.2. PERSAMAAN KARAKTERISTIK TEMPERATUR TERHADAP pH	28

B A B I

P E N D A H U L U A N

1.1. Umum

Dalam bidang studi kontrol otomatis seringkali ditemukan masalah komputasi yang meskipun secara teoritis mungkin terlihat sederhana tetapi dapat menjadi masalah dalam mempelajari konsep-konsep dasarnya. Sebagai contoh misalnya, setelah selesai membuat model suatu sistem kontrol, diinginkan untuk mempelajari lebih lanjut model tersebut dalam hal ini stabilitas, performansi sistem atau menentukan respons dari sistem terhadap suatu masukan. Waktu yang diperlukan untuk menyelidiki stabilitas dengan menentukan plot respon frekuensi yang akurat atau root locus, misalnya, akan cukup banyak. Selain itu adakalanya ingin dipelajari dan dirancang sistem atau model dengan order yang tinggi baik untuk sistem dengan masukan - keluaran tunggal (SISO) ataupun sistem dengan masukan-keluaran banyak (MIMO), yang tentunya akan memerlukan waktu komputasi untuk analisis dan perancangan yang semakin banyak. Juga dengan makin berkembangnya sistem-sistem kontrol, terutama di industri yang berskala besar (large scale systems) dan kompleks maka analisis dan perancangan tanpa bantuan

komputer akan semakin mustahil.

Kemajuan di bidang komputer belakangan ini tentu saja juga memberi pengaruh yang banyak dalam membantu menganalisis dan merancang suatu sistem kontrol. Dengan adanya komputer maka semua teknik dalam bidang tersebut di atas dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.

Teknik-teknik analisis dan perancangan dalam bidang kontrol klasik seperti misalnya teknik root locus dan teknik domain frekuensi seperti Bode, Nyquist dan Nichols sudah dapat dilakukan dengan bantuan komputer. Sebagai contoh lain misalnya perancangan kompensator untuk sistem kontrol, yang memerlukan suatu proses yang interaktif dari komputer. Demikian pula analisis dan perancangan menggunakan kontrol modern baik dengan pendekatan ruang keadaan (state space) maupun domain frekuensi dapat dilakukan oleh para pemakainya dengan bantuan komputer dewasa ini. Teknik-teknik seperti kontrol optimal (LQG, LQR), Kalman Filter, Pole placement, state estimation, adaptive control, dan identification, baik sistem waktu kontinyu maupun waktu diskrit adalah beberapa contoh diantaranya. Dalam pemilihan parameter-parameter bobot matrik agar memenuhi spesifikasi perancangan pada teknik kontrol optimal misalnya, dapat dilakukan secara interaktif dengan bantuan komputer. Selain itu banyak sekali teknik-teknik baru dalam bidang sistem kontrol

otomatis telah diterapkan dengan bantuan komputer.

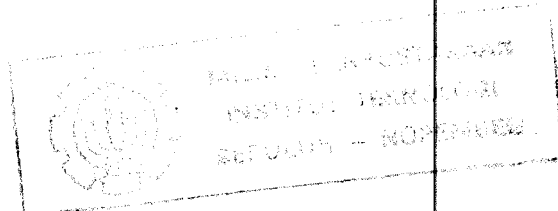
Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh untuk analisis dan perancangan sistem kontrol dengan bantuan komputer diantaranya adalah :

- Memperpendek waktu aktifitas analisis dan perancangan.
- Memperbesar ketelitian dan mengurangi akibat-akibat kesalahan manusia.
- Dengan kemampuan proses menghitung yang cepat, maka hasil yang didapat dalam hal perancangan akan optimal.
- Dapat mengarahkan perancangan pada beberapa pemilihan yang diinginkan dengan menggunakan proses interaktif.
- Memungkinkan para pemakai atau peneliti untuk mendalami suatu teori yang dipelajarinya tanpa dibebani hal-hal yang menyangkut perhitungan atau perancangan yang mendasar.

1.2. Latar Belakang

Untuk menjamin kualitas dan kuantitas steam yang dihasilkan, boiler plant memerlukan beberapa sistem pendukung. Salah satu pendukungnya ini adalah sistem air umpan (feedwater system), yang berfungsi untuk memasok air ke boiler secara kontinyu. Sistem air umpan ini yang terpenting adalah kandungan pH yang tertentu.

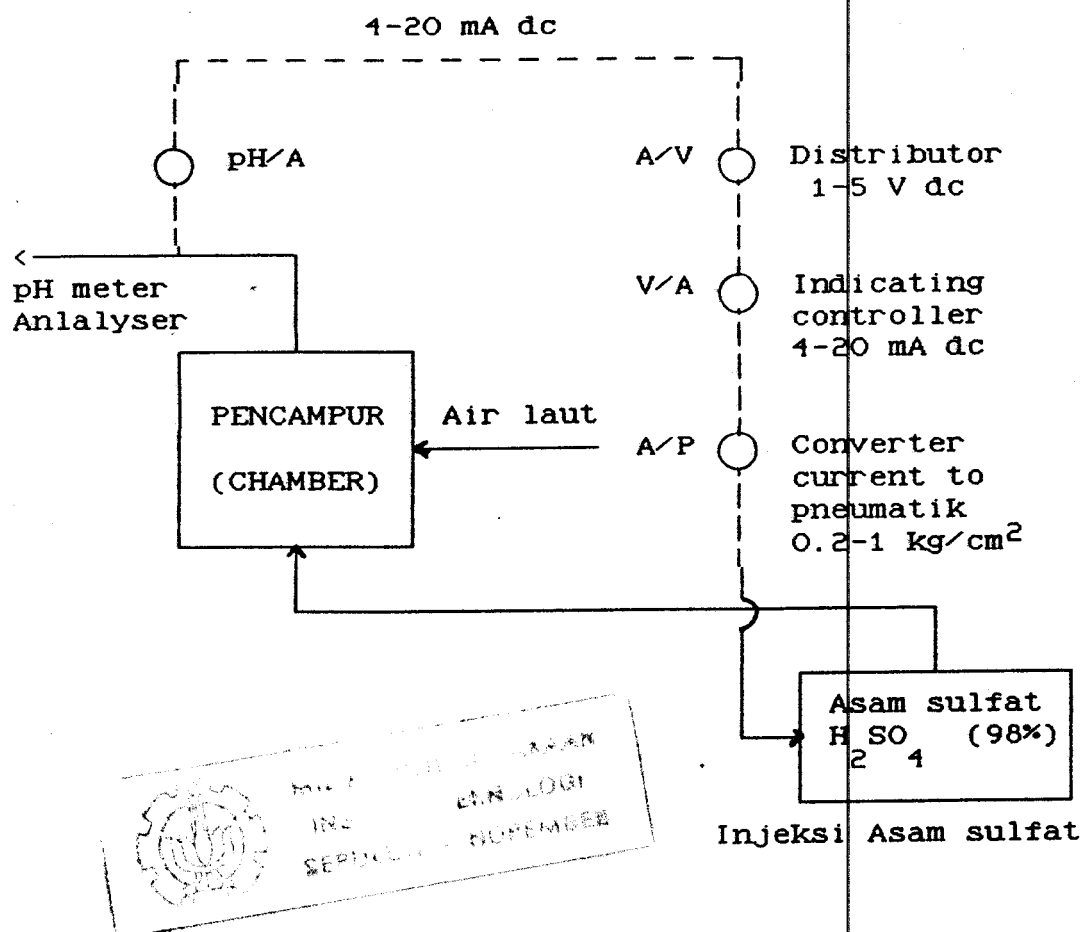
Desalination plant merupakan salah satu unit pendukung proses produksi yang sangat vital bagi PLTU Gresik. Hal ini dikarenakan kebutuhan air untuk boiler dan proses yang lain besar sekali, sehingga alternatif



yang terbaik untuk memenuhi kebutuhan air di PLTU Gresik ini adalah dengan memanfaatkan air laut yang merupakan raw water dengan cara distilasi.

Air distilasi merupakan bagian dari proses yang sangat penting pada boiler untuk menghasilkan steam yang diharapkan. Air distilasi ini diharapkan kadar pH-nya sama dengan 7 yang merupakan pH air netral. Pengaturan pH yang tidak baik akan menyebabkan produksi air distilasi terganggu, baik dalam kuantitas maupun dalam kualitas. Naiknya pH (di atas 7) menyebabkan pengerakan pada instalasi desalination plant, turunnya pH dapat menyebabkan korosif pada material. Hal ini terlihat dengan tingginya kadar besi pada air distilasi. Pengkondisian pH sama dengan 7 merupakan hal yang cukup rumit, karena adanya faktor-faktor yang bervariasi, diantaranya : kondisi pH air laut dan injeksi asam sulfat. Untuk mendapatkan kondisi operasi yang stabil, maka perlu dilakukan pengaturan pada desalination plant.

Gambar 1.1 memperlihatkan sistem desalination plant di PLTU Gresik.



GAMBAR 1.1

PROSES ALIRAN DARI DESALINATION PLANT

1.3. Penelaahan Studi Dan Pembatasan Masalah

Desalination plant merupakan unit pengolahan air laut menjadi air distilasi dengan kandungan pH yang diharapkan sama dengan 7 (pH air netral). Pada proses desalination plant ini terjadi reaksi kimia antara air laut dengan H₂SO₄, di mana kepekatan dari asam sulfat ini sekitar 98%.

Di dalam tugas akhir ini permasalahannya akan dibatasi pada bagaimana mendapatkan model matematik

dari Sistem Pengaturan pH Desalination Plant Unit I-II dan analisa kestabilannya. Untuk mendapatkan model matematik dari pengaturan desalination plant ini, maka harus mempelajari konstruksi sistem pengaturan pH, baik konstruksi mekanik maupun sistem pengaturan pH-nya, serta mempelajari karakteristik reaksi dengan sifat-sifatnya dalam kaitannya dengan perubahan pH. Dalam hal ini akan dilakukan pendekatan sistem linier.

Karena sistem ini merupakan sistem multi input multi output (MIMO), maka model matematik dari sistem disusun dalam bentuk persamaan state. Dengan persamaan state ini kita akan mendapatkan variabel-variabel proses. Persamaan state yang diperoleh kemudian dianalisa kestabilannya.

1.4. Langkah-langkah Pembahasan

Pembahasan Sistem Pengaturan pH Desalination Plant Unit I-II dan analisisnya dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mempelajari kerja desalination plant.
2. Mempelajari proses dan sirkulasi air laut yang terjadi pada desalination plant.
3. Mempelajari dan mengamati proses sistem pengaturan pH desalination plant.
4. Membuat model matematik desalination plant dengan sistem pengaturannya.
5. Mencari fungsi alih matriks.

6. Menganalisa kestabilan sistem dan mencari pemecahannya.

1.5. Tujuan dan Relevansi

Mengkaji karakteristik dan mencari kemungkinan pemecahannya dari Sistem Pengaturan pH Desalination plant, sedangkan relevansinya adalah untuk memberikan suatu informasi serta kemungkinan penyempurnaan Sistem Pengaturan pH Desalination Plant Unit I-II di PLTU Gresik.

BAB II

DESALINASI

2.1. Fungsi Desalinasi

Desalinasi merupakan proses untuk mengolah air laut menjadi air mentah (raw water) dengan cara penguapan (distilasi).

Untuk mendapatkan air mentah dalam jumlah yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan dari suatu industri, maka proses desalinasi ini merupakan alternatif yang terbaik untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dengan memanfaatkan air laut secara terus-menerus dalam jumlah yang sangat besar ini, maka proses desalinasi harus ditunjang oleh sistem pengaturan yang mampu untuk mengendalikan kualitas air mentah yang dihasilkannya.

Air hasil pengolahan desalinasi ini nantinya ditampung di tangki air mentah (raw water tank) dan peralatan pengolah air mentah (water treatment equipment) yang hasilnya ditampung di tangki air umpan boiler (make-up water tank). Unit pengolah air mentah ini untuk mendapatkan kualitas air umpan boiler yang lebih baik.

Proses desalinasi banyak digunakan untuk kebutuhan air umpan boiler, air minum dan sebagainya.

2.2. Peralatan Utama Desalinasi

2.2.1. Decarbonator dan Deaerator.

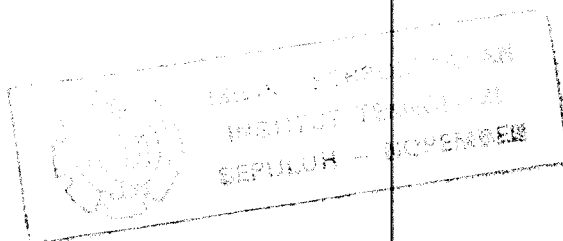
Konstruksi dari decarbonator dan deaerator keduanya dengan dimensi yang sama.

Decarbonator berfungsi untuk meniadakan kadar karbon di dalam suatu campuran zat cair (liquid). Untuk mengurangi kadar karbon dalam suatu campuran air laut dengan asam sulfat dengan cara disemprotkan kemudian dari decarbonator ini masuk ke deaerator untuk menghilangkan kadar O_2 yang terkandung dalam campuran tersebut. Dengan menyemprotkan air ke dalam deaerator maka, akan mempercepat pelepasan kadar oksigen yang terkandung didalamnya. Air di dalam deaerator akan dipanaskan sampai gelembung-gelembung O_2 yang terlarut menguap, sehingga air yang keluar dari deaerator diharapkan dapat menghilangkan penyebab korosip pada pipa-pipa logam yang mengalirkannya.

Adapun decarbonator terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

- bagian atas terdiri dari Spray header
- bagian tengah terdiri dari Filling layer
- bagian bawah terdiri dari Liquid-well

Di sini injeksi asam sulfat di atur untuk menjaga kadar pH, sehingga decarbonator bekerja dengan baik, sedangkan yang menjadi masalah adalah lubang saluran udara pada injeksi udara dengan exhaust fan yang



menyebabkan masuknya O_2 pada campuran tersebut.

Deaerator pada dasarnya sama dengan decarbonator, yaitu terdiri dari Spray header, Filling layer, dan Liquid-well yang mana air umpan di deaerator oleh vapor stripping, diharapkan bisa menekan kandungan O_2 air yang keluar.

2.2.2. Ejector

Ejector berfungsi untuk mempertahankan evaporator dalam keadaan vacuum, sehingga titik didih dari air yang diuapkan tidak terlalu tinggi dengan mem-vacuum-kan ruang penguapannya.

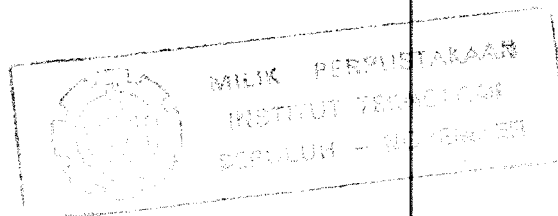
Komponen-komponen dari ejector terdiri dari bagian utama ejector dan kondenser. Perjalanan uap setelah melalui penyaring (strainer) diinjeksikan ke nozle dari bagian utama ejector. Pengisapan udara dan gas yang merambat dari dalam evaporator dipertahankan sehingga evaporator dalam keadaan vacuum.

Di dalam kondenser masing-masing stage (ada 2 stage) berturut-turut diperlengkapi dengan kondenser permukaan vertikal dan mengiringi perjalanan uap di kondensat.

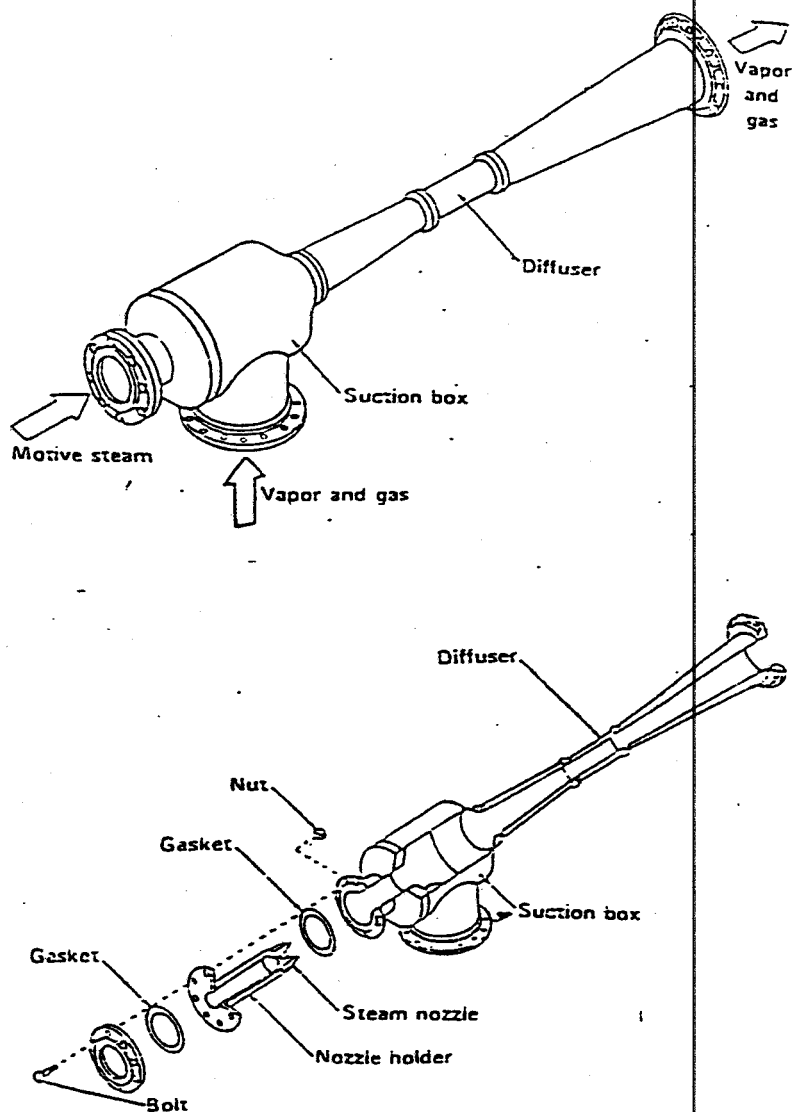
Udara dan gas yang merambat dibuang ke atmosfir melalui nozle keluaran udara dari stage kondenser ke 2.

Udara dan gas yang merambat dihisap melalui lubang masuk kondenser dari kondenser akhir dan deaerator setelah gas dan uap dimampatkan masuk ke ejector.

Lubang kondenser dengan tekanan horisontal pada



permukaannya dengan selubung pipa merugikan konstruksi.



1)

GAMBAR 2.1

STEAM JET AIR EJECTOR

1)

Desalination plant training course, General
Description of Desalination plant, Part I, hal. 6-19

2.2.3. Evaporator

Evaporasi adalah untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Dalam kebanyakan proses evaporasi pelarutnya adalah air. Evaporasi dilaksanakan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair kadang-kadang zat cair yang sangat viskos dan bukan zat padat. Evaporasi juga berbeda pula dari distilasi, karena disini uapnya biasanya komponen tunggal dan walaupun uap itu merupakan campuran, dalam proses evaporasi ini tidak ada usaha memisah-misahkannya menjadi fraksi-fraksi. Evaporasi yang kita tekankan disini ialah pada penguapan air asin (air laut) untuk meniadakan kadar garamnya, sehingga akan didapatkan uap air yang tidak mengandung kadar garam. Zat cair pekat sisa dari proses evaporasi dibuang dan uap air yang dihasilkan ditampung di chamber-chamber dan dikondensasikan. Teknik ini biasanya disebut distilasi air (water distillation), tetapi dari segi teknik proses itu adalah evaporasi. Penyelesaian praktis terhadap masalah evaporasi sangat ditentukan oleh karakteristik cairan yang akan dikonsentrasikan. Variasi dalam karakteristik cairan itulah yang menyebabkan operasi itu meluas dari

perpindahan kalor sederhana menjadi suatu seni tersendiri.

Evaporator di sini dipanaskan dengan uap yang mengkondensasi di atas tabung-tabung logam. Air laut yang akan diuapkan dialirkan dalam tabung-tabung pipa U. Uap yang digunakan bertekanan 2.8 kg/cm^2 , zat cair yang mendidih berada dalam vakum yang tekanannya bervariasi dari 2.4 kg/cm^2 sampai 1.4 kg/cm^2 . Berkurangnya suhu titik didih air ini menyebabkan beda suhu antara uap dan air yang mendidih itu meningkat, dan dengan demikian laju perpindahan kalor di dalam evaporator itupun meningkat pula.

Bila kita menggunakan satu evaporator saja, uap dari zat cair yang mendidih dikondensasikan dan ditampung dalam chamber-chamber. Metode ini disebut evaporator efek tunggal (single effect evaporation). Walaupun sederhana, tetapi proses ini tidak efektif dalam penggunaan uap. Uap untuk menguapkan 1 lb. air laut diperlukan 1 sampai 1,3 lb. uap. Jika uap dari evaporator pertama dimasukkan ke evaporator ke dua, dan uap dari evaporator ke dua dimasukkan ke dalam kondensor, maka operasi itu akan menjadi efek dua kali atas efek dua (double effect). Kalor dari uap yang semula digunakan lagi dalam efek yang ke dua, dan evaporasi yang didapatkan oleh satu-satuan massa uap yang diumpankan kedalam efek pertama menjadi hampir

lipat ganda. Efek ini dapat ditambah lagi dengan cara yang sama. Metode yang umum digunakan untuk meningkatkan evaporasi per pon uap dengan menggunakan sederetan evaporator antara penyediaan uap dan kondenser itu disebut efek berganda (multiple effect evaporation).

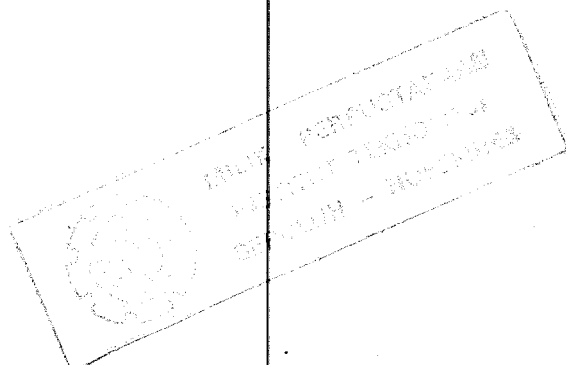
2.2.3.1. Performance Kerja Evaporator Tabung

Ukuran pokok untuk menilai performance evaporator jenis tabung dengan pemanasan uap adalah kapasitas dan ekonominya. Kapasitas didefinisikan sebagai banyaknya pon air diuapkan per jam. Ekonomi ialah banyaknya pon yang diuapkan per pon uap yang diumpankan ke dalam unit itu. Pada evaporator efek tunggal, ekonominya hampir selalu kurang dari satu, tetapi pada evaporator efek ganda, ekonominya mungkin jauh lebih besar. Konsumsi uap, dalam pon per jam, juga tidak kalah pentingnya. Nilainya sama dengan kapasitas dibagi ekonomi.

2.2.3.2. Kapasitas Evaporator

Laju perpindahan kalor q melalui permukaan suatu evaporator, menurut definisi dari koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\frac{dq}{dA} = UAT = U (T_h - T_c) \quad (2.1)$$



yang merupakan hasil kali dari tiga faktor :

Luas permukaan perpindahan kalor A , koefisien perpindahan kalor menyeluruh U , dan penurunan suhu menyeluruh ΔT , atau

$$q = U A \Delta T \quad (2.2)$$

2.3. Komposisi Air Laut

Dengan mengetahui komposisi yang terkandung pada air laut, maka akan dapat ditentukan bahan reaksi penetralan yang sesuai dengan komposisi yang ada. Oleh karena itu mutlak perlu diketahui kandungan komposisi tersebut. Dari analisa laboratorium dapat dilihat komposisi dari air laut yang digunakan di PLTU Gresik untuk mendapatkan air netral dengan injeksi asam sulfat (98%), sehingga akan didapatkan pH air yang diharapkan. Di bawah ini dapat dilihat tabel komposisi dari air laut.

2)
TABEL 2.1

KOMPOSISI AIR LAUT (g / Kg)

COMPOSITION OF SEAWATER	TYPICAL SEAWATER	AL-JOBAIL SEAWATER
Total Solids	35.1	46.5
Sodium (Na)	10.8	14.2
Magnesium (Mg)	1.3	1.7
Calcium (Ca)	0.4	0.5
Potassium (K)	0.4	0.5
Chloride (Cl)	19.4	25.6
Sulphate (SO ₄)	2.7	3.6
Bromida (Br)	0.06	0.09
Bicarbonat (HCO ₃)	0.15	0.19

2)
Desalination plant training Course, hal 1-04.

BAB I I I

PROSES DESALINASI DAN PENGATURANNYA

3.1. Proses Desalinasi

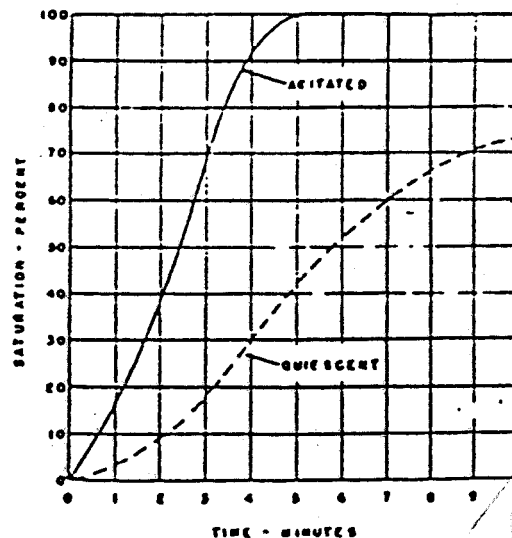
Desalinasi merupakan proses penetralan air laut yang kadar pH-nya di atas 7 dengan cara menginjeksikan asam sulfat (98%) untuk mencapai kadar air mentah yang dihasilkannya mencapai pH sama dengan 7. Proses ini merupakan salah satu proses penetralan yang sederhana di mana disesuaikan dengan komposisi yang terkandung pada air laut.

Pada proses desalinasi untuk mendapatkan air mentah harus melalui proses yang bertingkat, dari injeksi asam sulfat kemudian melalui proses berikutnya yaitu masuk pada proses penguapan yang disebut evaporator dengan melalui 8 efek yang nantinya didapatkan air distilasi. Dalam hal ini kualitas air distilasi sangat dipengaruhi oleh kadar pH.

3.2. Pengaturan Proses Reaksi

Oksigen merupakan salah satu bagian dari zat yang sangat korosif jika terlarut di dalam air. Adanya oksigen yang terlarut di dalam air akan dapat menimbulkan korosif pada material metal, walaupun konsentrasi oksigen tersebut cukup kecil. Selain

tingkat konsentrasi, sifat korosif dari oksigen dipengaruhi juga oleh pH dan temperatur air. Pengaruh temperatur terhadap sifat korosif dari oksigen ini perlu diperhatikan khususnya pada peralatan pemanas tertutup dan economizer di mana temperatur air naik dengan cepat. Kenaikan temperatur ini akan menambah gaya penggerak yang mempercepat reaksi, sehingga adanya oksigen yang terlarut dalam air umpan, walaupun dalam jumlah yang kecil, dapat menyebabkan korosif yang cukup berat.



3)

GAMBAR 3.1

PENGARUH PENGADUKAN TERHADAP PENYERAPAN OKSIGEN
OLEH AIR

3)

Ali Fathoni, 'Studi Pengkajian Pengaturan Deaerator Kapasitas 270 Ton/jam Di PT KERTAS LECES (Persero)', Tugas Akhir JTE - FTI - ITS, 1988, hal 28.

Ada dua macam metode yang banyak digunakan untuk memisahkan gas-gas yang terlarut dalam air, yaitu dengan proses kimia dan proses termal.

3.2.1. Pemisahan Gas Dengan Proses Kimia

Pemisahan secara kimia gas-gas yang terlarut dalam air pada dasarnya menggunakan sifat-sifat ikatan dari gas terlarut dan air dengan bantuan bahan-bahan yang mampu bereaksi dengan gas-gas yang terlarut dalam larutan encer.

Untuk memisahkan oksigen yang terlarut dalam air, ada dua cara kimia yang banyak digunakan, yaitu metode sulfit dan hydrazine.

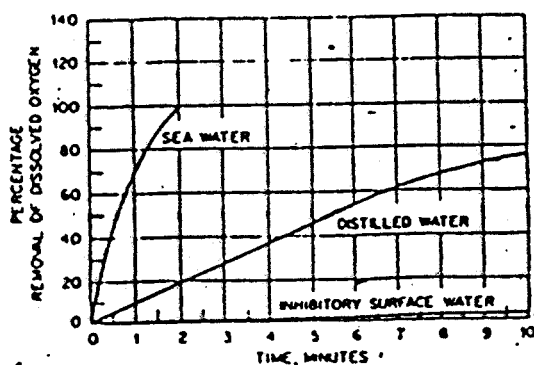
Metode Sulfit

Metode ini menggunakan bantuan sodium sulfit sehingga terjadi reaksi oksidasi sulfit oleh oksigen yang terlarut. Cara ini banyak digunakan untuk air umpan boiler dengan tekanan di bawah 1.000 psi. Metode ini merupakan cara pemisahan yang murah, mudah dan tidak mudah membentuk kerak (endapan). Tingkat kebutuhan sulfit ini bervariasi sesuai dengan konsentrasi oksigen yang terlarut.

Kecepatan antara reaksi sulfit dan oksigen dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang terpenting adalah temperatur. Dengan naiknya temperatur, waktu yang diperlukan untuk reaksi (waktu reaksi)

menurun. Pada umumnya, setiap kenaikan temperatur sebesar 18°C , menyebabkan kecepatan reaksi dua kali lipat. Faktor lain diantaranya adalah kuantitas sodium sulfit yang digunakan dan juga kondisi pH cairan. Selain itu, kecepatan reaksi ini juga dipengaruhi oleh jenis air yang melarutkan oksigen.

Kecepatan reaksi oksigen dan sulfit pada temperatur ruangan dalam tiga jenis air yang berbeda dapat dilihat pada gambar 3.2. Dari gambar tersebut tampak bahwa reaksi yang terjadi sangat cepat pada air laut. pemisahan oksigen secara sempurna terjadi dalam 2 menit. Dalam air yang terdistilasi, hanya 75% dari oksigen yang dipisahkan setelah 10 menit.



4)

GAMBAR 3.2.

KECEPATAN REAKSI OKSIGEN-SULFIT DALAM TIGA JENIS AIR

4)

Ibid, hal. 31

Metode Hydrazine

Hydrazine (N_2H_4) merupakan bahan pereduksi yang sangat kuat dan telah banyak digunakan dalam usaha-usaha pencegahan korosif pada peralatan pembangkit uap sampai saat ini.

Ada dua bentuk hydrazine yang banyak digunakan, yaitu hydrazine hydrate, $N_2H_4.H_2O$ dan hydrazine sulfat, $N_2H_4.H_2SO_4$. Hydrazine hidrate merupakan cairan yang tidak berwarna, mudah menyerap CO_2 dan O_2 dari udara serta memiliki sifat alkali lemah. Sedangkan hidrazine sulfat merupakan bahan padat, sukar larut dalam air dingin dan memiliki sifat asam.

Hydrazine mengikat oksigen terlarut menurut reaksi :



Reaksi ini berlangsung dengan kecepatan cukup besar pada temperatur yang cukup besar di atas $373^{\circ}K$.

Kenaikan pH juga menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi ini. Karena hasil dari reaksi ini adalah air dan nitrogen, maka penggunaan hydrazine ini tidak menyebabkan endapan atau padatan pada air-umpan. Karena itu penggunaan hydrazine ini lebih baik daripada sodium sulfit untuk pembangkitan uap yang beroperasi pada tekanan operasi 900 psi ke atas di mana pada tekanan ini kenaikan padatan terlarut yang merupakan hasil dari reaksi sodium sulfit dan oksigen cukup besar. Selain

itu sulfit juga cenderung memisahkan untuk membentuk sulfur dioksida (SO_2) dan hidrogen sulfit (H_2S) yang bersifat sangat korosif. Kebutuhan hydrazine ini dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan.

$$q_h = 3 C_1 + 0.3 C_2 + 0.15 C_3$$

di mana C_1, C_2 dan C_3 berturut-turut adalah konsentrasi dari O_2 , Fe_2O_3 , CuO dan Cu_2O dalam air-umpan.

Untuk memisahkan gas-gas lain misalnya CO_2 , maka diperlukan suatu proses dealkali.

3.3. Pengaturan Injeksi Asam Sulfat

Pengaturan injeksi asam sulfat di sini melalui kontrol valve. Keluaran proses di deteksi oleh sensor pH, kemudian diterima oleh transduser untuk memberikan informasi pada kontroler. Informasi ini dalam bentuk signal elektrik yang nantinya diterima oleh kontroler. Kontroler akan mengontrol posisi bukaan valve dengan mengubah signal elektrik menjadi signal pneumatik melalui transduser pula.

3.4. Katub Penggerak Pneumatik (Valve)

Salah satu karakteristik kontroler pneumatik adalah bahwa kontroler ini hampir semuanya menggunakan valve pneumatik. Valve pneumatik dapat menghasilkan keluaran daya yang besar. Karena aktuator pneumatik memerlukan masukan daya yang besar untuk menghasilkan

daya yang besar, maka diperlukan daya tekan yang cukup banyak. Pada valve pneumatik praktis, karakteristik valve mungkin tidak linier, yang berarti aliran mungkin tidak sebanding dengan posisi batang valve, dan mungkin juga terdapat pengaruh nonlinier yang lain, seperti histerisis.

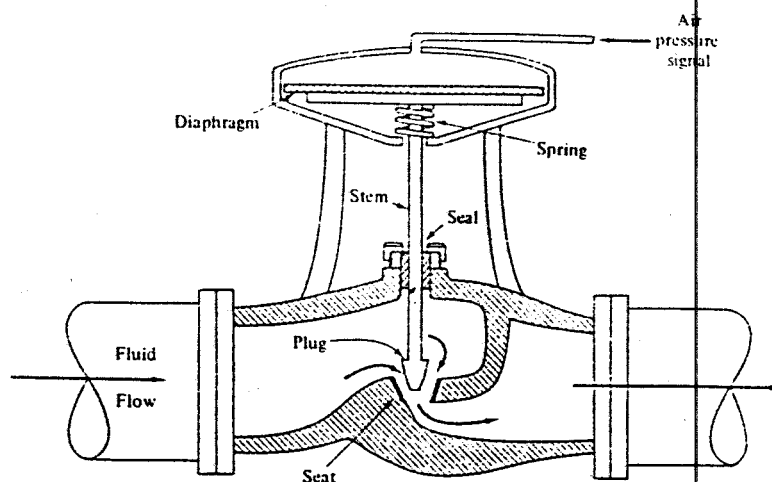


FIGURE 10-5
Typical air-operated control valve.

5)
GAMBAR 3.3.

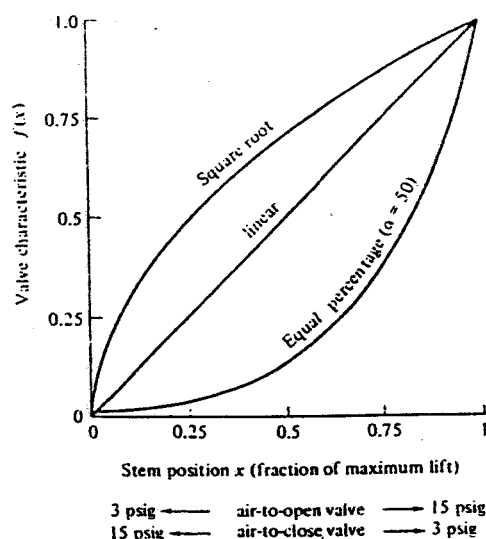
DIAGRAM SKEMATIK VALVE PNEUMATIK

5)

LUYBEN WL : Process Modeling simulation and Control for Chemical Engineers, Mc Graw-Hill Kogakusha Ltd, Tokyo, Japan, 1981.

Tekanan kontrol standart untuk jenis valve pneumatik ini adalah antara 3 - 15 psi atau dalam bentuk sinyal elektrik 4 - 20 mA atau 1 - 5 V DC.

Pemilihan valve pneumatik ini disesuaikan dengan diameter dalam pipa untuk laju aliran yang dikontrol, sehingga penggunaan pengaturan posisi valve akan bekerja pada daerah kerja yang diinginkan 6).



7)

GAMBAR 3.4.

KARAKTERISTIK VALVE PNEUMATIK

6)

P.S. BUCKLEY, Selection of Optimum Final elements, in G.H. Robinson (ed), "Instrumentation in the Chemical and Petroleum Industries", halaman 107, plenum, 1984.

7)

LUYBEN WL, opcit. hal 314.

Kecepatan aliran yang melalui kontrol valve pneumatik tergantung pada ukuran dari valve yang dipakai, penurunan tekanan, posisi tongkat dan jenis fluida. Persamaan dari sistem kerja valve dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F = C_v f(x) \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

Di mana :

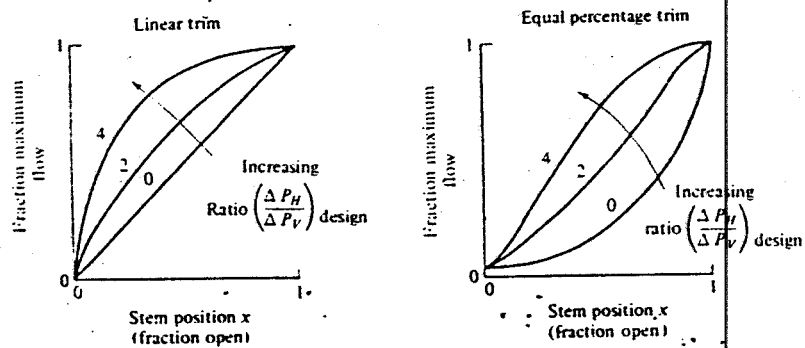
- F = laju aliran
- C_v = koefisien ukuran valve
- x = posisi dari batang valve
- f(x) = kurva karakteristik valve
- Δp = penurunan tekanan, psi
- ρ = massa jenis fluida

Dengan kontrol valve ini akan didapatkan persamaan dari kurva karakteristik valve yaitu :

Linier : $f(x) = x$

Square root : $f(x) = \sqrt{x}$

Equal percentage : $f(x) = \alpha x^{-1}$



8)

GAMBAR 3.5.

KONTROL VALVE PADA SUATU SISTEM

Dan untuk perhitungan perbesaran atau gain dari valve dengan karakteristik linier dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut :

$$K_v = \frac{\text{laju aliran maksimum}}{100}$$

8)

LUYBEN WL, opcit. hal. 316

TABEL 3.1.
PERHITUNGAN DIAMETER PIPA BAJA (STEEL)

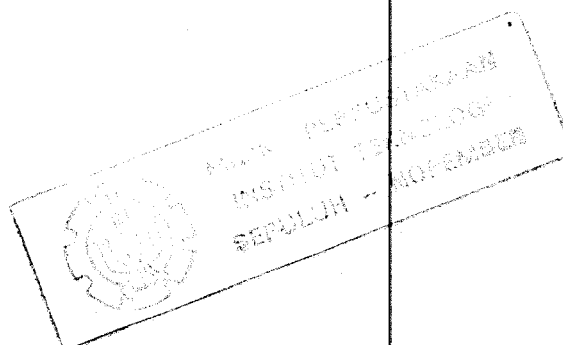
Jenis aliran	Diameter dalam	Perhitungan
Turbulen	≥ 1 inch	$D_i = 2.2 W^{0.45} \rho^{-0.31}$
Turbulen	< 1 inch	$D_i = 2.5 W^{0.49} \rho^{-0.35}$
Viskos	≥ 1 inch	$D_i = 1.9 \left(\frac{W}{\rho} \right)^{0.36} \rho_c^{0.18}$
Viskos	< 1 inch	$D_i = 2.1 \left(\frac{W}{\rho} \right)^{0.4} \rho_c^{0.2}$

W = massa aliran 1000 lb/jam

ρ = kerapatan fluida (lb.mass/ft³)

ρ_c = kekentalan (viskositas)

Dalam tabel 3.2. di bawah dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap harga ρ .



9)
TABEL 3.2.

PERSAMAAN KARAKTERISTIK TEMPERATURE TERHADAP pH

Standart pH	pH 4	pH 7	pH 9
Temperatur ^o C			
0	4.01	6.98	9.46
5	4.01	6.95	9.39
10	4.00	6.92	9.33
15	4.00	6.90	9.27
20	4.00	6.88	9.22
25	4.01	6.86	9.18
30	4.01	6.85	9.14
35	4.02	6.84	9.10
40	4.03	6.84	9.07
45	4.04	6.83	9.04
50	4.06	6.83	9.01
55	4.08	6.84	8.99
60	4.10	6.84	8.96

9)

Instruction Manual Model PH6F Flow Throught Type pH Transmitter, Yokogawa Electric Works, halaman 23.

3.5. Analisa Proses Reaksi

3.5.1. Evaluasi Parameter Dengan Proses Pengetesan

Bagian utama dari design proses kimia adalah adanya sistem yang dilakukan dengan eksperimen, yang akan membantu analisa hasil yang didapatkan. Pada proses yang kompleks, estimasi parameter dengan prosedur eksperimen adalah sangat sulit. Keuntungan dengan eksperimen ini adalah data detail yang banyak tidak dominan dalam klasifikasi utama dari proses.

Dengan hubungan evaluasi eksperimen pengetesan yang sederhana akan didapatkan karakteristik yang khusus dari akhir proses parameter-parameter yang dominan. Untuk tujuan ini, proses di asumsikan linier dan invariant. Testing dari kejadian-kejadian di atas ini memakan waktu yang lama.

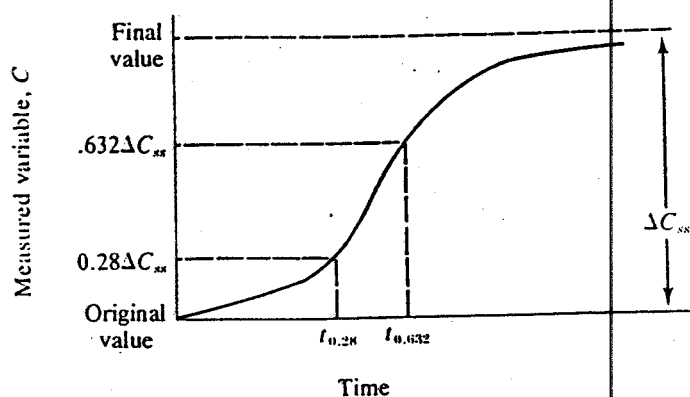
Pengetesan sering dikerjakan dalam batas dari respon frekuensi pada sistem reaksi yang cepat. Pengetesan merupakan metode pendekatan dari proses yang diinginkan. Metode dari pengetesan tidak hanya akan membantu design sistem itu sendiri, tetapi juga akan membantu lokasi dan evaluasi type dari kesalahan dengan gangguan minimum.

Secara umum, pengetesan pada plant terdiri dari dua percobaan, yang pertama dengan open loop dan yang kedua dengan close loop.

Prosedurnya adalah agak sederhana

- Yang pertama set kontroler secara manual. Posisi control valve diubah dengan tiba-tiba demikian juga dimasukkan fungsi step membuat perubahan waktu dan respons waktu saat awal proses, dicapai di dalam recorder dan diperhatikan perbedaan recorder dari dua dead time yang dinotasikan τ_d .

- Sekarang kontroler dalam posisi automatic tanpa derivative dan aksi reset (misalnya $T_d \rightarrow 0$ dan $T_r \rightarrow \infty$). Proporsional band diatur dengan perlahan-lahan demikian juga respon adalah hampir undamped. Berikut periode waktu dari oscilasi yaitu T_u dan proporsional band Pb.



$t_{0.28}$ ($t_{0.632}$) = time at which response reaches 28% (63.2%) of the final value

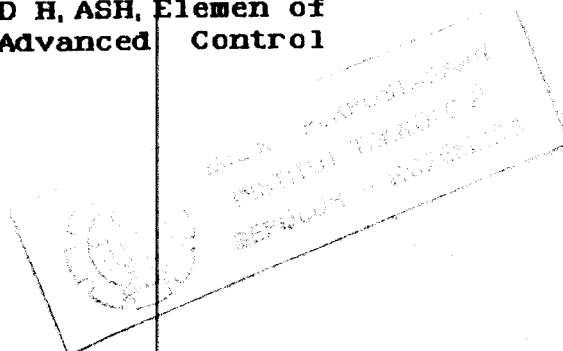
10)

GAMBAR 3.6.

KURVA RESPON WAKTU DARI PROSES

10)

PRADEEP B. DESH PANDE AND RAYNOLD H. ASH, *Element of Computer Process Control With Advanced Control Application*, hal.24, 1981.



Dari harga-harga τ_d dan T_u di atas memungkinkan evaluasi karakteristik proses dengan memperhatikan kelakuan dinamik di dalam waktu dari time konstan dan jumlahnya juga dalam batas dari kemampuan proses kontrol. Hasil-hasilnya adalah secara empiris dan diperoleh dari pengalaman .

- (i) $T_u/\tau_d = 2$, proses mempunyai dead time saja.
- (ii) $T_u/\tau_d = 4$, proses dominan lag (capacity).
- (iii) $T_u/\tau_d > 4$, proses multi lag.
- (iv) $2 < T_u/\tau_d < 4$, dead time proses yang dominan.

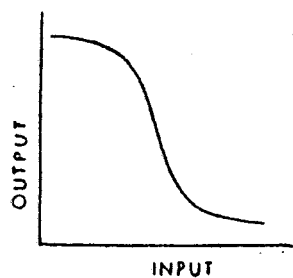
Kenyataannya, proporsional band (P_b) dari kontroler ketika oscilasi undamped terjadi pada sistem didapatkan dengan hubungan :

$$P_b = G_o$$

Di mana G_o adalah gain keseluruhan dari elemen yang di dalam loop.

Jika harga dari T_u berubah pada kondisi proses yang lain, elemen dinamik (providing the lag) adalah variabel dan untuk menghitung damping, test pada kondisi proses yang nyata akan ditampilkan. Untuk elemen non linier diperlihatkan dengan jelas perubahan bentuk gelombang. Sebagai contoh, sistem non linier ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

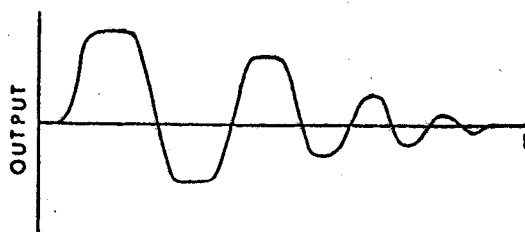
Gambar 3.7.a. memperlihatkan batas input output dari proses, bentuk gelombangnya ditunjukkan pada gambar 3.7.b.



11)

GAMBAR 3.7.a.

HUBUNGAN INPUT OUTPUT DARI PROSES NON LINIER



12)

GAMBAR 3.7.b.

BENTUK GELOMBANG DARI OUTPUT PROSES NON LINIER

11, 12)

D.PATRANABIS, Principles of Process Control ,
hal. 160.

3.5.2. Beberapa Ciri-ciri Proses dan Model Matematik

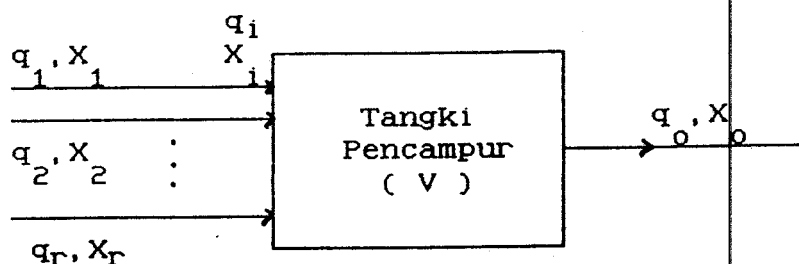
Mengingat pentingnya model matematik dari suatu proses di dalam analisa proses kontrol, proses-proses yang agak sederhana disini diberikan dengan diperolehnya persamaan-persamaan penampilan proses. Hal ini sebagai studi perbandingan kelakuan sistem. Bahwa yang penting diantara beberapa tipe umum dari proses kimia seperti distilasi, aliran dari fluida, material handling dan sebagainya adalah variabel-variabel yang berpengaruh yang betul-betul dipertimbangkan, sehingga plant proses kimia ini dapat ditunjukkan dengan persamaan yang diperoleh seperti kondisi yang sebenarnya dengan beberapa pendekatan. persamaan-persamaan adalah didasarkan pada unit operasi.

3.5.2.1. Proses Pencampuran

Pencampuran adalah proses langsung untuk mencapai keseimbangan material atau keseimbangan panas. Design sistem kontrol berubah tergantung pada aplikasi. Disini prinsip keseimbangan komposisi reaksi adalah hal yang utama. Gambar 3.8. menunjukkan skema dari proses. Q_s adalah volume kecepatan aliran (debit) dan X_s adalah konsentrasi. Jika m_s =massa, persamaan keseimbangan komposisi reaksi adalah sebagai berikut :

$$\left(\frac{dm}{dt}\right)_{\text{nett}} = \left(\frac{dm}{dt}\right)_{\text{influent}} - \left(\frac{dm}{dt}\right)_{\text{effluent}} \quad (3.1)$$

$$V \frac{dX_0}{dt} = q_1 X_1 - q_0 X_0 \quad (3.2)$$



13)

GAMBAR 3.8.

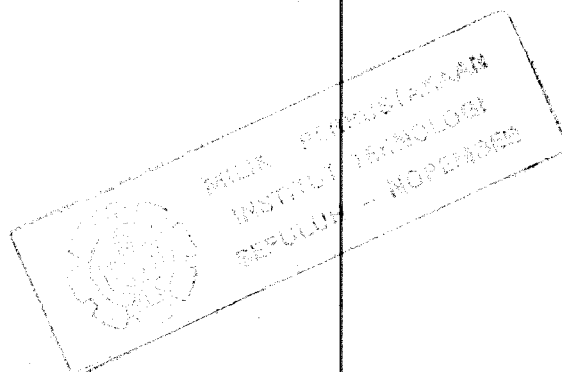
SKEMA PROSES PENCAMPURAN DENGAN KESEIMBANGAN
BAHAN REAKSI

di mana: V adalah volume netto dari tangki. Hubungan di atas dapat diasumsikan bahwa campuran adalah ideal yang mana konsentrasi dari cabang-cabang aliran adalah identik dengan konsentrasi tangki dan hubungan aliran ini adalah :

$$\begin{aligned} q_1 X_1 &= q_1 X_1 + q_2 X_2 + \dots + q_r X_r \\ &= (1 + f_2 \phi_2 + \dots + f_r \phi_r) \end{aligned} \quad (3.3)$$

13)

Ibid. hal. 162



di mana : $f_r = q_r/q_1$ dan $\phi_r = X_r/X_1$.

Di dalam sistem kontrol X_0 adalah diubah dengan perubahan :

$q_j S_j$. $j = 1, 2, 3, \dots, r-1$, yaitu pada perubahan f_r .s.

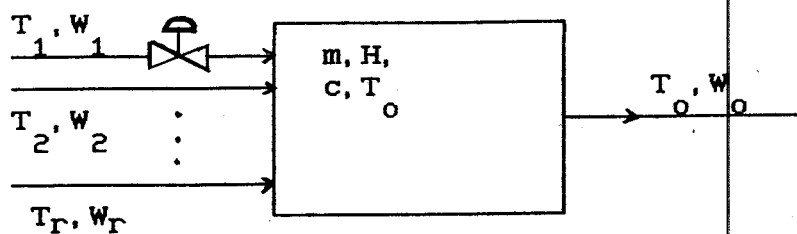
Didapatkan f_r .s. karena perubahan q_1 sendiri yang ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut:

$$sVX_0 + q_0X_0 = q_1X_1 = q_1X_1 \left(1 + \sum_{k=2}^r f_r \phi_r \right) \quad (3.4)$$

dengan demikian, maka :

$$\frac{X_0(s)}{q_1(s)} = \frac{\frac{X_1}{q_0} \left(1 + \sum_{k=2}^r f_r \phi_r \right)}{\frac{sV}{q_0} + 1} = \frac{K_p}{s^{r_r} + 1} \quad (3.5)$$

Blok dari proses pencampuran dari gambar 3.8. dapat diwakili oleh gambar 3.9. di bawah ini :



14)
GAMBAR 3.9.

SKEMA PROSES PENCAMPURAN DENGAN KESEIMBANGAN PANAS

14)
Ibid. hal. 163.

di mana : H = Keseimbangan thermal

W = massa fluida Ton/jam , m = massa

T = temperatur , c = Kalor specific

Jika keseimbangan thermal adalah sesuai dengan fluida pada temperatur yang berbeda dan pada kecepatan berat dari aliran yang berbeda pula, maka dimungkinkan mencampur di dalam tangki dengan massa = m untuk cabang aliran pada temperatur khusus dan kecepatan berat dari aliran.

Dari gambar 3.10. dapat dituliskan dengan persamaan yang sederhana seperti di bawah ini :

$$H - H_R = m C (T_0 - T_R) \quad (3.6)$$

di mana akhiran R sebagai acuan. Keseimbangan termal diberikan dengan persamaan :

$$\left(\frac{dH}{dt} \right)_{\text{nett}} = \left(\frac{dH}{dt} \right)_{\text{influent}} - \left(\frac{dH}{dt} \right)_{\text{effluent}} \quad (3.7)$$

Dari sini :

$$mC \frac{d}{dt} (T_0 - T_R) = W_1(T_1 - T_R)C + W_2(T_2 - T_R)C + \dots + W_R(T_R - T_R)C - W_0(T_0 - T_R)C \quad (3.8)$$

Untuk pengaturan T_0 , T_1 dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$mC \frac{dT_0}{dt} + W_0 T_0 C = W_1 T_1 C + \sum_{J=2}^r W_J T_J C + T_R C (W_0 - \sum_{i=1}^r W_i) \quad (3.9)$$

dan didapatkan :

$$\left(\frac{m}{W_0} \frac{dT_0}{dt} + T_0 \right) = T_1 \left[\frac{W_1}{W_0} + \frac{\sum_{J=2}^r W_J T_J + T_R (W_0 - \sum_{i=1}^r W_i)}{W_0 T_1} \right] \quad (3.10)$$

Dengan mentransformasi Laplace-kan pers. 3.10. menjadi :

$$T_0 \left(\frac{s m_0}{W_0} + 1 \right) = T_1 \left(\frac{W_1}{W_0} + \frac{\sum_{J=2}^r W_J T_J}{W_0 T_1} \right) \quad (3.11)$$

Penyajian ini agak sulit dicapai fungsi alihnya ,

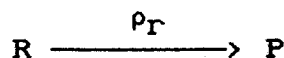
tetapi diasumsikan $\frac{T_J}{T_1} = \phi_J$, didapatkan suatu persamaan :

$$\frac{T_0(s)}{T_1(s)} = \frac{1}{s\tau + 1} \left[\frac{T_1}{W_0} (W_1 + \sum_{J=2}^r W_J \phi_J) \right] = \frac{K_p}{s\tau + 1} \quad (3.12)$$

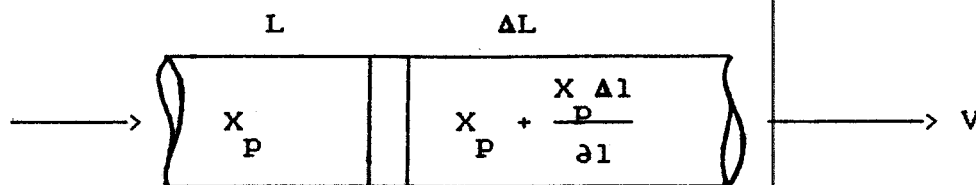
di mana τ_r adalah waktu tenggang atau hold time untuk tangki.

3.5.2.2. Reaksi Turbulen

Aliran kinetik yang termasuk penyelesaian proses yang agak sulit adalah reaksi turbulen dan ini yang akan dibahas pada permasalahan ini. Dalam reaksi turbulen ini timbul kerugian perjalanan reaksi atau dead time, hal ini sulit untuk menggunakan proses kontrol yang mampu mengimbangi proses tersebut. Jika reaksinya tak berubah lagi dengan bahan pereaksi dan hasil yang diberikan masing-masing R dan P dan kecepatan reaksi yaitu ρ_r , maka :



Di ambil panjang yang kecil Δl dari reaksi turbulen di atas yang mana konsentrasi hasil reaksi X_p berubah menjadi $X_p + \partial X_p$ dan jika konsentrasi reaksi adalah X_r , persamaan keseimbangan bahan dapat dengan mudah diturunkan sebagai berikut:



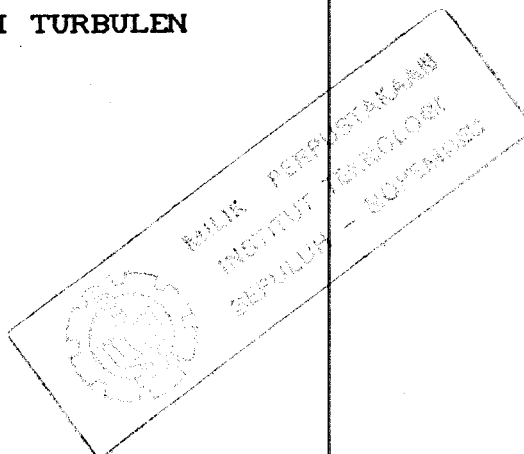
15)

GAMBAR 3.10.

REAKSI TURBULEN

15)

Ibid. hal. 164.



$$\frac{\partial X_p}{\partial t} + v \frac{\partial X_p}{\partial l} = \rho_r X_r \quad (3.13)$$

di mana v adalah kecepatan aliran pada $l=0$, konsentrasi hasil reaksi adalah 0, sedang bahan pereaksi dan konsentrasi hasil reaksi didapatkan hubungan pada persamaan beda.

$$X_r(l, t) = X_{r0} \{0, (t-l/v)\} - X_p(l, t) \quad (3.14)$$

X_{r0} konsentrasi awal bahan pereaksi.

Kombinasi persamaan 3.13 dengan 3.14 akan didapatkan satu persamaan :

$$\frac{dX_p}{dt} + \frac{1}{v} [\rho_r X_p(l, t) - \frac{\partial X_p}{\partial t}] = \frac{\rho_r}{v} \{0, (t-l/v)\} \quad (3.15)$$

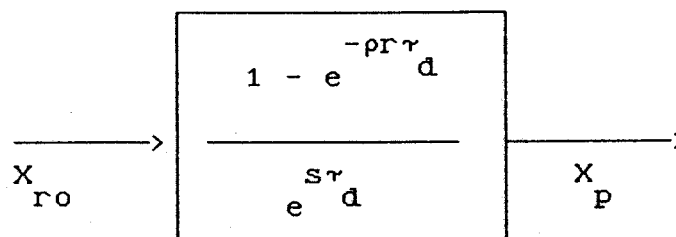
Dengan transformasi Laplace dan keseluruhan diantara $l=0$ dan $l=L$, transfer function-nya adalah :

$$T(s) = \frac{X_p(s)}{X_{r0}(s)} = \exp\left(-\frac{sL}{v}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{\rho_r L}{v}\right)\right] \quad (3.16)$$

Dead time atau transportation lag adalah L/v yang dapat dicapai.

Persamaan 3.16 dapat dituliskan :

$$T(s) = [1 - \exp(-\rho_r \tau_d)] \exp(-s\tau_d) \quad (3.17)$$



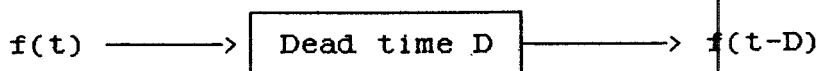
GAMBAR 3.11.

BLOCK DIAGRAM YANG MEWAKILI REAKSI TURBULEN

3.5.2.3. Dead time

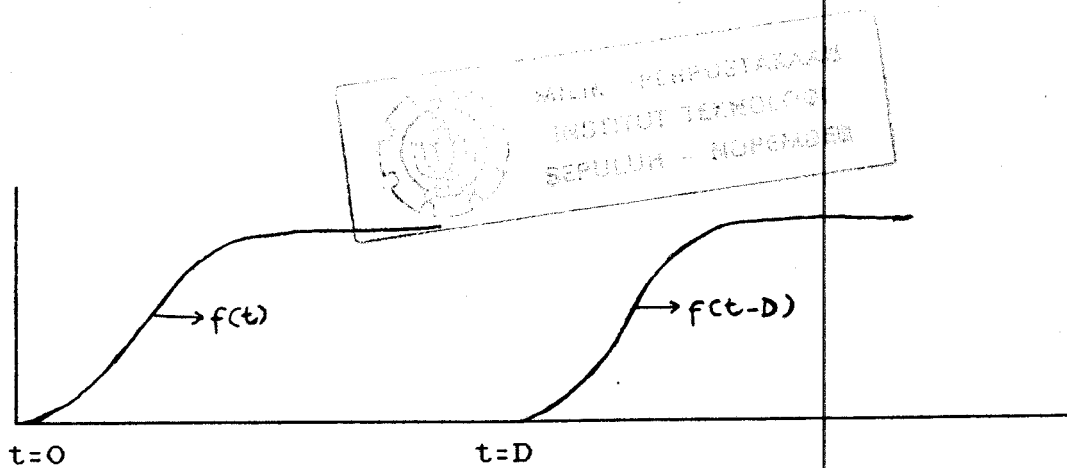
Delay time, transportasi lag atau dead time adalah sering kali dijumpai didalam sistem - sistem teknik kimia, maka kita tidak bisa mengurangi begitu saja design pipa-pipa untuk reaksi kimia.

Andaikata proses aliran yang mengalir terus-menerus pada pipa yang bercabang-cabang misalkan memakan waktu D menit untuk masing-masing masukan fluida dan keluarannya dari pipa tersebut. Kemudian masing-masing pipa mewakili elemen-elemen dead time. Jika ditentukan variabel dinamik $f(t)$, sedangkan temperature sebagai komposisi masukan dan keluaran dari pipa, fluida akan muncul dalam komposisi baru dengan kelambatan D menit dengan tepat sama bentuknya seperti ditunjukkan pada gambar 3.12.b.



GAMBAR 3.12.a.

BLOCK DIAGRAM DARI ELEMEN DEAD TIME



GAMBAR 3.12.

PENGARUH DARI ELEMEN DEAD TIME

Dapat dilihat apa yang terjadi ketika kita transformasi Laplace-kan fungsi $f(t-D)$ yang mempunyai delay pada dead time.

Transformasi Laplace didefinisikan dengan persamaan

$$L [f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt = F(s) \quad (3.18)$$

Variabel t di dalam persamaan di atas adalah "dummy variable" dari integrasi. Setelah variabel tersebut diintegrasikan akhirnya didapatkan fungsi dalam bentuk variabel s . Persamaan tersebut dapat ditulis secara lengkap dalam bentuk model matematik sebagai berikut :

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(y) e^{-sy} dy \quad (3.19)$$

di mana y adalah variabel dummy sekarang dari integrasi.

Berikut $Y = t-D$.

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t-D) e^{-s(t-D)} d(t-D)$$

$$= e^{Ds} \int_0^{\infty} f(t-D) e^{-st} dt \quad (3.20)$$

$$= e^{Ds} L [f(t-D)] \quad (3.21)$$

$$\text{di mana : } L [f(t-D)] = e^{-Ds} F(s) \quad (3.22)$$

Oleh karena itu :

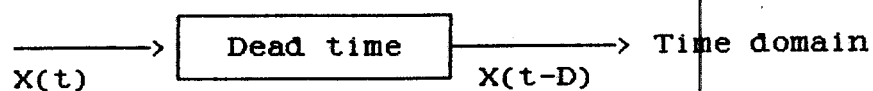
Demikian time delay atau dead time di dalam time domain yang ekuivalen dikalikan dengan e^{-Ds} di dalam Laplace domain. Jika input elemen dead time adalah $X_{out}(t)$ kemudian X_{in} dan X_{out} dapat dicari hubungannya dengan persamaan :

$$X_{out}(t) = X_{in}(t-D)$$

Dan di dalam Laplace domain,

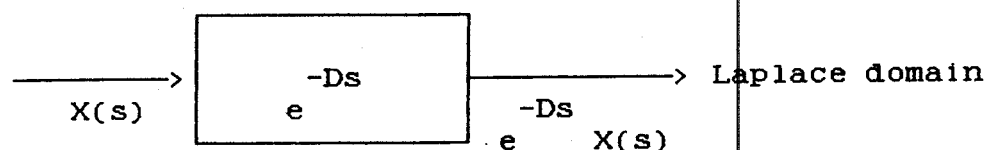
$$X_{out}(s) = e^{-Ds} X_{in}(s)$$

Demikian fungsi alih diantara variabel output dan input untuk dead time proses adalah e^{-Ds}



GAMBAR 3.13.a.

BLOK DARI TIME DOMAIN



GAMBAR 3.13.b

B A B IV

ANALISA DINAMIK SISTEM

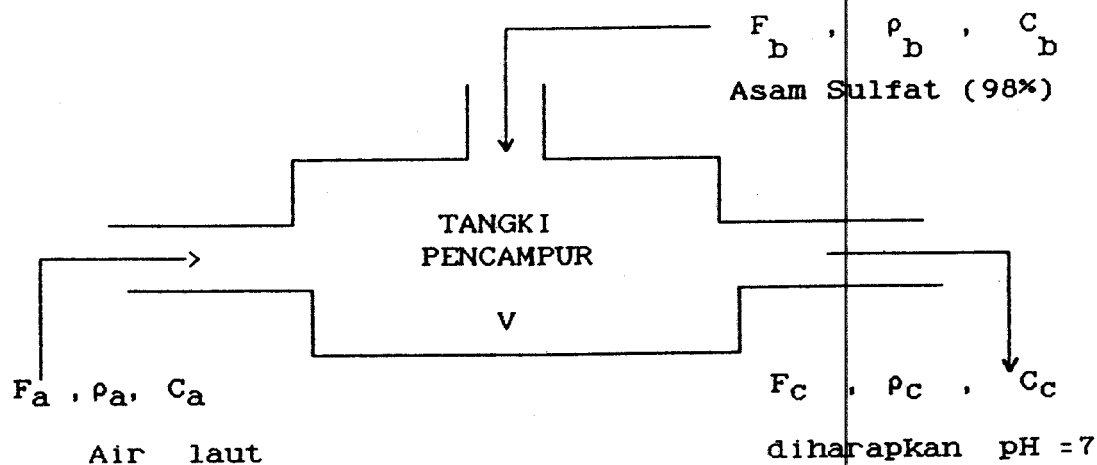
4.1. Model Matematik Dari Sistem

Reaksi yang terjadi di dalam suatu sistem, jumlah molekul-molekul dari masing-masing komponen akan bertambah untuk komponen hasil reaksi atau berkurang untuk komponen-komponen pereaksinya. Dengan demikian persamaan kontinuitas dari sistem dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 & \left[\begin{array}{l} \text{Kecepatan perubahan} \\ \text{komponen pada reaksi} \\ \text{di dalam sistem} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Komponen reaksi} \\ \text{yang masuk di} \\ \text{dalam sistem} \end{array} \right] - \\
 & \left[\begin{array}{l} \text{Komponen reaksi} \\ \text{yang keluar dari} \\ \text{sistem} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Kecepatan pembentukan} \\ \text{komponen pada reaksi} \\ \text{di dalam sistem} \end{array} \right] \quad 16)
 \end{aligned}$$

16)

Gould, L.A., Chemical Process Control-Theory and Application, Addison Wesley, Reading 1969.



GAMBAR 4.1.
SKEMA SISTEM PENCAMPURAN

Diasumsikan bahwa reaksi tersebut di atas adalah sistem orde satu, sehingga model persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

Aliran dari komponen A yang masuk sistem : $F_a \cdot \rho_a \cdot C_a$

Aliran dari komponen B yang masuk sistem : $F_b \cdot \rho_b \cdot C_b$

Sehingga komponen yang masuk antara komponen A dan komponen B dapat dituliskan :

$$F_a \cdot C_a + F_b \cdot C_b$$

Hasil pencampuran antara komponen A dan komponen B adalah :

$$F_c C_c \quad \text{atau} \quad (F_a + F_b) C_{ab}$$

Kecepatan pembentukan dari komponen pada reaksi di dalam sistem yaitu :

$$- V_k C_c$$

(tanda negatif artinya pembentukan pada reaksi)

Kecepatan perubahan dari komponen pada reaksi di dalam sistem :

$$\frac{d}{dt} (V C_c)$$

Dengan mengkombinasikan persamaan tersebut di atas akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{d}{dt} (V C_c) = F_a C_a + F_b C_b - F_c C_c - V_k C_c \quad (4.1)$$

di mana :

V = volume tangki pencampur

k = kecepatan reaksi

Dengan persamaan differensial terhadap fungsi waktu seperti tertulis pada persamaan (4.1), maka dalam sistem yang ada pada analisa dinamik dari reaksi ini dapat dicari fungsi alih dengan memasukan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap reaksi tersebut. Dengan demikian dapat kita cari parameter-parameter yang sesuai untuk menganalisa kestabilan dari reaksi,

sehingga output yang dihasilkan dari sistem tersebut tidak naik-turun yang mengakibatkan sistem tidak terkondisikan sesuai dengan harga acuannya.

Dengan penyederhanaan dari persamaan di atas, maka akan didapatkan model matematis :

$$V \frac{d}{dt} C_C + F_C C_C + V_K C_C = F_A C_A + F_D C_D \quad (4.2)$$

$$(V \frac{d}{dt} + F_C + V_K) C_C = F_A C_A + F_D C_D \quad (4.3)$$

dengan mengalikan persamaan $\frac{1}{F_C + V_K}$ pada persamaan

(4.3), maka akan didapatkan :

$$\left(\frac{V}{F_C + V_K} \frac{d}{dt} + 1 \right) C_C = \frac{F_A}{F_C + V_K} C_A + \frac{F_D}{F_C + V_K} C_D \quad (4.4)$$

Dengan transformasi laplace $\frac{d}{dt}$ akan didapatkan dalam

bentuk fungsi s, sehingga persamaan (4.4) menjadi :

$$\left(\frac{s V}{F_C + V_K} + 1 \right) C_C = \frac{F_A}{F_C + V_K} C_A + \frac{F_D}{F_C + V_K} C_D \quad (4.5)$$

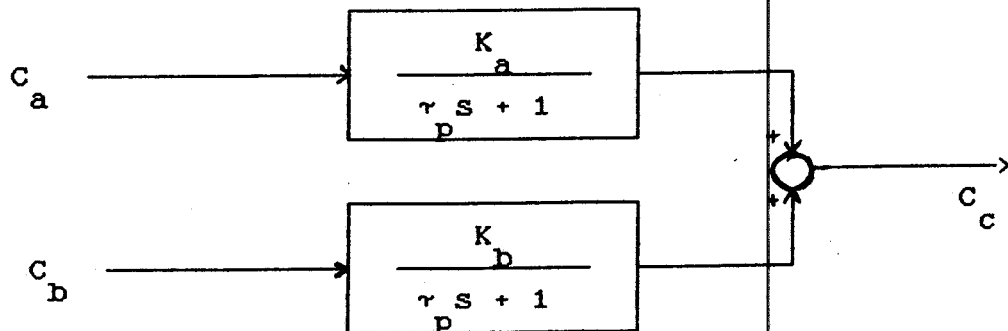
Kalau disederhanakan akan didapatkan persamaan yang lebih jelas yaitu :

$$C_c = \frac{K_a}{\tau_p s + 1} C_a + \frac{K_b}{\tau_p s + 1} C_b$$

di mana :

$$K_a = \frac{F_a}{F_c + V_k} \quad , \quad K_b = \frac{F_b}{F_c + V_k} \quad , \quad \tau_p = \frac{V}{F_c + V_k}$$

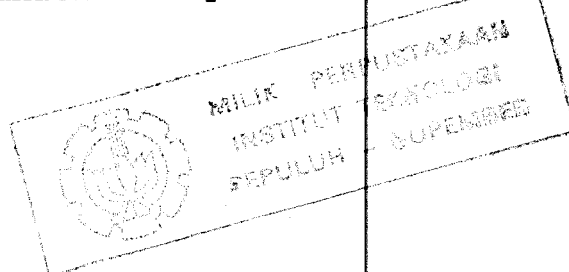
Block diagram dari proses pencampuran antara air laut dengan asam sulfat pekat dapat diperlihatkan seperti di bawah ini :



GAMBAR 4.2.

BLOCK DIAGRAM DARI SISTEM PENCAMPURAN

Di mana K_a , K_b dan τ_p dapat diperoleh dari perhitungan pada kondisi operasi normal di lapangan dengan memasukkan data-data yang ada. Dengan demikian akan didapat konstanta-konstanata dari parameter tersebut.



4.2. Kontroler

Kontroler PID (Proportional + Integral + Derivatif) telah dimanfaatkan secara luas dalam industri-industri, terutama industri proses. Pemanfaatan kontroler ini dimaksudkan untuk menjaga variabel fisis yang dikontrol agar selalu tetap berada disekitar titik acuannya yang diinginkan. Kontroler otomatis PID ini merupakan kontroler umpan balik yang mempunyai tiga buah parameter, yaitu Proportional Band (PB), waktu integral (τ_i) dan waktu derivatif (τ_d). Agar didapatkan output proses yang optimum, ketiga parameter kontrol harus di set pada suatu nilai tertentu yang besarnya dipengaruhi oleh keadaan proses yang dikontrol. Pengesetan parameter kontrol dilakukan dengan metoda Ziegler dan Nichols.

Kontroler PID mempunyai persamaan :

$$y(t) = K_C [e(t)] + K_C \tau_d \frac{de(t)}{dt} + K_C \frac{1}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt$$

di mana :

K_C = Gain Proportional

τ_d = waktu derivatif

τ_i = waktu integral

$e(t)$ = sinyal error

$y(t)$ = sinyal output

Persamaan fungsi alihnya :

$$Y(s) = K_p \left(1 + \tau_d s + \frac{1}{\tau_i s} \right)$$

Penyetelan parameter kontrol (K_c , τ_d dan τ_i) dilakukan dengan metoda Ziegler dan Nichols, di mana nilai syaratnya didapatkan secara empiris, yaitu :

a) Metoda Ziegler - Nichols

Tipe	Metode Respon Transien			Metode Sensitivitas Ultima		
	K_c	τ_i	τ_d	K_c	τ	τ_d
P	$\frac{1}{(RL)}$	-	-	0.5Ku	-	-
PI	$\frac{0.9}{(RL)}$	3 L	-	0.45Ku	$\frac{Pu}{1.2}$	-
PID	$\frac{1.2}{(RL)}$	2 L	0.5 L	0.6Ku	$\frac{Pu}{2}$	$\frac{Pu}{8}$

b) Metoda Cohen - Coon

Tipe	K_c	τ_i	τ_d
P	$\frac{1}{K_p} \left[\frac{1}{\alpha} + 0.33 \right]$	-	-
PI	$\frac{1}{K_p} \left[\frac{0.9}{\alpha} + 0.082 \right]$	$\tau_p \left[\frac{3.33\alpha + 0.333\alpha^2}{1 + 2.2\alpha} \right]$	-
PID	$\frac{1}{K_p} \left[\frac{1.35}{\alpha} + 0.27 \right]$	$\tau_p \left[\frac{2.5\alpha + 0.5\alpha^2}{1 + 0.6\alpha} \right]$	$\tau_p \left[\frac{0.37\alpha}{1 + 0.2\alpha} \right]$

Respon yang terdapat pada gambar 3.6. , dapat diperoleh parameter-parameter pengaturannya dengan perhitungan sebagai berikut :

$$K_p = \frac{\Delta C_{ss}}{\Delta M} \quad , \quad \begin{array}{l} \Delta C_{ss} = \text{perubahan output} \\ \Delta M = \text{perubahan input} \end{array}$$

$$\tau_p = 1.5 (t_{0.63} - t_{0.28})$$

$$e_d = 1.5 (t_{0.63} - 0.33t_{0.63})$$

$$\alpha = \frac{e_d}{\tau_p}$$

Identifikasi proses ini dilakukan dengan analisa regresi persamaan diferensial linier. Dengan diketahuinya nilai-nilai parameter model proses maka penyetelan kontroler dapat dilakukan.

Penalaan parameter kontroler optimum metode sensitivitas ultimate dari Ziegler dan Nichols hanya dapat dilakukan terhadap sistem kontrol yang mempunyai batas kestabilan, karena untuk melakukan penalaan kontroler ini diperlukan suatu keadaan, di mana sistem harus berada pada frekuensi cross over-nya yang merupakan batas kestabilan dari sistem kontrol proses yang bersangkutan.

4.3. Analisa Sistem Pengaturan Desalinasi

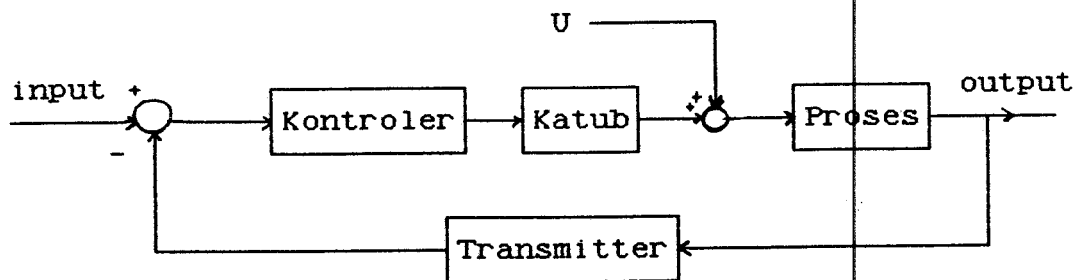
Pengaturan pH air laut pada desalinasi merupakan permasalahan yang serius, karena sulit didapatkan kestabilan pH air yang sesungguhnya. Hal ini disebabkan oleh perubahan beban yang naik-turun dari produksi uap untuk beban turbin.

Sistem pengaturan proses pada umumnya adalah sistem pengaturan berumpan balik di mana keluaran dari sistem juga mempengaruhi aksi pengontrolan. Pada peralatan ini terjadi pencampuran antara air laut dengan asam sulfat (98%) sebagai pengatur pH.

Produksi desalinasi dalam proses ini terutama sangat tergantung pada laju uap sebagai penggerak turbin. Dengan demikian hasil desalinasi ini dapat

dilakukan dengan cara mengatur air laut yang masuk desalinasi dan injeksi asam sulfat, sehingga didapatkan air mentah yang sesuai dengan kebutuhan proses.

Di bawah ini dapat di lihat sistem pengaturan proses pada unit desalinasi .



GAMBAR 4.3.

BLOCK DIAGRAM SISTEM PENGATURAN PROSES

Dari block diagram sistem pengaturan proses di atas, maka dapat diuraikan untuk masing-masing komponen yang menyusun loop tersebut. Sehingga persamaan matematisnya adalah sebagai berikut :

- Flow Indicator Controller (FIC) adalah kontroler jenis Proposional Integral Diferensial (PID).

Persamaan matematis nya adalah :

$$FIC = K_p \left(1 + \tau_d s + \frac{1}{\tau_i s} \right)$$

- pH Transmitter adalah transmitter yang berfungsi mengubah sinyal proses menjadi sinyal standard (0.2 - 1 bar).

- Pressure Control Valve (PCV) adalah katub yang berfungsi membuka/menutup injeksi asam sulfat (98%). Katub pengatur ini dicari dengan cara linierisasi pada daerah kerjanya, sehingga di dapatkan nilai K_V dari katub.

Hubungan antara sinyal penggerak dan aliran asam sulfat adalah sebagai berikut :

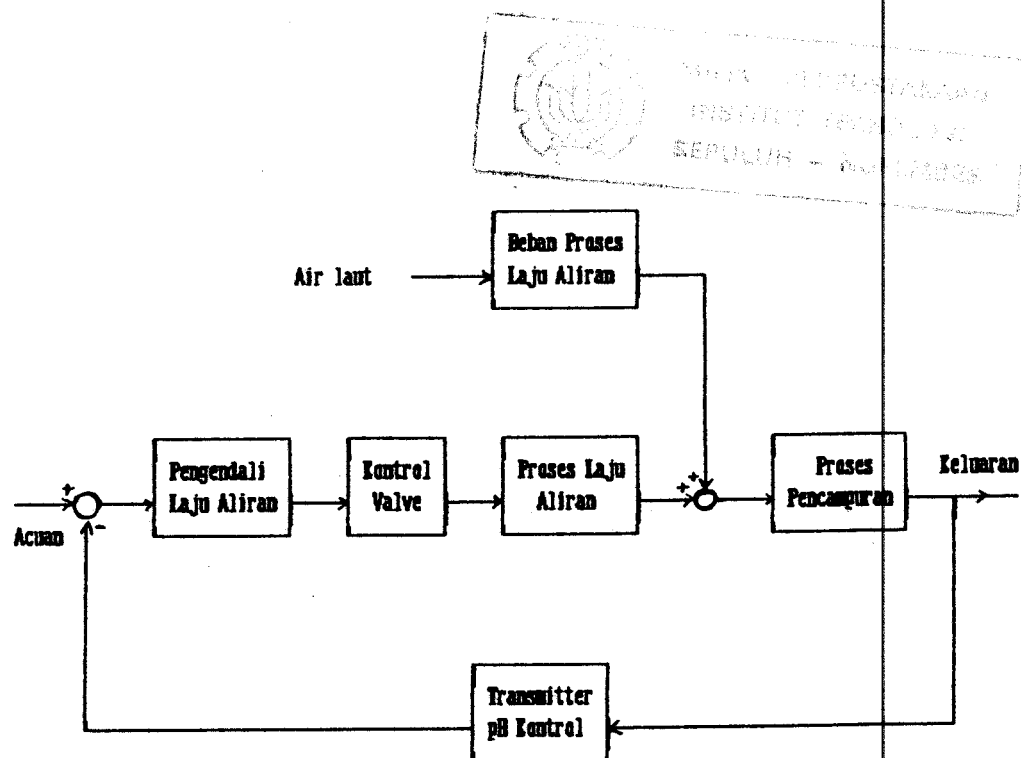
$$\frac{\Delta M_V(s)}{\Delta E_i(s)} = \frac{K_V}{s\tau_V + 1}$$

$\Delta M_V(s)$ = laju aliran asam sulfat

$\Delta E_i(s)$ = sinyal penggerak

τ_V = konstanta waktu

K_V = Gain dari katub



GAMBAR 4.1

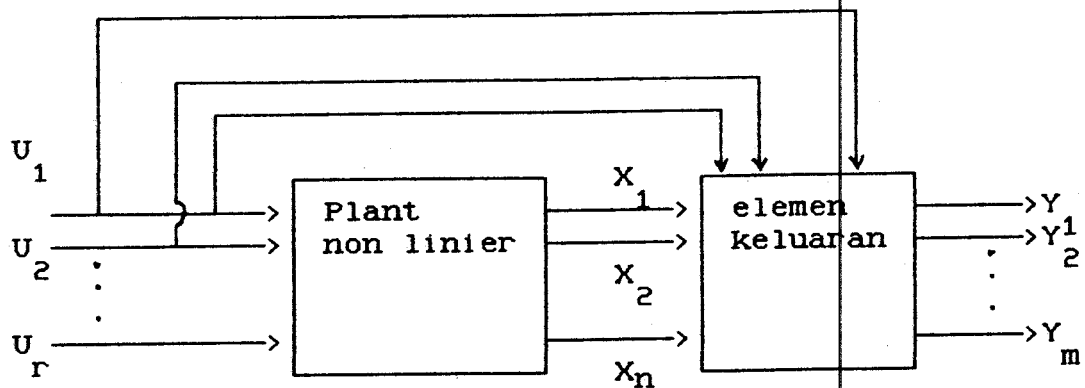
BLOK DIAGRAM SISTEM PENGENDALIAN pH

Dengan memasukkan parameter-parameter pada block diagram pengaturan pH di atas dapat dicari fungsi alihnya sebagai penghantar komponen-komponennya.

4.1. Analisa Kestabilan

Model matematis yang menyatakan hubungan variabel-variabel input dan variabel-variabel output dalam unit desalinasi plant ini didapatkan dalam bentuk persamaan state.

Bentuk state space yang menyatakan hubungan input U dan output Y dari sistem dapat dituliskan sebagai berikut:



GAMBAR 4.5.

SISTEM MULTI MASUKAN - MULTI KELUARAN

$$\dot{X} = AX + BU \quad (4.6)$$

$$Y = CX \quad (4.7)$$

Persamaan (4.6) dan (4.7) berturut-turut disebut persamaan state dan persamaan output sistem. Matriks $A_{(n \times n)}$, matriks $B_{(n \times r)}$ dan matriks $C_{(r \times n)}$. Dengan mentransformasi-Laplace-kan persamaan (4.6) dan (4.7) di dapatkan :

$$sX(s) - X(0) = AX(s) + BU(s) \quad (4.8)$$

$$Y(s) = CX(s) \quad (4.9)$$

Untuk mendapatkan fungsi alih matriks sistem, vektor state $X(0)$ dianggap sama dengan nol. Maka persamaan (4.8) menjadi :

$$X(s) = (sI - A)^{-1} B U(s) \quad (4.10)$$

Substitusi persamaan (4.10) kedalam persamaan (4.9) diperoleh :

$$Y(s) = C (SI - A)^{-1} B U(s) \quad (4.11)$$

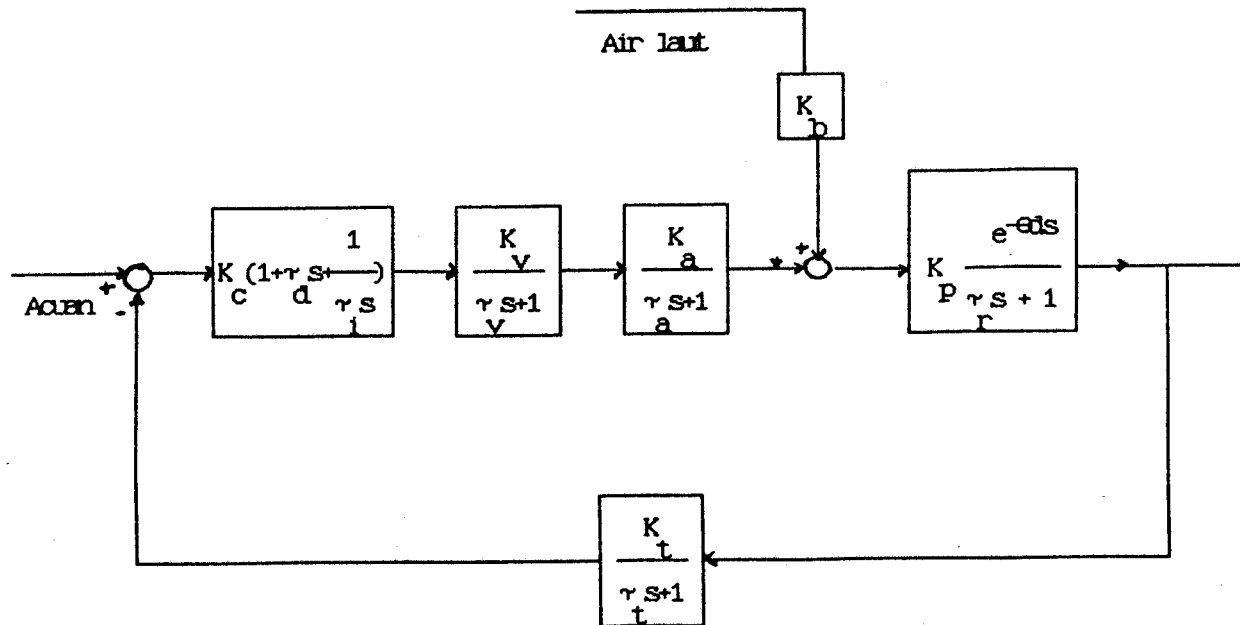
Dengan demikian model fungsi alih matriks didapatkan :

$$G(s) = C (SI - A)^{-1} B \quad (4.12)$$

atau

$$G(s) = \frac{Q(s)}{| SI - A |} \quad (4.13)$$

di mana $Q(s)$ adalah polinomial dalam s , sedangkan $| SI - A |$ adalah persamaan karakteristik sistem.



GAMBAR 4.6.

BLOCK DIAGRAM SISTEM PENGATURAN pH DESALINASI

INSTITUT TEKNOLOGI

 SEPULUH - NOPEMBER

Setelah dilakukan analisa pada proses desalinasi loop pengaturan pH, block diagram dari unit ini dengan sistem pengaturannya dapat digambarkan seperti ditunjukkan pada gambar 4.7. dibawah ini.

Dari gambar 4.7. dapat diperoleh persamaan-persamaan berikut ini :

$$X_1 = (U_1 - X_6) \frac{K_C}{\tau_1 s} \quad (4.14)$$

$$\dot{X}_1 = - \frac{K_C}{\tau_1} X_6 + \frac{K_C}{\tau_1} U_1 \quad (4.15)$$

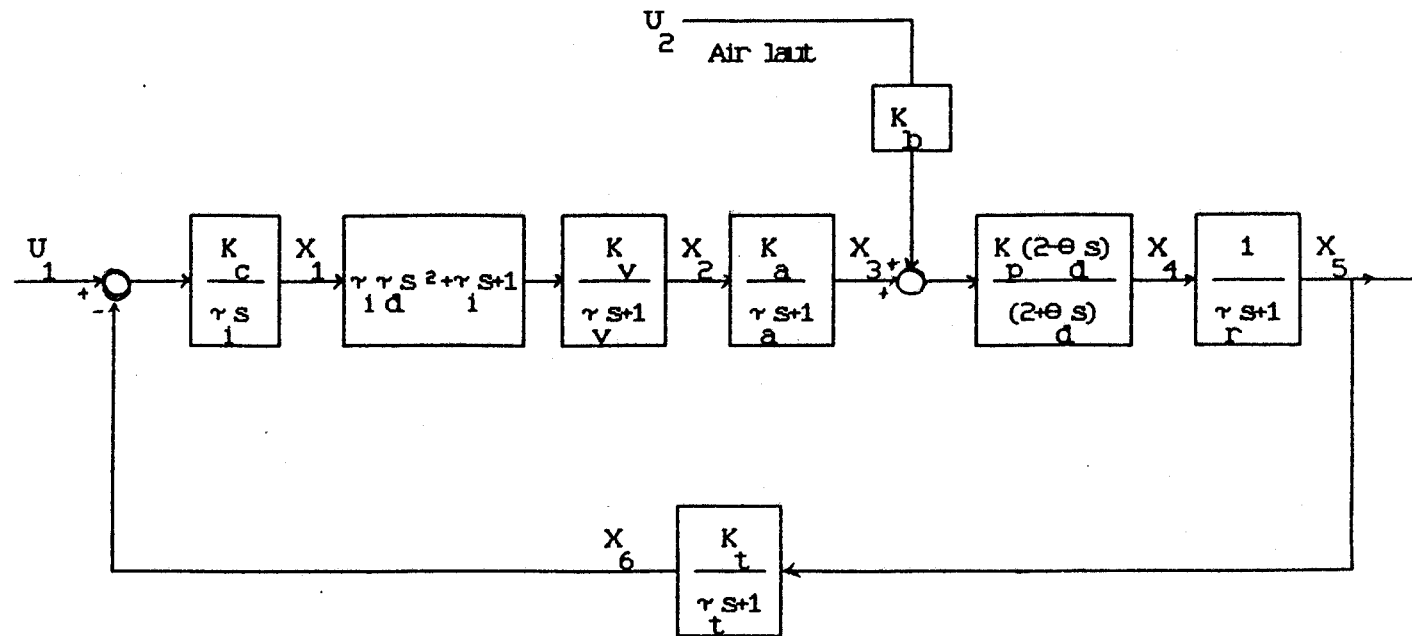
$$\ddot{X}_1 = - \frac{K_C}{\tau_1} \dot{X}_6 + \frac{K_C}{\tau_1} \dot{U}_1 \quad (\dot{U}_1 = 0)$$

$$X_2 = (\tau_1 \tau_d s^2 + \tau_1 s + 1) \frac{X_1}{\tau_v s + 1} \quad (4.16)$$

$$\dot{X}_2 = \frac{ (\tau_1 \tau_d s^2 \ddot{X}_1 + \tau_1 K_v \dot{X}_1 + K_v X_1 - X_2)}{\tau_v} \quad (4.17)$$

dengan memasukkan \ddot{X}_1 dan \dot{X}_1 ke persamaan (4.17) akan diperoleh persamaan 4.18. seperti di bawah ini :

$$\dot{X}_2 = - \frac{\tau_1 \tau_d K_v}{\tau_v} \left[- \frac{K_C}{\tau_1} \dot{X}_6 \right] + \frac{\tau_1 K_v}{\tau_v} \left[- \frac{K_C}{\tau_1} X_6 + \frac{K_C}{\tau_1} U_1 \right] + \frac{K_v}{\tau_v} X_1 - \frac{1}{\tau_v} X_2 \quad (4.18)$$



GAMBAR 4.7

BLOCK DIAGRAM STATE SISTEM PENGATURAN pH DESALINASI

$$\dot{X}_2 = -\frac{K_v}{r_v} X_1 - \frac{1}{r_v} X_2 - \frac{K_c K_t K_v r_d}{r_v r_t} X_5 + \frac{K_c K_v}{r_v r_t} X_6 + \frac{K_c K_v}{r_1} U_1 \quad (4.19)$$

$$X_3 = X_2 \frac{K_a}{(r_a s + 1)} \quad (4.20)$$

$$\dot{X}_3 = \frac{K_a}{r_a} X_2 - \frac{1}{r_a} X_3 \quad (4.21)$$

$$X_4 = (X_3 + K_b U_2) K_p (2 - e_d s) \frac{1}{(2 + e_d s)} \quad (4.22)$$

$$\dot{X}_4 = \frac{2K_p X_3 - 2X_4 - K_p e_d \dot{X}_3 + 2K_b K_p U_2 - 2K_b K_p e_d \dot{U}_2}{e_d} \quad (4.23)$$

dengan memasukkan persamaan (4.21) ke dalam persamaan (4.23), maka akan diperoleh persamaan (4.24) di mana $\dot{U}_2 = 0$.

$$\dot{X}_4 = -\frac{K_a K_p}{r_a} X_2 + \frac{(2K_p r_a + K_p e_d)}{r_a e_d} X_3 - \frac{2}{e_d} X_4 + \frac{2K_b K_p}{e_d} U_2 \quad (4.24)$$

$$X_5 = X_4 \frac{1}{(r_t s + 1)} \quad (4.25)$$

$$\dot{X}_5 = \frac{1}{r_r} X_4 - \frac{1}{r_r} X_5 \quad (4.26)$$

$$X_6 = \frac{K_t}{r_t s + 1} X_5 \quad (4.27)$$

$$\dot{X}_6 = \frac{K_t}{r_t} X_5 - \frac{1}{r_t} X_6 \quad (4.28)$$

Jadi persamaan state secara keseluruhan dari sistem ini secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\dot{X}_1 = -\frac{K_c}{r_i} X_6 + \frac{K_c}{r_i} U_1$$

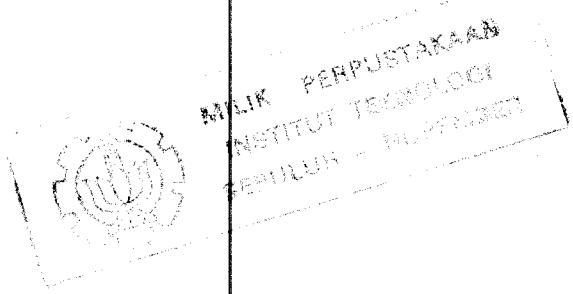
$$\dot{X}_2 = -\frac{K_v}{r_v} X_1 - \frac{1}{r_v} X_2 - \frac{K_c K_t K_v r_d}{r_v r_t} X_5 + \frac{K_c K_v}{r_v r_t} X_6 +$$

$$\frac{K_c K_v}{r_i} U_1$$

$$\dot{X}_3 = \frac{K_a}{r_a} X_2 - \frac{1}{r_a} X_3$$

$$\dot{X}_4 = -\frac{K_a K_p}{r_a} X_2 + \frac{(2K_p r_a + K_p \theta_d)}{r_a \theta_d} X_3 - \frac{2}{\theta_d} X_4 + \frac{2K_p K_p}{\theta_d} U_2$$

$$\dot{X}_5 = \frac{1}{r_r} X_4 - \frac{1}{r_r} X_5$$



$$\dot{X}_6 = \frac{1}{r_t} X_5 - \frac{1}{r_t} X_6$$

Dalam bentuk matriksnya, persamaan di atas dapat dituliskan sebagai :

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{X}_2 \\ \dot{X}_3 \\ \dot{X}_4 \\ \dot{X}_5 \\ \dot{X}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{16} \\ A_{21} & A_{22} & 0 & 0 & A_{25} & A_{26} \\ 0 & A_{32} & A_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_{42} & A_{43} & A_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A_{54} & A_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{65} & A_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} B_{11} & 0 \\ B_{21} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & B_{42} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \end{bmatrix}$$

Dengan memasukkan konstanta-konstanta pada matriks tersebut di atas maka akan diperoleh nilai dari matriks sebagai berikut :

$$A_{16} = -\frac{K_c}{r_i} \quad ; \quad A_{21} = -\frac{K_v}{r_v - K_v r_i r_d}$$

$$A_{22} = -\frac{1}{r_v} \quad ; \quad A_{26} = -\frac{K_c K_v K_t r_d}{r_v r_t}$$

$$A_{25} = -\frac{K_c K_t K_v r_d}{r_v r_t} \quad ; \quad A_{44} = -\frac{1}{\theta_d}$$

$$A_{32} = \frac{K_a}{r_a} \quad ; \quad A_{33} = -\frac{1}{r_a} \quad ; \quad A_{42} = -\frac{K_a K_p}{r_a}$$

$$A_{43} = \frac{2K_p r_a + K_p \theta_d}{r_a \theta_d} \quad ; \quad A_{65} = \frac{K_t}{r_t} \quad ; \quad A_{66} = -\frac{1}{r_t}$$

$$A_{54} = \frac{1}{r_r} \quad ; \quad A_{55} = -\frac{1}{r_r} \quad ; \quad A_{44} = -\frac{2}{\theta_d}$$

$$B_{11} = \frac{K_c}{r_i} \quad ; \quad B_{21} = \frac{K_c K_v}{r_v} \quad ; \quad B_{42} = \frac{2K_p K_p}{\theta_d}$$

Kestabilan sistem

Kestabilan unit pengaturan pH pada desalinasi plant ini dapat diketahui dengan menggunakan bantuan komputer. Analisa dilakukan dengan memproses matriks state. Dengan mencari nilai "eigen value" matriks $A_{(n \times n)}$ akan diperoleh gambaran tentang stabilitas sistem. Eigen value matriks $A_{(n \times n)}$ merupakan akar-akar karakteristik yang dihasilkan oleh:

$$| sI - A | = 0 \quad (4.29)$$

di mana :

I = matriks identitas

A = matriks state

s = eigen value

Sistem dikatakan stabil bila seluruh eigen value matriks $A_{(n \times n)}$ mempunyai bagian nyata yang negatif, atau terletak disebelah kiri sumbu imajinir dari bidang s . Sebaliknya sistem dikatakan tidak stabil apabila ada eigen value matriks $A_{(n \times n)}$ yang bagian nyatanya positif. Didapatkan akar-akar karakteristik sistem seperti tampak dibawah ini :

Persamaan akar-akar karakteristiknya adalah :

$$1.000 s^6 + 7.03888 s^5 + 18.93514 s^4 + 24.27199 s^3 + 23.11710 s^2 + 0.24170 s^1 + 0.06499 = 0$$

hasil program eigen value dari persamaan akar-akar karakteristik di atas adalah :

Bagian Real	Bagian Imajinir
-6.1120855278E-01	4.4138587500E-01
-7.3399643279E-01	4.4138587500E-01
-8.3807228511E-03	0.0000000000E+00
-1.1038772227E+01	0.0000000000E+00
-5.1937149724E+00	1.4981543228E+00
-5.1937149724E+00	-1.4981543228E+00

Dari hasil perhitungan eigen value di atas terlihat bahwa sistem dalam keadaan stabil.

B A B V

S I M U L A S I

5.1. Metode Simulasi

Dalam desain suatu sistem pengendalian, sering kali timbul kesulitan apabila menggunakan sistem yang sebenarnya. Dalam keadaan demikian, metode simulasi komputer digital akan sangat menguntungkan dengan adanya perkembangan teknologi komputer dewasa ini.

Dalam tugas akhir ini dengan menyelesaikan persamaan model matematik yang diperoleh pada sistem pengaturan pH desalinasi maka akan di dapatkan gambaran dinamik dari sistem tersebut. Mencari model matematik dari sistem dan menyelesaikannya merupakan salah satu teknik untuk meniru kelakuan dari sistem atau yang lebih dikenal dengan istilah simulasi.

Dengan metode simulasi ini akan memberikan suatu kemudahan dalam desain sistem pengendalian modern, diantaranya berupa waktu, biaya, fleksibilitas dan ketelitian. Untuk menyelesaikan persamaan dinamik yang berupa persamaan deferensial ini, terdapat beberapa metode yaitu metode deret taylor, metode Runge-Kutta, metode Euler, metode Newton-Raphson dan lain-lain. Yang pada dasarnya semua metode di atas untuk mendapatkan ketelitian harga-harga dari suatu persamaan.

Pada tugas akhir ini pengaturan pH desalinasi dengan menggunakan metode Runge-Kutta yang nantinya diharapkan hasil simulasinya dengan ketelitian yang cukup tinggi, sehingga dapat memperbaiki sistem.

Model matematik yang telah disusun dalam bentuk matrik dapat pula di tuliskan sebagai berikut :

$$X_{n+1} = X_n + 1/6 (k_1 + 2 * k_2 + 2 * k_3 + k_4) \quad (5.1)$$

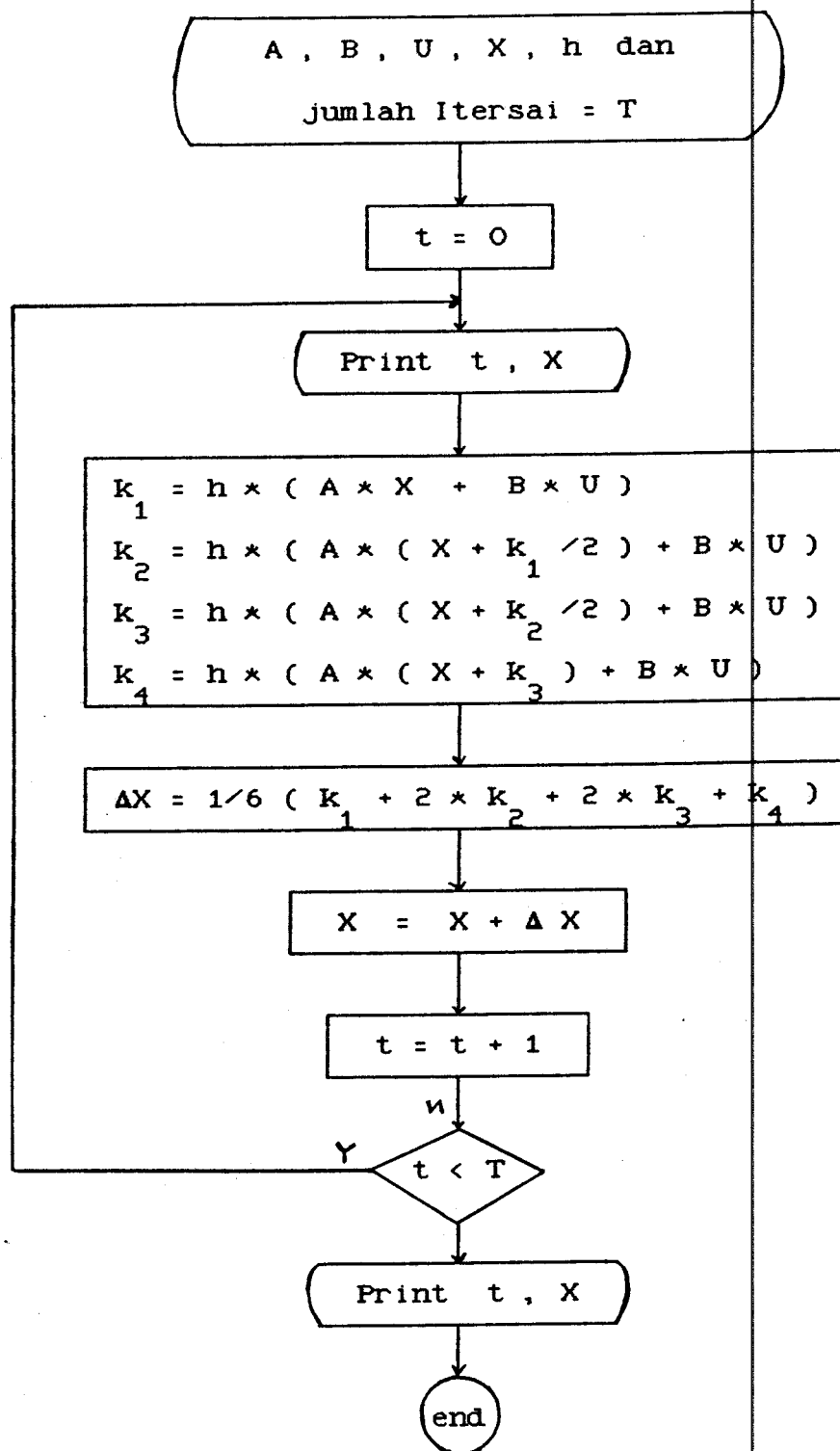
$$k_1 = h f (X_n)$$

$$k_2 = h f (X_n + k_1 / 2)$$

$$k_3 = h f (X_n + k_2 / 2)$$

$$k_4 = h f (X_n + k_3)$$

Dengan persamaan state untuk mendapatkan respon dalam bentuk grafik dari sistem pengaturan pH desalinasi ini dapat dilihat pada lampiran III yang berupa program simulasi dengan bahasa pascal.



GAMBAR 5.1.

DIAGRAM ALIR PROGRAM METHODE RUNGE-KUTTA

RESPON SISTEM PENGATURAN pH

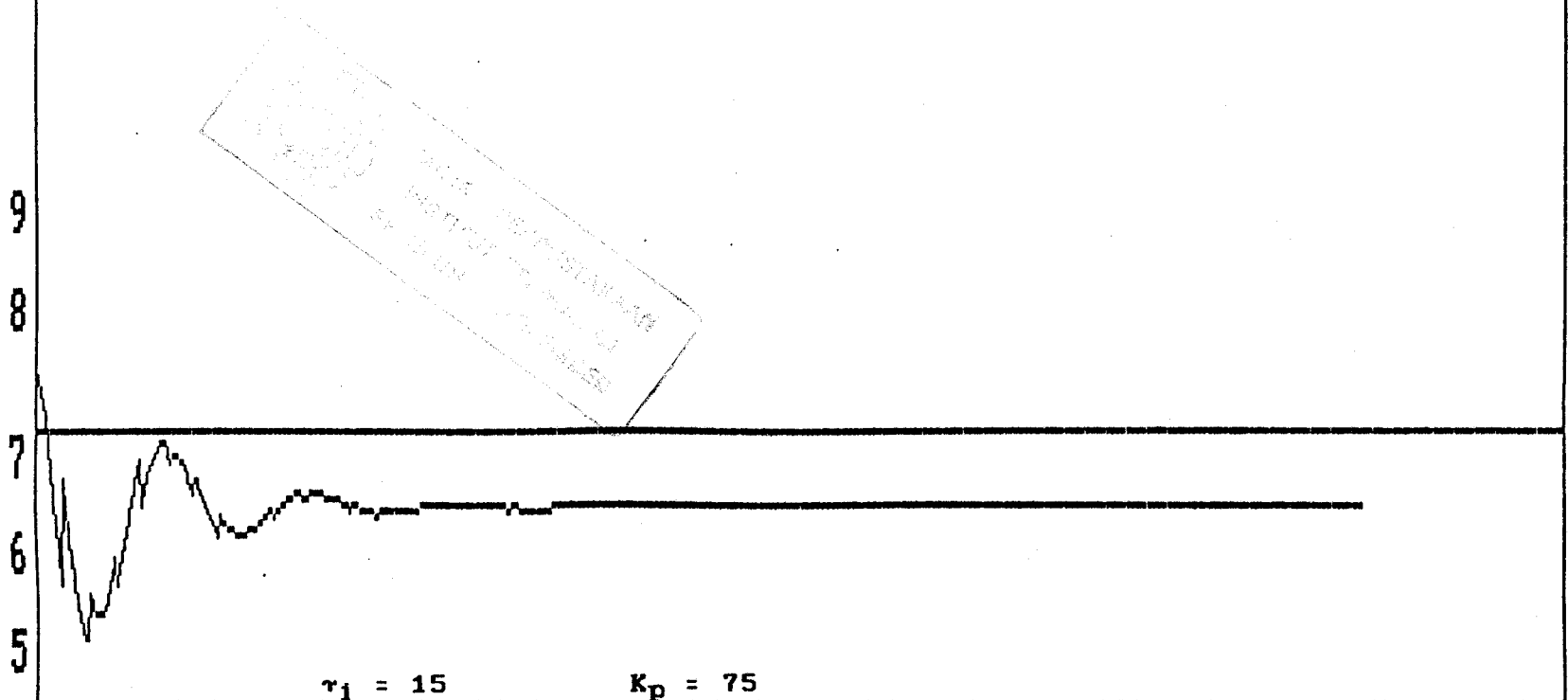
9
8
7
6
5

$$\tau_1 = 15$$

$$K_p = 60$$

DESALINATION PLANT UNIT I-II PLTU GRESIK

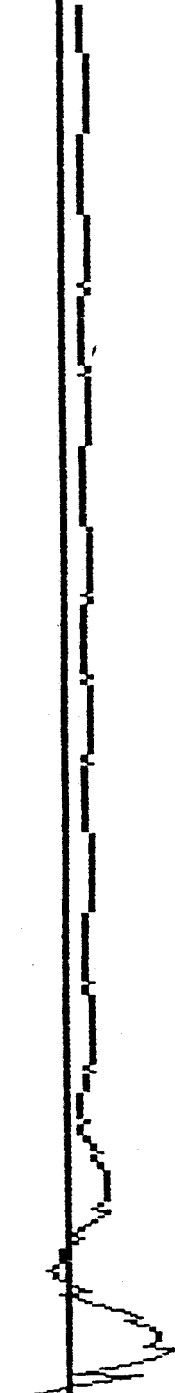
RESPON SISTEM PENGATURAN pH



DESALINATION PLANT UNIT I-II PLTU GRESIK

RESPON SISTEM PENGATURAN PH

9
8
7
6
5

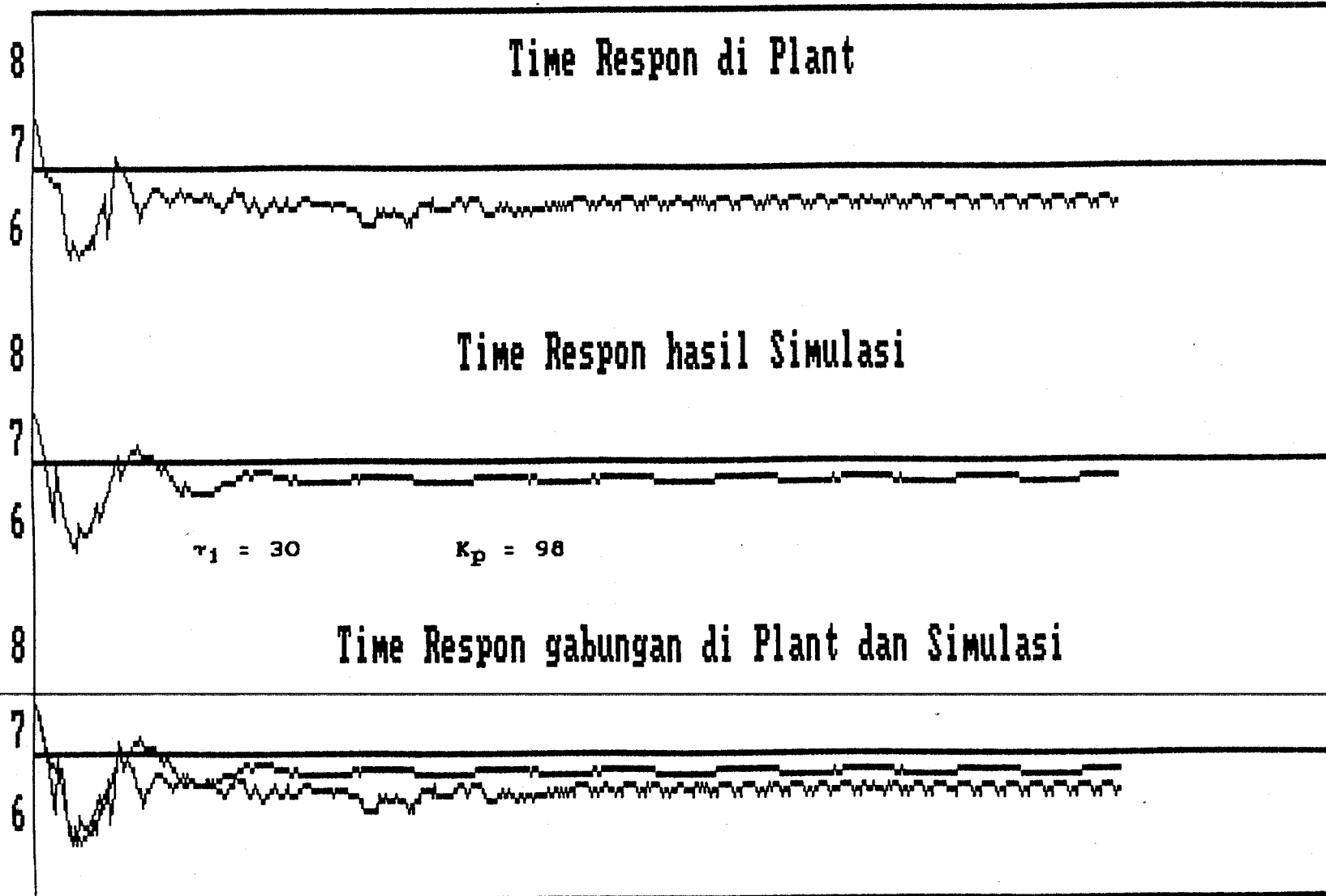


$\tau_1 = 30$

$K_P = 98$

DESALINATION PLANT UNIT I-II PLTU GRESIK

RESPON SISTEM PENGATURAN pH



DESALINATION PLANT UNIT I-II PLTU GRESIK

BAB VI

KESIMPULAN

Dari pembahasan pada tugas akhir ini maka dapat di ambil suatu kesimpulan :

1. Desalination plant merupakan unit pengolah air laut menjadi air mentah (raw water) dengan proses distilasi, di mana pengkondisikan pH air mentah mencapai 7 (pH air netral) di atur secara otomatis pada bukaan katub injeksi asam sulfat.
2. Faktor volume tangki pencampur dan kecepatan aliran asam sulfat sangat mempengaruhi waktu yang dibutuhkan selama proses reaksi yang terjadi di dalam tangki pencampur antara air laut dengan asam sulfat yang prosesnya secara terus-menerus. Karena dengan waktu pencampuran yang lama akan menyebabkan waktu tunda atau waktu tenggang di dalam tangki pencampur yang dominan pada proses reaksi. Dengan demikian respon yang diberikan oleh transmitter pada kontroler tidak dapat mendeteksi pH pada tangki pencampur dalam waktu yang sesuai dengan kondisi pH saat itu.
3. Sistem pengaturan desalinasi merupakan sistem yang non linier dengan multi input - multi output. Dari hasil linierisasi di sekitar titik kerja

normalnya di peroleh persamaan state yang mempunyai eigen value negatif pada bagian realnya, dengan demikian sistem dalam keadaan stabil.

4. Saran - saran

Dari hasil simulasi di atas terlihat bahwa respon dari sistem lambat. Salah satu cara untuk memperbaiki respon tersebut adalah dengan mengubah konstruksi dari tangki pencampur sehingga waktu tenggang yang dibutuhkan untuk proses reaksi menjadi lebih cepat. Respon terbaik dalam proses desalinasi ini di peroleh dengan gain kontroler $K_c = 98$, waktu integral $\tau_i = 30$, dengan waktu tenggang dalam tangki pencampur $\tau_T = 35$ dt.

DAFTAR PUSTAKA

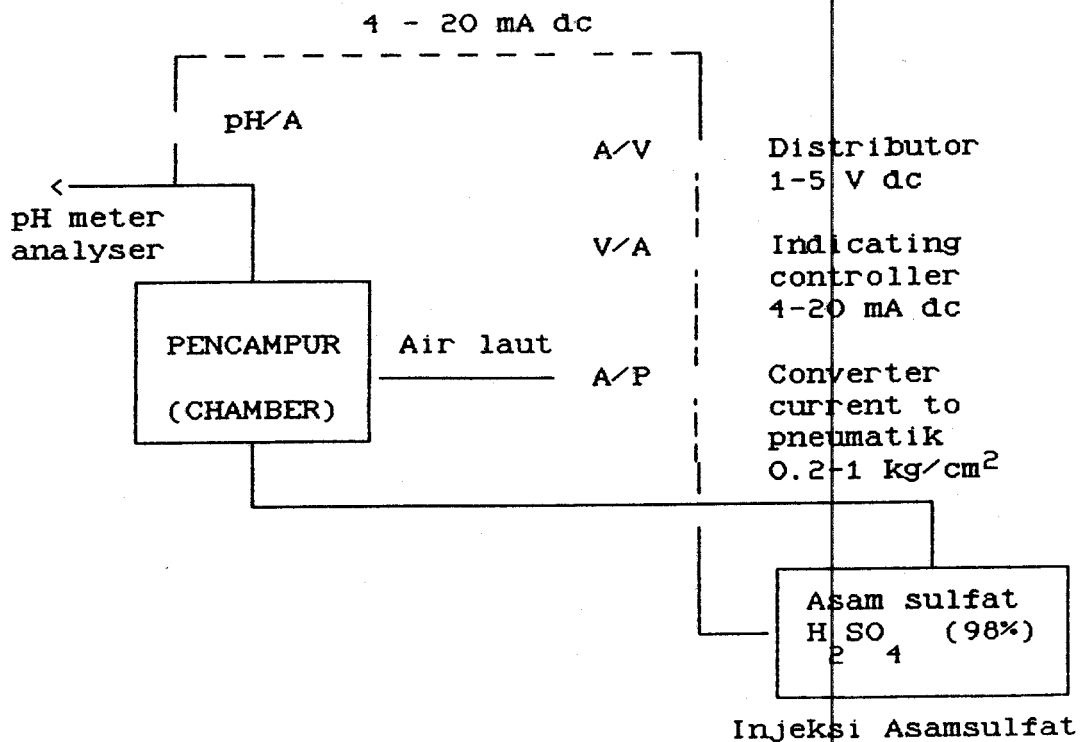
1. Buckley, P.S., 'Automatic Control of Process with Dead Time', Proc. IFAC I Moskow (1960), Butterworths, London, 1961, 1;33(Ch. 3,4).
2. Coughanowr, D.R. and L.B. Koppel, 'Process Systems Analysis and Control, McGraw-Hill, New York, 1965.
3. Dorf, R., 'Time Domain Analysis and Design of Control Systems, Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1965.
4. Eckman, D.P., 'Automatic Process Control, John Wiley, New York, 1958.
5. G.E. Franks, Roger, 'Modeling And Simulation In Chemical Engineering,' John Wiley and Sons, 1972.
6. Gilbert, E.G., 'Controllability and Observability in Multivariable Control Systems,' J. SIAM Control, ser.A,1 (1963),pp.128-51.
7. Gupta, S.C., 'Transform and State Variable Methode in Linier Systems, New York, N.Y.: John Wiley and Sons, Inc., 1966.
8. Koppel, Lowell B. and Coughnower, Donald, R., 'Process Systems Analysis and Control', McGraw Hill Inc., 1965
9. Kuo B.C., 'Automatic Control Systems', Third edition, Prentice Hall, New Jersey, 1975.
10. Luyben , 'Process Modeling Simulation , and Control for Chemical Engineers.
11. Ogata, K., 'Modern Control Engineering, Printice-Hall, 1981.
12. Ogata , K., 'State Space Analysis of Control Systems, McGraw-Hill, 1967.
13. Peter Harriot, ' Process Control', McGraw-Hill, 1972.
14. Raven F.H., ' Automatic Control Engineering', Third edition, McGraw-Hill, New York, 1978.

15. Shinskey, F.G., ' Process Control Systems : Application Design and Adjustment, McGraw-Hill, New York, 1967.
16. Wills, D.M., ' Tuning maps for three-mode Controllers', 1962.

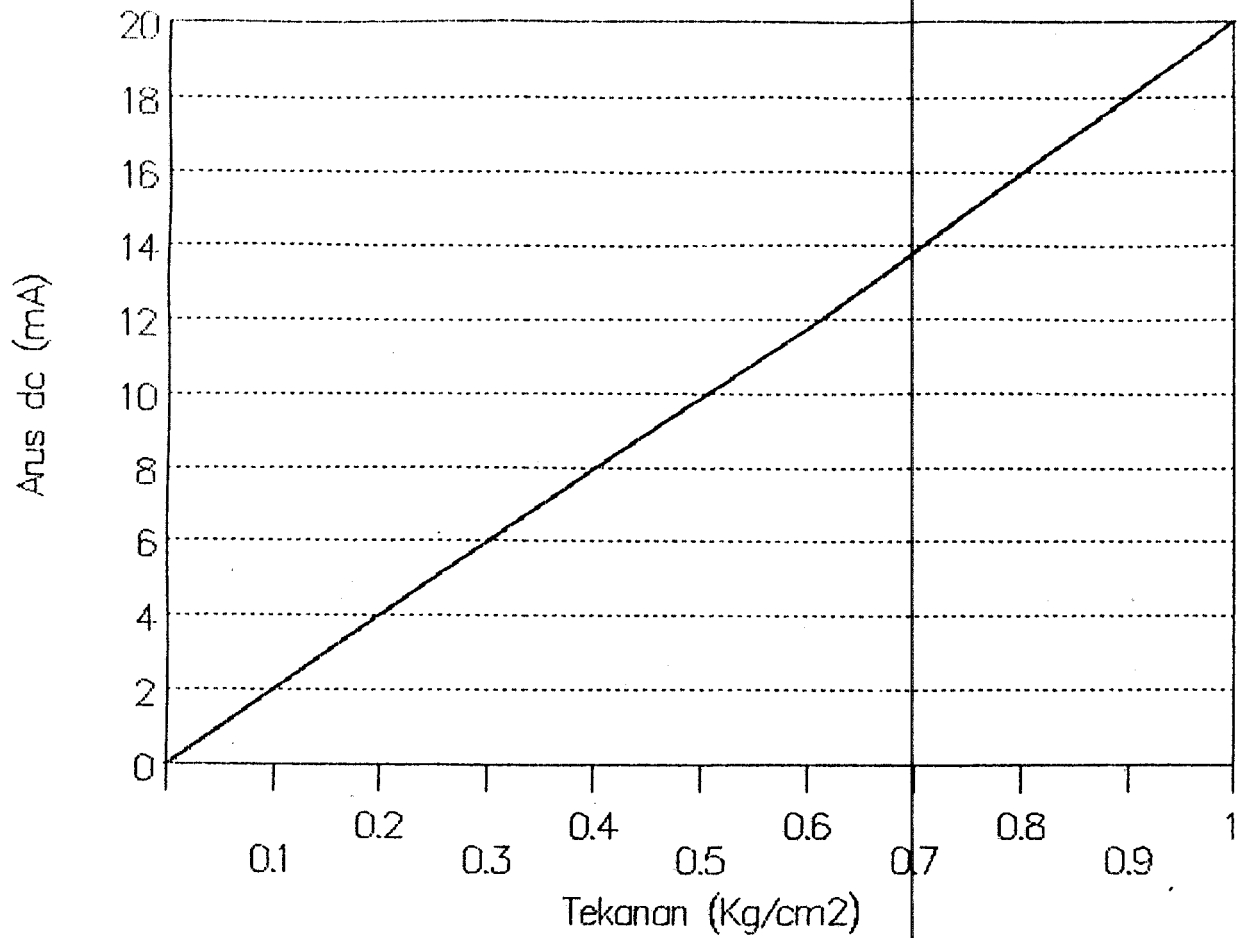
LAMPIRAN I

Konstanta-konstanta yang menyusun persamaan state diperoleh dari buku data dalam pabrik dan perhitungan dari hasil lapangan selama beroperasi.

1. Hubungan antara pH - arus dc dan pH - tegangan dc pada daerah disekitar titik kerjanya, serta inverter dari arus - tegangan, tegangan - arus dan arus - tekanan semuanya dapat di dekati dengan sistem linier dari persamaan regresinya, yang terdapat pada pH meter analyser, Converter, Indicating controller, Distributor, Converter current ke Pneumatik, yang kesemuanya merupakan pH transmitter.

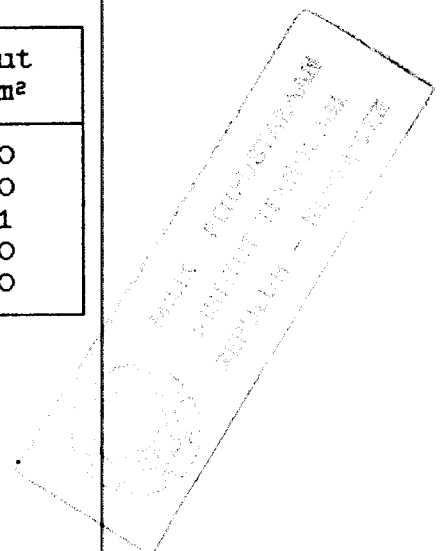


Persamaan regresi Converter Current to Pneumatik

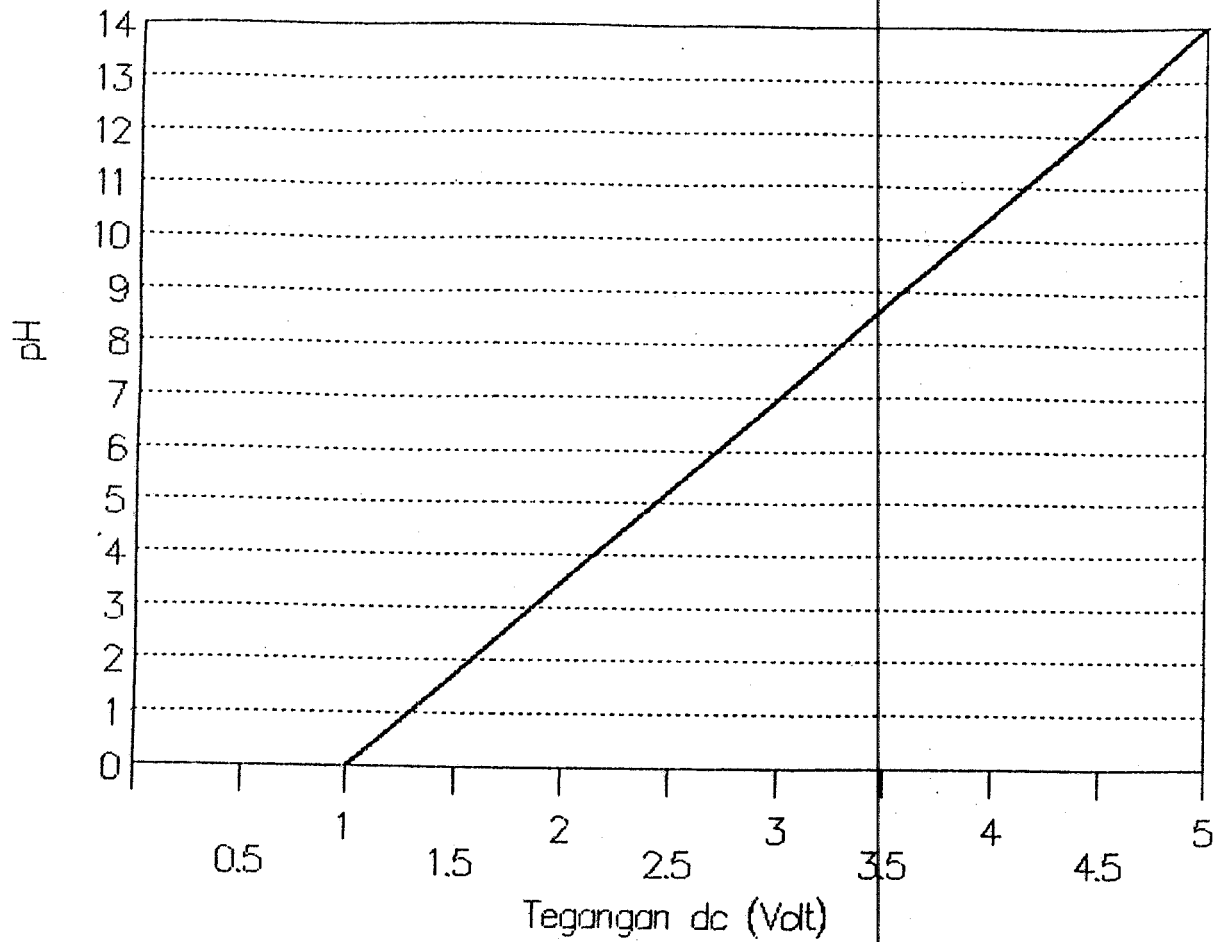


Converter current
to pneumatik

Input mA dc	Output kg/cm ²
4.0	0.20
8.0	0.40
12.0	0.61
16.0	0.80
20.0	1.00



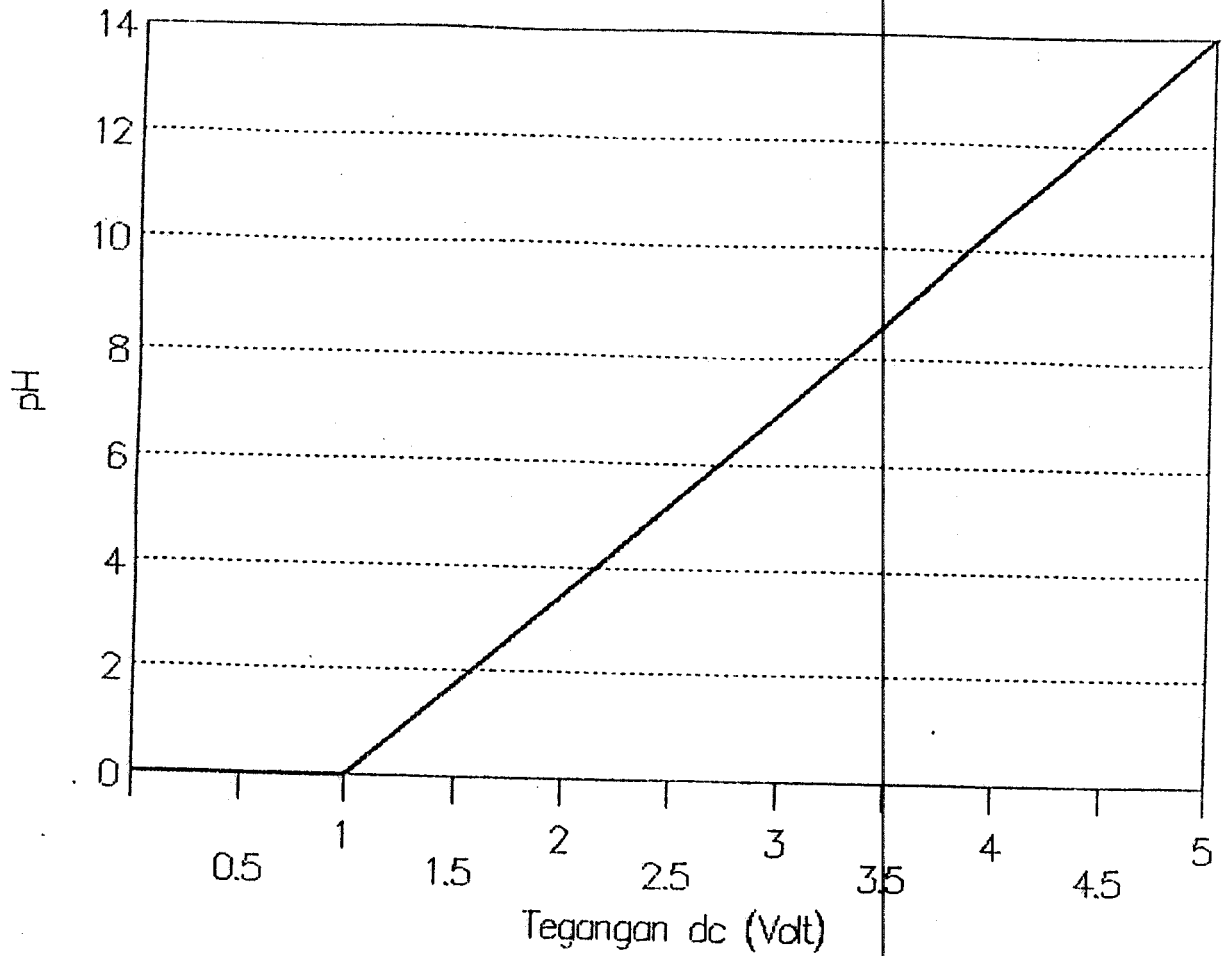
Persamaan Regresi Indicating Controller



Indicating controller

Input V dc	Output pH
1.0	0.0
2.0	3.5
3.0	7.0
4.0	10.5
5.0	14.0

Persamaan Regresi Rate Limiter

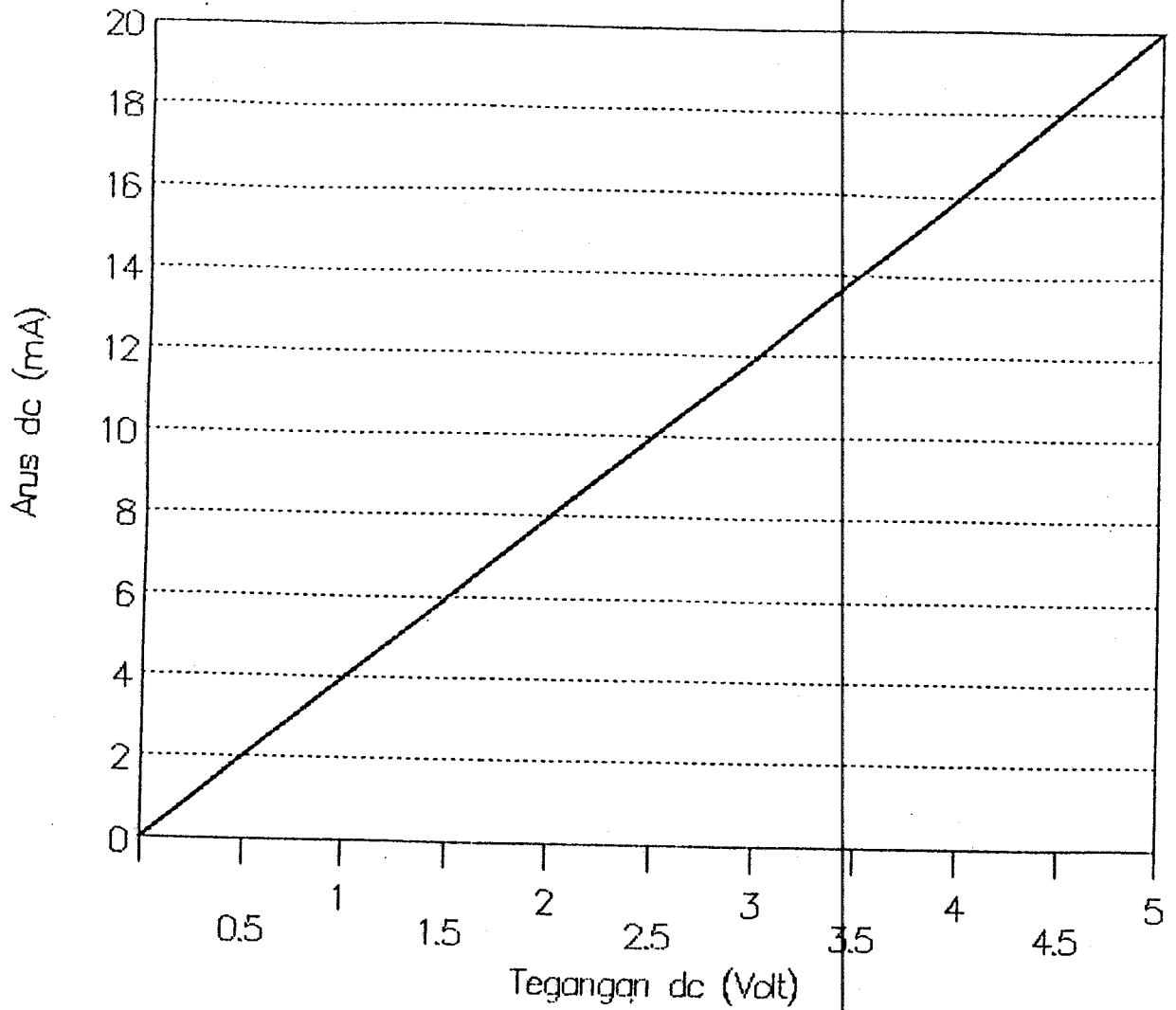


Rate limiter

Input V dc	Range pH
1.0	0.0
2.0	3.5
3.0	7.0
4.0	10.5
5.0	14.0

Persamaan Regresi

Distributor Arus vs tegangan



Distributor

Input mA dc	Output V dc
4.0	1.0
8.0	2.0
12.0	3.0
16.0	4.0
20.0	5.0

2. Data-data yang didapatkan dari pabrik pada operasi normal dengan pengamatan pada masing-masing unit pendukungnya adalah sebagai berikut :

Konsentrasi air laut , $C_b = 100\%$

Konsentrasi H_2SO_4 , $C_a = 98\%$

Massa jenis air laut , $\rho_b = 1.022$

Massa jenis H_2SO_4 , $\rho_a = 1.108$

Volume tangki pencampur, $V = 0.31428$ Ton

Temperatur air laut , $t_b = 30^\circ C$

Temperatur H_2SO_4 , $t_a = 30.3^\circ C$

Flow air laut , $F_b = 30$ Ton/jam

Flow H_2SO_4 , $F_a = 0.07$ l/menit

Flow keluaran tangki pencampur , $F_c = 30.07$ Ton/jam

Gain valve , $K_v = 0.5$

Gain flow H_2SO_4 , $K_a = 0.9$

Gain transmitter , $K_t = 1.05$

Gain kontroler , $K_c = 98$

Gain proses dalam tangki pencampur , $K_p = 0.05$

Konstanta flow air laut, $K_b = 0.92$

Konstanta waktu dari valve , $\tau_v = 0.1753$

Konstanta waktu dari transmitter , $\tau_t = 9.16e-2$

Konstanta waktu flow H_2SO_4 , $\tau_a = 0.5$

Konstanta waktu Integrator , $\tau_i = 30$

Konstanta waktu derivatife , $\tau_d = 0.23$

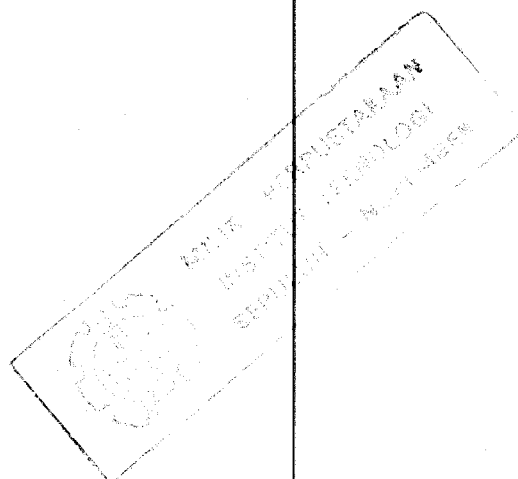
Konstanta waktu proses , $\theta_d = 0.5$

Konstanta waktu tenggang dalam tangki , $\tau_r = 35$

Diameter pipa aliran H_2SO_4 $\varnothing = 20$ mm

Diameter pipa aliran air laut $\varnothing = 100$ mm

Diameter pipa keluaran tangki pencampur $\varnothing = 100$ mm



LAMPIRAN II

```

PROGRAM EIGEN VALUE ;
  Uses dos, crt;
Const
  elvira = 0.5 ; indira = 1 ; revlon = 1.0e-9 ;
Type
  Abr = array [1..10,1..10] of real;
  Abd = array [0..10] of real;
Var
  X, Y, Z
  U, V, AA, BA, CA, D, E, F, G : Abr;
  H, I, J, K, L, M, N          : Abd;
  SAM, SU, DIN, NA             : integer;
  BE, ME, GE, KA, SR          : real;
  namafile                     : string[20];
  berkas                       : text;
  baca                         : integer;

Procedure baca_data;
begin
  k := 1 ; U[0] := 1; U[1] := 0;
begin
  clrscr;
  textcolor(3);
  gotoXY(20, 3); write('
  gotoXY(20, 4); write('
  gotoXY(20, 5); write('
  gotoXY(20, 6); write('
  gotoXY(20, 7); write('
  gotoXY(20, 8); write('
  textcolor(13);
  gotoXY(20, 10); write('
  gotoXY(20, 11); write('
  gotoXY(20, 12); write('
  gotoXY(20, 13); write('
  gotoXY(20, 14); write('
  gotoXY(20, 15); write('
  gotoXY(20, 16); write('
  textcolor(6); gotoXY(54, 14); readln(baca); writeln; writeln;
  if (baca <> 1) and (baca <> 2) then
    repeat until (baca in [1, 2]);
  if baca = 1 then
    begin
      write('orde sistem = '); readln(n);
      writeln;
      write('masukkan matriks sistem[X] : ');
      for i := 1 to n do begin
        for j := 1 to n do begin
          writeln; write('X[', i, ', ', j, ']= ');
          readln(X[i, j]); write(' ');
        end; writeln; end; end; clrscr;
    end;
  if baca = 2 then
    begin
      write('Nama file yang diproses : ');
      readln(namafile); writeln;
      assign(berkas, namafile);
      {$I-} reset(berkas) {$I+}; textcolor(10);
      if ioreult <> 0 then begin
        writeln('^E^E^E, 'Tidak ada file ', '***' , namafile);
        halt; end;
    end;
end;

```

```

        while not eof (berkas) do begin
read(berkas,n);
  for i:=1 to n do
    for j:=1 to n do
      read(berkas,X[i,j])
    end;end;
    writeln;
    textcolor(10);
gotoXY(30,2);write ('
gotoXY(30,3);write ('
gotoXY(30,4);write ('
writeln; writeln;
  for i:=1 to n do begin
    for j:=1 to n do begin
      write (X[i,j]:20:9); write(' '); end;
      writeln;writeln;
    end;
    writeln;
    end;
  begin
    for i:=1 to n do
      begin
        for j:=1 to n do
          begin
            if i=j then
              Y[i,j] := 1
            else
              Y[i,j] := 0;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
end; end;

Procedure cetak_hasil;
begin
  begin
    textcolor(7);
    writeln ('
    writeln ('
    writeln ('
    writeln ('
    writeln ('
    writeln ('
    writeln ('
    writeln ('
    M := M + 1 ;
    for i := 1 to m do
      begin
        write (D[i]:33:17,F[i]:24:17);writeln;
        write (E[i]:33:17,G[i]:24:17);writeln;
        end;
        if (n mod 2) <> 0 then
          begin
            write (D[m+1]:33:17,F[m+1]:24:17);writeln;writeln;
          end;
        end;
      end;
    end;

Procedure pers_karakter;
label 1;
begin
b1:
  for i := 1 to n do
    begin
      for j:=1 to n do

```

MATRIKS SISTEM :

EIGEN VALUE MATRIKS SISTEM

BAGIAN REAL	BAGIAN IMAJINIR
-------------	-----------------


```

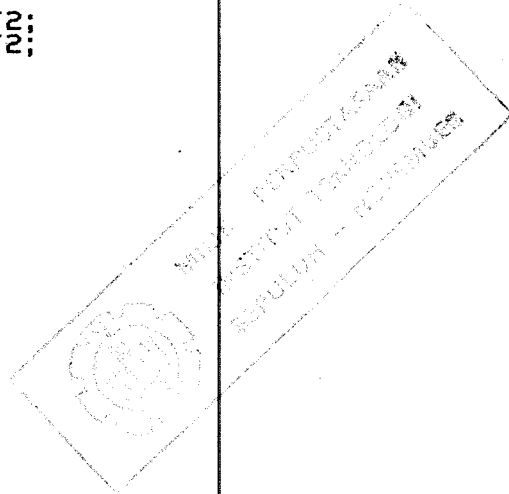
begin
  Z[i,j] := 0;
  for L:=1 to n do
    begin
      Z[i,j] := Z[i,j] + Y[i,L] * X[L,j]
    end ; end ; end;
  for i:=1 to n do
    begin
      for j:=1 to n do
        begin
          Y[i,j] := Z[i,j];
        end; end;
      V[k]:=0;
      for i:=1 to n do
        begin
          V[k] := V[k] + Z[i,1]
        end;
      U[k] := 0;
      for L:=1 to k do
        begin
          U[k] := U[k] + U[k-L] * V[L];
        end;
      U[k] := (-1/k) * U[k];
      k := k + 1;
      if k <= n then goto 1;
      begin
        for i:=0 to n do
          begin
            AA[i] := U[i];
          end ; end;
        writeln; writeln;
        writeln (' PERSAMAAN KARAKTERISTIK DARI MARIKS SISTEM ');
        writeln (' ');
        writeln;
        for L:=0 to (n-1) do
          begin
            write (U[L];9:5);
            write (' s,(n-L));
            write (' + ');
            if (L = 3) or (L = 7) then
              begin
                writeln; writeln;
              end; end;
            write (U[n];9:5);
            write (' = 0 ');
          end;
        writeln; writeln;
      end;
      Procedure root;
      label 2,3,4,5;
      begin
        M := 1 ;
        L := n ;
        H := 1 ;
      2:
        BE := elvira;
        ME := indira;
        D[m] :=0 ; F[m] :=0 ;
        E[m] :=0 ; G[m] :=0 ;
      3:
        BA[0] := AA[0];
        BA[1] := AA[1] - BE ;
        BA[2] := AA[2] - BE * BA[1] - ME ;
      for k:=3 to L do

```

```

begin
  BA[k] := AA[k] - BE * BA[k-1] - ME * BA[k-2]
end;
CA[0] := AA[0];
CA[1] := BA[1] - BE ;
CA[2] := BA[2] - BE * CA[1] - ME ;
for k:=3 to (L-1) do
  begin
    CA[k] := BA[k] - BE * CA[k-1] - ME * CA[k-2]
  end;
SAM := CA[L-1] - BA[L-1];
SU := CA[L-2] * CA[L-2] - SAM * CA[L-3];
DIN:= ( BA[L-1] * CA[L-2] - BA[L] * CA[L-3] ) / SU;
NA:= ( BA[L] * CA[L-2] - BA[L-1] * SAM ) / SU;
BE := BE + DIN ;
ME := ME + NA ;
GE := BA[L-1] ;
KA := BA[L] + BE * BA[L-1] ;
H := H + 1;
if H>1.0e+9 then
  begin
    writeln('^E^E^E, 'Akar-akar karakteristik tidak ada !!!');
    halt;
  end;
if abs(GE) > revlon then goto 3;
if abs(KA) > revlon then goto 3;
  SR := sqr(BE) - 4*ME;
if SR < 0 then goto 4;
  D[m] := (-BE + sqrt(SR))/2;
  E[m] := (-BE - sqrt(SR))/2;
  goto 5 ;
4 :
  SR := - SR;
  D[m] := -BE/2 ; F[m] := sqrt(SR)/2;
  E[m] := -BE/2 ; G[m] := -sqrt(SR)/2;
5 :
  M := M + 1 ;
  L := L - 2 ;
  for i := 0 to n do
    begin
      AA[i] := 0;
    end;
  D[m] := 0 ; F[m] := 0 ;
  E[m] := 0 ; G[m] := 0 ;
  for i := 0 to L do
    begin
      AA[i] := BA[i];
    end;
  if L = 1 then
    begin
      D[m] := -AA[1]/AA[0];
    end;
  if L > 1 then goto 2;
end;
begin
  baca_data;
  pers_karakter;
  writeln;
  writeln('DO NOT DISTURB !!!');
  writeln;
  root;
  cetak_hasil;
end.

```



LAMPIRAN III

Program Simulasi;

Uses Crt, dos, graph3;

Type

```
Matrix1 = array [0..6] of real ;
Matrix2 = array [0..6, 0..6] of real;
Matrix3 = array [0..1100, 0..6] of real;
Matrix4 = array [0..1100] of real;
```

Var

```
Left, Right, Bott, Top, Kol, Brs      : integer;
A, B                                  : Matrix2
A1, B1, K1, K2, K3, K4, Z            : Matrix1
X, X1, DX, U                          : Matrix1
L                                      : Matrix3
T2                                     : Matrix4
I, J, K, M, N, V, D, P, Q           : integer
Y, P1, Q1, R                          : integer
BA, BB, C, H, T, T1, SX, SY         : real
Baca, Z1                               : integer
R1, S, S1                             : real
Berkas                                 : text
Nama file                             : string[21] ;
Gambar                                 : string[20] ;
```

Procedure block;

begin

```
Kol:=Left; Brs:=Top; gotoXY(Kol, Brs); write(' ');
Kol:=Left+1; Repeat gotoXY(Kol, Brs); write('*');
Kol:=Kol+1; until Kol=Right; gotoXY(Kol, Brs);
write('<'); Brs:=Top+1; Repeat gotoXY(Kol, Brs);
write('$'); Brs:=Brs+1; until Brs=Bott;
gotoXY(Kol, Brs); write('<'); Kol:=Right-1;
Repeat gotoXY(Kol, Brs); write('*'); Kol:=Kol-1;
until Kol=Left; gotoXY(Kol, Brs); write('>'); Brs:=Brs-1;
Repeat gotoXY(Kol, Brs); write('$'); Brs:=Brs-1;
until Brs=Top; end;
```

Procedure Sar;

begin

```
Textcolor(14); Textbackground(13); Repeat Block;
Left:=Left-3; Right:=Right+3; Top:=Top-1;
Bott:=Bott+1; until Top=1;
```

end;

Procedure Tampil;

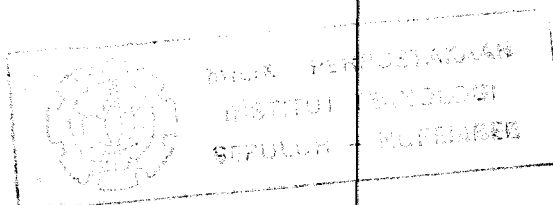
begin

```
Textbackground(9); clrscr;
Left:=35; Right:=45; Top:=10; Bott:=15; Sar;
Textcolor(14); Textbackground(0);
gotoXY(20, 6); write(' ');
gotoXY(20, 7); write(' ');
gotoXY(20, 8); write(' ');
gotoXY(20, 9); write(' ');
gotoXY(20, 10); write(' ');
gotoXY(20, 11); write(' ');
gotoXY(20, 12); write(' ');
gotoXY(20, 13); write(' ');
gotoXY(20, 14); write(' ');
gotoXY(20, 15); write(' ');
gotoXY(20, 16); write(' ');
gotoXY(20, 17); write(' ');
gotoXY(20, 18); write(' ');
gotoXY(20, 19); write(' ');
gotoXY(20, 20); write(' ');
Textcolor(14); Textbackground(13); Left:=20; Right:=60; Top:=5;
```

```

Bott:=20;Block;Textcolor(2+Blink);
gotoXY(5,23);write('Press space bar to main program ');
Repeat until keypressed; Textcolor(12);Textbackground(0);
end;
Procedure Baca_data ;
begin
  clrscr ;
  for I := 0 TO 6 do begin
    UII := 0 ; XII := 0 ;
  for J := 0 TO 6 do begin
    AII, JI := 0 ; BII, JI := 0 ;
  end; end;
  for I := 1 TO 1100 do begin
    LII, JI := 0; end; writeln ;Textcolor(11);
gotoXY(17,1);write('
gotoXY(17,2);write(' DATA BISA DIBaca DARI -1. KEYBOARD
gotoXY(17,3);write(' 2. FILE
gotoXY(17,4);write('
gotoXY(17,5);write('
gotoXY(17,6);write(' ANDA PILIH YANG MANA ? (1/2):
gotoXY(17,7);write('
gotoXY(17,8);write('
gotoXY(17,9);write('
gotoXY(42,8);readln(Baca);writeln;writeln;
  if (Baca > 1) AND (Baca <> 2) then
    Repeat until (Baca IN[1,2]) ;
  if Baca = 1 then
    begin
write('ORDER SISTEM = ');readln(N); writeln ;Textcolor(14);
gotoXY(22,10);write ('
gotoXY(22,11);write (' MASUKKAN MATRIKS SISTEM [A]:
gotoXY(22,12);write ('
  for I := 1 TO N do begin
  for J := 1 TO N do begin
    writeln;write('A[' , I , ' , ' , J , ' ] = ');
    read (AII, JI) ; write (' ');
    end ;end; clrscr;
    write ('banyaknya input = ');
    readln (M); write (' '); write;Textcolor(5);
gotoXY(22,2);write ('
gotoXY(22,3);write (' MASUKKAN MATRIKS INPUT :
gotoXY(22,4);write ('
  for I := 1 TO N do begin
  for J := 1 TO M do begin
    writeln;write('B[' , I , ' , ' , J , ' ] = ');
    read(BII, JI) ; write (' ');end;end;Textcolor(6);
gotoXY(22,8); write('
gotoXY(22,9); write(' MASUKKAN VEKTOR INPUT :
gotoXY(22,10);write('
  for I := 1 TO M do begin
    writeln;write('U[' , I , ' ] = ');
    read (UII) ; write (' '); end;end;
  if Baca = 2 then
    begin
writeln;Textcolor(14);
gotoXY(22,10);write ('
gotoXY(22,11);write (' DATA DIAMBIL DARI FILE :
gotoXY(22,12);write ('
gotoXY(17,13);write ('
gotoXY(17,14);write (' NAMA FILE YANG BERISI DATA :
gotoXY(17,15);write ('
gotoXY(48,14);readln (Nama file) ; writeln;writeln;
assign(Berkas, Nama file);{$I-} reset(Berkas) {$I+};
  if IOResult <> 0 then
    begin
writeln(^E^E, 'Tidak ada file **** ', Nama_file);

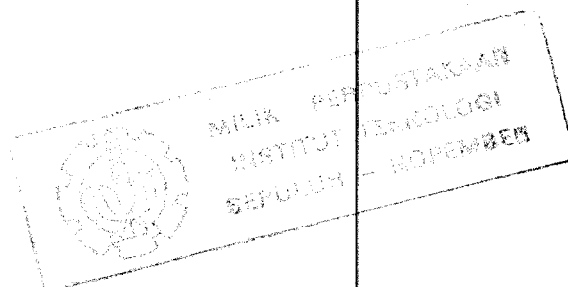
```



```

halt; end; While not eof (Berkas) do begin
read(Berkas,N);
for I := 1 TO N do begin
for J:= 1 TO N do begin
read(Berkas,A[I,J]); end; end;
read(Berkas,M);
for I:= 1 TO N do begin
for J:= 1 TO M do begin
read(Berkas,B[I,J]); end; end;
for I:= 1 TO M do
read(Berkas,U[I]); end; CLOSE(Berkas);end;
writeln; write('Output yang ditampilkan di layar ');
readln(Y); writeln; write('yaitu: ');
for I:= 1 TO Y do begin
write('X'); read(Z[I]); write(' '); end;
gotoXY(21,17);write('
gotoXY(21,18);write('
gotoXY(21,19);write('
gotoXY(21,20);write('
gotoXY(21,21);write('
gotoXY(48,18);readln(BB);gotoXY(48,19);readln(BA);
gotoXY(48,20);readln(H);writeln;writeln;
writeln('do not disturb !!!!!!!!!!!!!');
D := trunc((BA-BB)/H);end;
Procedure Cetak_hasil;
Label okey;
begin
writeln; write('T');
for I:= 1 TO Y do
begin
Z1 :=Round(Z[I]);
write('
end ; writeln; writeln;
for I:= 1 TO D do
begin
write(T2[I]:3:3);
for J:= 1 TO Y do
begin
Z1 := ROUND(Z[J]);
write('
end; writeln;end;writeln;writeln;
write('PERLU DIGambar ? [Y/T] '); readln(Gambar);
if (Gambar = 'y') OR (Gambar = 'Y') then
begin
OKEY :
clrscr;
write('Output yang digambar adalah (X1,X2,...): X');
readln(Z1); writeln;
write('Input referensinya adalah (U1,U2,...): U');
readln(Y); writeln ; writeln;
write('T'); write('
writeln; writeln;
for I:= 1 TO D do
begin
write(T2[I]:3:3);
write('
writeln; end; writeln;writeln;
write('skala sumbu X = ');
readln(SX) ;
R1 := (SX*BA); writeln;
write('skala sumbu Y = ');
readln(SY) ;
S := (SY*L[D,Z1]); S1 := (SY*L[1,Z1]);
writeln;
clrscr;Hires;hirescolor(1);graphwindow(0,0,639,199);
for I:= 16 TO 182 do begin

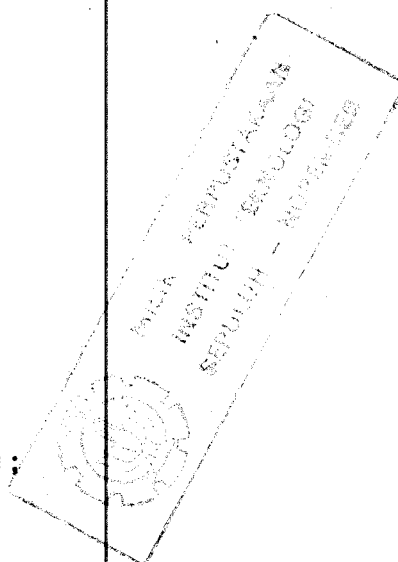
```



```

    plot(10, I, 1); plot(610, I, 1); end;
  for I:= 10 TO 610 do begin
    plot(I, 16, 1); plot (I, 182, 1); end;
    R := trunc(SX*U[Y]);
  for I:= 10 TO 610 do begin
    plot(I, 100-R, 1); end;
  for J:= 2 TO D do begin
    P:= trunc(SY*LI[(J-1), Z1]); P1:= trunc(SY*LI[J, Z1]);
    Q:= trunc(SX*(J-1)); Q1:= trunc(SX*J);
    draw(10+Q, 100-P, 10+Q1, 100-P1, 7);
    end;
  Repeat until keypressed;
  write('mau menggambar yang lain? (Y/T)');
  readln(Gambar);
  if (Gambar = 'y') OR (Gambar = 'Y') then goto okey;
  end ; end;
  Procedure Hitung ;
  Label Loop;
  begin
    T1 := BB; V := 1;
    for I:= 1 TO N do
      X[I] := 8.3;
  Loop:
    T := T1 ; T2[V] := T;
    for I:= 1 TO N do begin
      L[V, I] := X[I]; end;
    for I:= 1 TO N do begin
      A1[I] := 0; B1[I] := 0;
      for K := 1 TO N do begin
        A1[I] := A1[I] + A[I, K]*X[K];
        B1[I] := B1[I] + B[I, K]*U[K];
      end; K1[I] := H*(A1[I] + B1[I]); end;
    T := T+H/2 ;
    for I:= 1 TO N do begin
      X1[I] := X[I] + 0.5*K1[I];
      A1[I] := 0 ; B1[I] := 0 ;
      for K := 1 TO N do begin
        A1[I] := A1[I] + A[I, K] * X1[K];
        B1[I] := B1[I] + B[I, K] * U[K];
      end; K2[I] := H*(A1[I]+B1[I]); end;
    for I:= 1 TO N do begin
      X1[I] := X[I] + 0.5*K2[I] ;
      A1[I] := 0 ;
      for K := 1 TO N do begin
        A1[I] := A1[I] + A[I, K] * X1[K];
      end; K3[I] := H * (A1[I] + B1[I]) ; end;
    T := T + H/2;
    for I := 1 TO N do begin
      X1[I] := X[I] + K3[I] ;
      A1[I] := 0; B1[I] := 0;
      for K := 1 TO N do begin
        A1[I] := A1[I] + A[I, K] * X1[K];
        B1[I] := B1[I] + B[I, K] * U[K];
      end; K4[I] := H*(A1[I] + B1[I]); end;
    for I := 1 TO N do begin
      DX[I] := 1/6 * (K1[I] + 2*K2[I] + 2*K3[I] + K4[I]) ;
      X[I] := X[I] + DX[I] ; end;
      T1 := T1 + H ; V := V + 1 ;
      if T < BA then goto loop
    end;
  begin
    Tampil;
    Baca_data ;
    Hitung;
    Cetak_hasil;
  end.

```

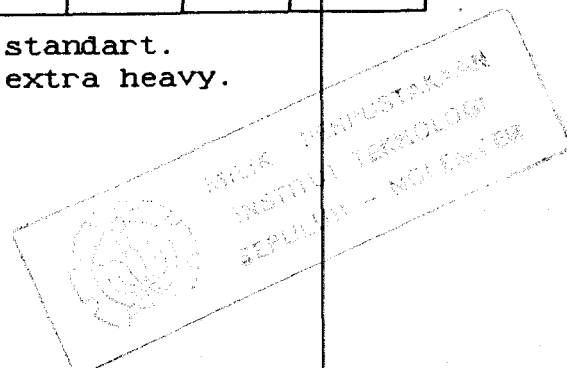


LAMP IRAN IV

TABEL DIMENSI PIPA BAJA

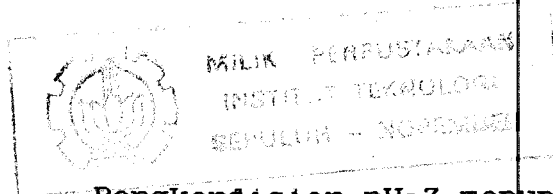
Nominal pipe size, IPS, in.	OD, in.	Schedule No.	ID, in.	Flow area per pipe, in. ³	Surface per lin ft, ft. ³ /ft.		Weight per lin ft, lb steel.
					Outside	Inside	
1/8	0.405	40 *	0.269	0.058	0.106	0.070	0.25
		80 @	0.215	0.036		0.056	0.32
1/4	0.540	40 *	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80 @	0.302	0.072		0.079	0.54
2/5	0.675	40 *	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80 @	0.423	0.141		0.111	0.74
1/2	0.840	40 *	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80 @	0.546	0.235		0.143	1.09
3/4	1.050	40 *	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80 @	0.742	0.432		0.194	1.48
1	1.320	40 *	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80 @	0.957	0.718		0.250	2.17
1 1/4	1.660	40 *	1.380	1.500	0.435	0.362	2.28
		80 @	1.278	1.280		0.335	3.00
1 1/2	1.900	40 *	1.610	2.040	0.498	0.422	2.72
		80 @	1.500	1.760		0.393	3.02
2	2.380	40 *	2.067	3.350	0.622	0.542	3.66
		80 @	1.939	2.950		0.508	5.03
2 1/2	2.880	40 *	2.469	4.790	0.753	0.647	5.80
		80 @	2.323	4.230		0.609	7.67
3	3.500	40 *	3.068	7.380	0.917	0.804	7.58
		80 @	2.900	6.610		0.760	10.30
4	4.500	40 *	4.026	12.700	1.178	1.055	10.80
		80 @	3.826	11.500		1.002	15.00
6	6.625	40 *	6.065	28.900	1.734	1.590	19.00
		80 @	5.761	26.100		1.510	28.60
8	8.625	40 *	7.981	50.000	2.258	2.090	28.60
		80 @	7.625	45.700		2.000	43.40
10	10.75	40 *	10.02	78.800	2.814	2.620	40.50
		60	9.75	74.600		2.550	54.80
12	12.75	30	12.09	115.00	3.338	3.170	43.80
14	14.00	30	13.25	138.00	3.665	3.470	54.60
16	16.00	30	15.25	183.00	4.189	4.000	62.60
18	18.00	20 ^	17.25	234.00	4.712	4.520	72.70
20	20.00	20	19.25	291.00	5.236	5.050	78.60
22	22.00	20 ^	21.25	355.00	5.747	5.560	84.00
24	24.00	20	23.25	425.00	6.283	6.090	94.70

- * Commonly known as standart.
- @ Commonly known as extra heavy.
- ^ Approximately.



USULAN TUGAS AKHIR

- A. JUDUL : STUDI PENGKAJIAN SISTEM PENGATURAN
PH DESALINATION PLANT UNIT I-II
DI PLTU GRESIK
- B. RUANG LINGKUP : - Sistem Pengaturan Proses
- Sistem Pengaturan Linier
- C. LATAR BELAKANG : Air distilasi merupakan bagian
dari proses yang sangat penting
untuk menghasilkan steam yang
diharapkan dengan kandungan pH
yang tertentu. Air distilasi ini
diharapkan kadar pH = 7 yang
merupakan pH air normal.
Pengaturan pH yang tidak baik ini
menyebabkan produksi air distilasi
terganggu, baik dalam jumlah
maupun dalam kualitas. Naiknya pH
(diatas 7) menyebabkan pergerakan
pada instalasi Desalination plant,
turunnya pH dapat menyebabkan
korosif pada material.
Hal ini terlihat dengan tingginya
kadar besi pada air distilasi.



Pengkondisian pH=7 merupakan hal yang cukup rumit karena adanya faktor-faktor yang bervariasi, diantaranya : kondisi pH air laut dan asam sulfat (H_2SO_4)

Untuk mendapatkan kondisi operasi yang stabil, maka perlu dilakukan pengaturan pada Desalination plant.

D. PENELAAHAN STUDI : Langkah pertama untuk menganalisa suatu sistem dinamik adalah mencari model matematik yang dapat menggambarkan suatu karakteristik dinamis dari sistem tersebut. Untuk mendapatkan model matematik dari pengaturan Desalination Plant Unit I-II ini, maka harus mempelajari konstruksi sistem pengaturan pH, baik konstruksi mekanik maupun sistem pengaturan pH-nya, serta mempelajari karakteristik reaksi dengan sifat-sifatnya dalam kaitannya dengan perubahan pH. Dalam hal ini akan dilakukan pendekatan sistem linier. Karena sistem ini merupakan sistem multi

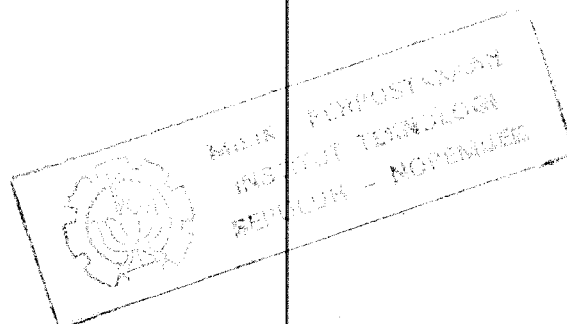
input dan multi output (MIMO), maka model matematik dari sistem disusun dalam bentuk persamaan state. Dengan persamaan state ini kita akan mendapatkan variabel-variabel proses. Persamaan state yang diperoleh kemudian dianalisa kestabilannya.

E. TUJUAN : Mengkaji Karakteristik dan mencari kemungkinan pemecahannya dari Sistem Pengaturan pH Desalination Plant Unit I-II di PLTU GRESIK.

F. RELEVANSI : Memberikan suatu informasi serta kemungkinan penyempurnaan sistem Pengaturan pH Desalination Plant Unit I-II di PLTU GRESIK.

G. LANGKAH-LANGKAH :

1. Studi Literature
2. Pengukuran dan Percobaan
3. Pengumpulan dan Pengolahan Data
4. Analisa Dinamik
5. Simulasi
6. Pembuatan Naskah Tugas Akhir



H. JADWAL KEGIATAN :

WAKTU KEGIATAN	B U L A N					
	I	II	III	IV	V	VI
1	|||||	|||||				
2	|||||	|||||	|||||			
3		|||||	|||||	|||||		
4			|||||	|||||		
5						|||||
6					|||||	|||||