

DESAIN SISTEM INSTRUMENTASI PROSES DISTILASI FRAKSINASI BATCH BERBASIS KENDALI SUHU

Muhammad Arman¹, Agus Prasetya², Sihana³

¹Politeknik Negeri Bandung

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

³Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

*Correspondence : arman_muh@yahoo.com

Abstract

Distillation column is a column that is widely used in both large industry and small and medium industries. Use of distillation column on small and medium industries such as the distillation of essential oils. In the subsequent use of the distillation column used for purification or further process to obtain a higher quality product in the form of multistage distillation. In the process of multistages distillation, temperature is an important component in the process, because of that controls the temperature has an important role. Temperature controllers available today are manual, which causes frequent inaccuracy of the distillation process, resulting in low product quality. Therefore automatic temperature control is required.

In this thesis, instrumentation system of fractionation distillation process based of temperature control are designed. The design process notice the six important point temperature in the distillation process, using a thermocouple as a temperature sensor, and LM35 as the cold junction temperature, the 6218 USB as Data Acquisition Board, and the software LABVIEW 2010.

The instrumentation system programming, displays the temperature from time to time at intervals of one second, the temperature statistics (min, max and average) as well as measurement results table. The program also features a choice (shaped slider) to set the temperature for a flexible batch process. The response characteristics of the instrumentation system is less than one second, both in displaying measured data, response indicator, display graphs, and data tables. The instrumentation system is also designed to regulate the flow rate of the cooling water and container replacement indicator for each product distillation.

History:

Received: March 5, 2014

Accepted: November 26, 2014

First published online:

December 30, 2014

Keywords:

column distillation
fractionation
instrumentation systems
temperature control

1. Pendahuluan

Kolom Distilasi merupakan komponen proses yang penting baik dalam industri besar seperti penyulingan minyak bumi dan gas, sampai industri menengah dan kecil seperti industri minyak atsiri, industri alkohol. Biasanya kolom distilasi ini disebut menara distilasi. Secara umum terdapat 2 jenis menara distilasi ini yaitu : (1) menara distilasi tipe bertingkat, menara ini terdiri dari banyak piringan yang memungkinkan kesetimbangan terbagi-bagi dalam setiap piringannya dan (2) menara distilasi tipe kontinyu yaitu menara distilasi dimana keseimbangan fasa gas dan cair terjadi sepanjang kolom.

Dalam lingkungan industri kecil dan menengah misalnya minyak atsiri, kolom distilasi merupakan komponen penting dalam proses pembuatan minyak atsiri, sehingga pemahaman dan penggunaan kolom distilasi menjadi penting.

Perkembangan kebutuhan dunia akan minyak atsiri saat ini cukup tinggi, ekspor minyak atsiri Indonesia tahun 2007 sebesar 4.857.630 kg yang naik dari tahun 2006 yang besarnya 4.618.683 kg (Trubus, 2009). Perkembangan kebutuhan ini terus meningkat seiring dengan perbaikan ekonomi, perubahan pola hidup dan kesadaran akan kesehatan.

Minyak atsiri juga dikenal sebagai minyak terbang. Proses produksi minyak atsiri tersebut diantaranya dengan menggunakan proses penyulingan (distilasi), proses ekstraksi dan pengepresan. Teknik yang lain dalam memperoleh minyak atsiri adalah : deterpenasi, *moleccular distillation* dan ekstraksi fluida super kritis.

Saat ini terdapat beberapa sentra produksi minyak atsiri di Indonesia di antaranya di Garut, Subang Jawa Barat, Yogyakarta, Purwokerto Jawa Tengah, Blitar Jawa Timur. Wilayah-wilayah lain di Indonesia yang memiliki potensi yang besar dalam produksi minyak atsiri lain misalnya Sumatera Barat, Sumatera Utara, Daerah Istimewa

Aceh, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara dan beberapa lokasi baru di Maluku dan Nusa Tenggara hal ini disebabkan karena lokasi geografis yang mendukung dan secara tradisional sudah memiliki tanaman bahan baku yang melimpah seperti cengkeh, pala, kayu manis, nilam dan rempah-rempah lainnya.

Tingginya tuntutan akan kualitas minyak atsiri menuntut pula tingginya kualitas proses produksi yang juga berakibat akan pentingnya kualitas alat dan kualitas proses produksi. Kualitas alat dan kualitas proses produksi selanjutnya akan mempengaruhi kualitas minyak atsiri yang dihasilkan.

Dalam upaya peningkatan kualitas minyak atsiri, pemurnian minyak atsiri diperlukan dengan menggunakan proses distilasi fraksionasi, yaitu proses distilasi dengan memperhatikan titik didih setiap komponen penyusunnya. Dalam kolom distilasi fraksionasi, komponen penyusun yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu baru kemudian disusul oleh komponen yang memiliki titik didih yang lebih tinggi.

Contoh lain yang menggunakan sistem distilasi adalah pemurnian alkohol, industri minyak, pembuatan bir, pemisahan air dan methanol, industri petrokimia, proses *coal tar*, industri minyak wangi. Pemanfaatan sistem distilasi ini tersebar luas dari sistem sederhana di industri kecil sampai dengan industri besar seperti minyak dan gas bumi.

Alat penting dalam sistem penyulingan adalah kolom distilator, namun dari pengamatan yang ada, alat-alat ini hanya dilengkapi dengan indikator proses yang sederhana. Indikator proses ini menjadi bagian yang penting dalam kualitas alat dan kualitas proses produksi. Indikator proses ini antara lain adalah indikator temperatur, indikator tekanan dan indikator ketinggian cairan. Indikator proses yang ada saat ini adalah manual dan bersifat analog dan hanya dapat dibaca sewaktu-waktu. Indikator proses ini

dalam bahasa yang sederhana disebut instrument atau alat ukur.

Dalam pengembangan lebih lanjut dikenal konsep akuisisi data (*data acquisition*), dimana alat ukur yang ada diberikan kemampuan lebih dengan memberikan kemampuan mengukur secara otomatis, dalam interval waktu yang lebih panjang, dan waktu sampling tertentu. Selain itu sistem akuisisi data juga memiliki kemampuan mencatat (*record*) data, mengolah dan menampilkan data yang diukur.

Dalam proses penyulingan minyak atsiri dan campuran lain, kolom distilator dapat diamati dari waktu ke waktu dan dapat dilakukan secara otomatis maka diperlukan suatu proses akuisisi data. Dalam kerangka ini proses yang terjadi dalam kolom distilasi adalah temperatur, tekanan dan ketinggian cairan.

Proses pencatatan data selanjutnya dapat digunakan dalam optimasi dan pengendalian proses. Pengendalian proses yang ada dapat bermacam-macam bentuk tergantung kebutuhan yang ada, misalnya pengendalian laju aliran secara otomatis, namun juga dapat berbentuk kendali manual berupa indikator dimana manusia dapat mengambil tindakan untuk sesuai dengan kebutuhan setelah indikator memberikan tanda. Dalam proses penyulingan minyak atsiri menggunakan kolom distilasi, temperatur merupakan indikator penting baik sebagai indikator proses maupun sebagai sinyal kendali oleh karena itu pada publikasi ini akan dibuat Desain Sistem Instrumentasi Proses Distilasi Kolom Dengan Fraksinasi Batch Berbasis Kendali Suhu.

2. Pustaka

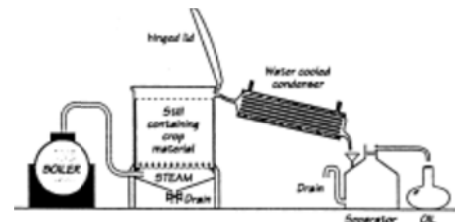
Studi tentang sistem instrumentasi dalam kaitan dengan kolom distilasi antara lain disebutkan oleh He Huang (.....) tulisannya memberikan gambaran sekilas tentang proses akuisisi data pada suatu kolom distilasi, namun lebih memberikan penekanan pada sistem thermogravimetri. Rubio (2002) dengan *New Model For Computer Assisted Solar Distillation Research*, memberikan beberapa catatan dalam merancang suatu model untuk riset kolom distilasi dengan bantuan komputer, sementara Choirudin (2005) dengan *Sistem Monitoring Suhu Berbasis Web Dengan Akuisisi Data Melalui Port Paralel PC*, memberikan gambaran tentang proses akuisisi data dan tampilannya di halaman WEB namun tidak menyebutkan secara spesifik plant yang digunakan. Murod (2005) dengan *Perancangan Sistem Akuisisi Data Menggunakan Masukan Soundcard*, menuliskan cara merancang sistem akuisisi data dengan menggunakan *soundcard* yang saat itu banyak tersedia pada *Personal Computer*. Moraru (2007) dengan *Developments for "Virtual" Monitoring and Process Simulation of the Cryogenic Pilot Plant*, menggambarkan proses pembuatan monitoring virtual dan simulasi proses pada proses kriogenik. Aditya (2009) telah mengintegrasikan proses akuisisi data temperatur ruangan dengan berbagai keadaan, Arman (2010) juga telah menyebutkan proses akuisisi data temperatur secara *portable* dengan menggunakan perangkat lunak LABVIEW 8.5. Ishak (2010) menuliskan tentang *Effect of Temperature on Vapor Liquid Equilibrium of MTBE-Methanol Mixtures*.

Penelitian lain yang berkaitan dengan proses distilasi minyak atsiri diantaranya dilakukan oleh Gimán (2005) yang menuliskan tentang pengaruh suhu dan jumlah destilat, dan menyebutkan adanya proses transient dalam proses distilasi. Proses pengambilan data pada penelitian Gimán (2005) adalah 15 menit. Yunus (2006) melakukan pengukuran temperatur di beberapa titik kolom distilasi dengan selang waktu 30 menit secara manual.

Penelitian dalam tesis ini memiliki keunikan dalam hal desain sistem instrumentasinya, karena dilakukan proses desain sistem instrumentasi pada kolom distilasi dengan basis kendali temperatur, yang lebih spesifik lagi menggunakan sistem digital dan pemanfaatan LabVIEW dalam proses antar muka mesin-manusianya.

Proses distilasi atau penyulingan adalah proses pemisahan komponen-komponen suatu campuran yang terdiri atas dua cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap mereka atau berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponen senyawa tersebut. Selain itu distilasi dapat dikatakan juga sebagai proses pemisahan komponen berdasarkan perbedaan kecepatan dan kemudahan menguap bahan (volatilitas)

Sistem distilasi minyak atsiri dapat digambarkan secara sederhana seperti pada gambar 1 berikut ini:



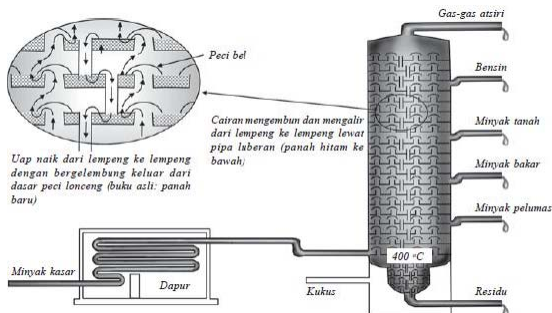
Gambar 1 : Sistem Distilasi Sederhana

Komponen utama sistem distilasi minyak atsiri adalah boiler, tangki distilator, kondensor, separator. Dalam sistem tersebut bagian yang menjadi perhatian berkaitan dengan akuisisi data temperatur adalah temperatur steam masuk distilator, temperatur di dalam distilator, temperatur uap masuk ke dalam kondensor, temperatur keluar kondensor, temperatur air pendingin masuk dan keluar kondensor. Rentang suhu operasi dalam proses ini dapat berkisar antara 20 – 130 °Celsius.

Kolom Distilasi. Proses distilasi terjadi dalam kolom distilasi yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20 °C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dari minyak mentah

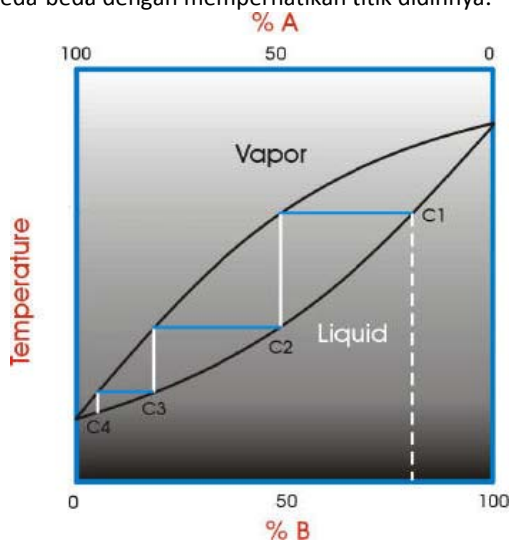
Perbedaan distilasi fraksinasi dan distilasi sederhana adalah adanya kolom fraksinasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat di bawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya. Gambar 2 di bawah ini menggambarkan kolom

distilasi fraksinasi minyak bumi.



Gambar 2: Kolom Distilasi Fraksinasi

Proses fraksinasi juga dapat dilakukan dengan pemanasan secara kontinyu, pada titik didih tertentu komponen dengan titik didih yang lebih rendah akan lebih dahulu menguap misalnya komponen A, kemudian dikondensasikan menjadi kondensat A, sementara pemanasan terus berlangsung, jika komponen A tersebut sudah habis maka temperatur akan terus naik sampai titik didih komponen yang lain misalnya komponen B, kemudian dikondensasikan menjadi kondensat B dan seterusnya. Dengan menggunakan proses ini dengan mengganti penampung kondensat, akan diperoleh komponen yang berbeda-beda dengan memperhatikan titik didihnya.



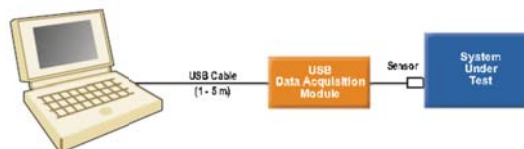
Gambar 3: Kurva temperatur distilasi 2 komponen yang berbeda (A dan B)

Gambar 3 di atas menunjukkan proses distilasi dari 2 komponen yang berbeda (A dan B) proses distilasi tersebut dipengaruhi oleh perbandingan MOL komponen A dan B. Posisi paling kiri dari gambar secara mendatar menunjukkan 0% komponen B dan 100% komponen A, sementara posisi paling kanan menunjukkan 0% komponen A dan 100% komponen B. Garis vertikal menunjukkan temperatur. Terdapat garis fasa cair dan fasa uap. Jika proses distilasi dimulai dari titik C4, dengan naiknya temperatur maka akan terjadi penguapan (menyentuh garis fasa uap, selanjutnya bergerak ke kanan (garis biru) yang menunjukkan perubahan perbandingan komposisi komponen A dan komponen B (titik C3) pada titik ini

berarti persentasi komponen B meningkat dan persentasi komponen A menurun, jika pemanasan dilanjutkan sampai menyentuh garis fasa uap dan selanjutnya bergerak ke kanan (garis biru) titik C2 yang berarti terjadi pengayaan komposisi komponen B. Jika proses distilasi ini dilanjutkan berulang kali dengan terus menaikkan temperatur, maka akan diperoleh persentasi komponen B yang tinggi. Proses ini dilakukan dalam distilasi fraksinasi.

Sistem instrumentasi terdiri atas sistem akuisisi data dan sistem kendali. Akuisisi data adalah proses pengambilan data, proses pengolahan dan proses penampilan data. Proses kendali adalah proses pengaturan sedemikian rupa sehingga keluaran suatu proses atau plant sesuai dengan yang diinginkan

Pembahasan sistem akuisisi data tidak terpisah dari pembahasan tentang sistem pengukuran (*measurement system*) yang bagian utamanya terdiri dari sensor, pengkondisi sinyal, dan peraga. Bagian penting dari sistem data akuisisi adalah : hardware, software, dan asesories akuisisi data. Sistem data akuisisi sederhana dapat digambarkan seperti pada gambar 4 berikut:



Gambar 5: Sistem akuisisi data sederhana

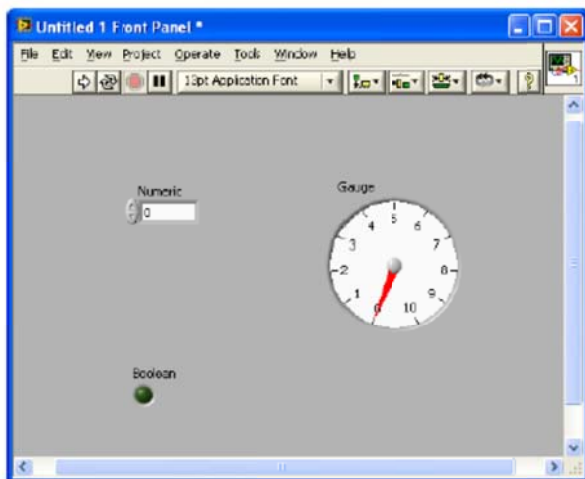
LaVIEW adalah perangkat lunak yang dibuat oleh *National Instrument* yang dapat menampilkan secara visual keseluruhan sistem kontrol, sistem akuisisi data dengan menggunakan layar monitor komputer. LabVIEW disebut juga *Virtual Instrument* atau VI's karena fungsi dan pengoperasiannya menyerupai bentuk fisik suatu instrument seperti osiloskop dan multimeter. Dengan program ini setiap proses kontrol menjadi efektif dan efisien untuk melakukan berbagai macam proses produksi. Menghubungkan program LabVIEW pada perangkat keras membutuhkan NI-DAQ (*National Instrument – Data Aquisition*). NI-DAQ adalah alat yang berfungsi sebagai *driver program* LabVIEW yang akan dihubungkan ke perangkat, sehingga sistem kontrol pada perangkat keras bisa dikontrol melalui program LabVIEW. LabVIEW terdiri dari dua bagian besar yaitu *control panel* dan *block diagram*, karena itu memudahkan didalam penggunaannya.

Berbeda dengan bahasa pemrograman lain seperti visual basic, bahasa C, fortran, pemrogram dengan LabVIEW bersifat *graphical programming*. *Graphical programming* meletakkan basis pemrogramannya secara grafik, bukan berdasarkan *syntax* atau *list statement*, Keuntungan dari *graphical programming* adalah :

- Menghemat waktu
- Mengurangi kemungkinan kesalahan
- Langsung dapat dilihat hambaran hasil dalam bentuk tampilan

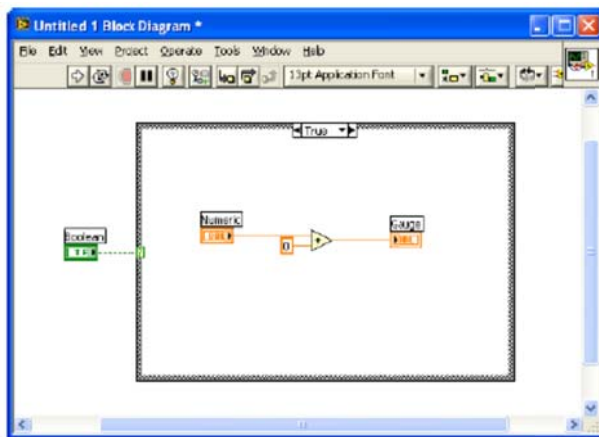
LabVIEW berkembang dari tahun ke tahun sejak pertama kali diperkenalkan tahun 1995, saat ini LabVIEW yang ada adalah LabVIEW versi 2013 namun dalam tesis ini digunakan Labview 2011 student edition:

LabVIEW merupakan bahasa pemrograman grafis, sehingga pemrograman dilakukan dengan gambar, algoritma dan *routine* sudah tersedia dalam *library*-nya. Secara garis besar pemrograman LabView terdiri dari *front panel* dan *block diagram*. *Front Panel* merupakan antarmuka untuk pengguna yang menampilkan grafik, numerik dan indikator. *Block Diagram* menunjukkan inti program, bagaimana program tersebut dijalankan, merupakan struktur yang menjalankan *front panel*. *Block diagram* merupakan representasi praktis dari *flow chart*.



Gambar 6: Front Panel

Gambar 6 di atas menunjukkan gambar *front-panel* yang merupakan tampilan antar muka manusia dan mesin, dimana data, grafik dan numerik dapat ditampilkan, juga dapat ditampilkan indikator lampu, *slider*, dan gambar pendukung lainnya.



Gambar 7: Block Diagram

Gambar 7 di atas merupakan contoh *block diagram* dimana algoritma pemrograman ditulis. *Block diagram* dan *front panel* merupakan dua layar yang terkait satu dengan lainnya. Pemrograman dengan LabVIEW biasanya dimulai dengan pembuatan antar-muka baru algoritma pemrograman disusun di *block diagram*

Data Acquisition Board atau biasa disebut sebagai *DAQ Board* adalah perangkat elektronik yang mengubah besaran

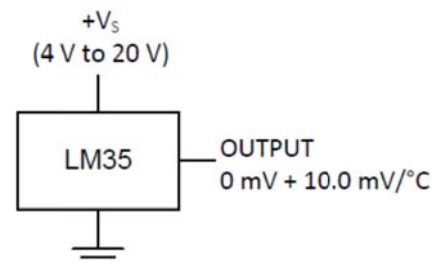
analog menjadi besaran digital. Besaran analog yang dimaksud ada besaran fisik yang akan diamati misalnya temperatur, tekanan, debit, tegangan listrik dan lain-lain. Besaran ini berasal dari fenomena alam yang hendak kita amati. Dalam perkembangannya *DAQ Board* tidak saja mampu mengkonversi besaran analog menjadi besaran digital namun juga dapat mengubah besaran digital menjadi analog. Fungsi lain yang terdapat pada *DAQ Board* adalah fungsi *timer* dan *counter*.

Asesoris dalam sistem akuisi data ini adalah sensor temperatur (*thermocouple*, dan LM35) yang masing masing memiliki karakter dan aplikasi tertentu, serta kabel penghubung.

LM35 merupakan IC sensor, masukan berupa temperatur dengan keluaran tegangan. IC sensor ini dikembangkan oleh Texas Instrument. IC ini memiliki keluaran tegangan yang linier dengan masukan temperatur. Berikut disajikan data singkat tentang IC sensor LM 35:

- Terkalibrasi Langsung dengan skala derajat celcius
- Bersifat linier : $+10\text{mV}/^\circ\text{C}$
- Akurasi $0,5^\circ\text{C}$ (pada 25°C)
- *Range* -55°C sampai dengan $+150^\circ\text{C}$
- Biaya yang murah

Diagram skematik dari IC sensor LM 35 adalah seperti gambar 8 berikut ini:

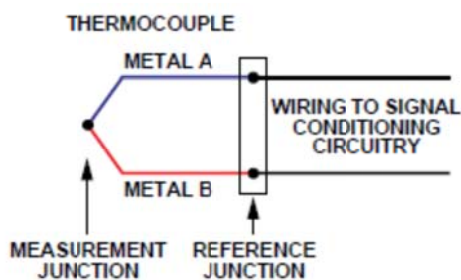


Gambar 8: Diagram skematik IC LM35

IC Sensor LM35 ini hanya akan digunakan sebagai *Cold Junction Compensation (CJC)* untuk sensor *thermocouple*. IC sensor LM 35 ini tidak digunakan untuk pengukuran di proses distilasi, mengingat rangenya yang relatif hanya $0 - 100^\circ\text{C}$ dan material yang tidak tahan pada panas tinggi

Thermocouple adalah salah satu jenis *transducer* pasif, *thermocouple* adalah bahan konduktor yang berbeda yang satu sisi dijaga pada kondisi temperatur tertentu (*cold junction*) dan sisi yang lain sebagai titik ukur (*hot junction*). *Thermocouple* yang sering di gunakan adalah *thermocouple* tipe K. Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)) yang merupakan *thermocouple* untuk tujuan umum.

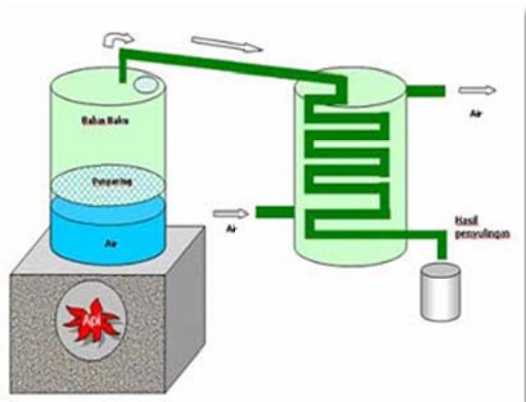
Thermocouple mengubah temperatur menjadi tegangan listrik dc, namun satuan yang sangat kecil (mikro volt sampai dengan mili volt), sebagai contoh : tegangan *thermocouple* pada kondisi ruangan dari jenis *thermocouple* J, K dan T berturut-turut adalah: $52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ dan $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Gambar skematik dari *thermocouple* seperti pada gambar 9 berikut ini:



Gambar 9 : Skematik Thermocouple

3. Desain dan Implementasi

Identifikasi sistem; Secara sederhana untuk dapat mendisaian sistem instrumentasi untuk kolom distilasi dengan fraksinasi batch berbasis kendali suhu dimulai dari sistem distilasi sederhana seperti ditunjukkan pada gambar 10 berikut ini:

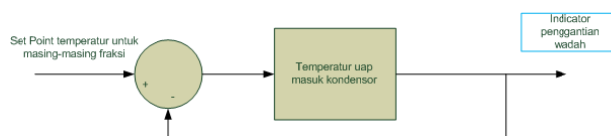


Gambar 10. Kolom distilasi sederhana

Sistem tersebut didiskripsikan sebagai berikut : sumber panas dihasilkan dari kayu bakar atau burner, akan memanaskan air dalam boiler untuk mengukus bahan baku, pada bagian ini diperlukan instrumen pengukur suhu untuk mengetahui temperatur umpan (*feed*), tekanan, dan *relief valve* sebagai pengaman. Selanjutnya uap keluar tersebut diteruskan untuk masuk ke kondensor dimana nantinya terjadi pertukaran panas. Temperatur uap yang keluar dari boiler juga perlu diukur, untuk mengetahui penurunan panas setelah uap bersentuhan dengan bahan baku. Selanjutnya uap akan dialirkan ke kondensor, temperatur uap masuk ke kondensor diukur untuk mengetahui ada tidaknya pertukaran panas di pipa menuju kondensor. Pada titik ini juga temperatur diukur untuk mengetahui fraksi bahan apa yang sedang berproses, untuk diumpankan sebagai variabel kontrol untuk pertukaran wadah di sisi keluaran (*destilat*). Temperatur destilat (di sisi keluaran kondensor) diukur untuk mengetahui apakah fasa destialat nantinya benar-benar berada pada fasa cair. Sebagai penukar kalor di kondensor, diberikan air masuk yang berasal dari pompa, laju aliran air dari pompa diatur dengan katup proporsional yang memperoleh sinyal umpan dari *DAQ Board*. Temperatur air pendingin masuk dan keluar kondensor juga diukur. Untuk menampung berbagai destilat (*produk*) diperlukan indikator, nantinya indikator

tersebut akan memberi tanda kepada operator untuk mengganti wadah destilat jika diperkirakan produk yang dihasilkan sudah berganti.

Diagram Kontrol; Diagram blok sistem kontrol untuk penggantian wadah digambarkan seperti pada gambar 11 berikut ini:



Gambar 11 : Diagram Kontrol Penggantian wadah

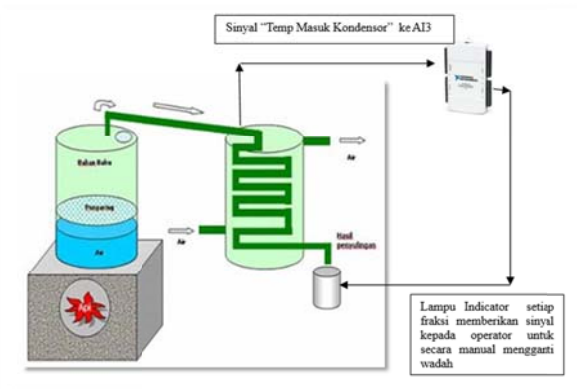
Proses penggantian wadah pada kolom fraksinasi batch yang dibuat, bersifat manual, namun operator akan memperoleh sinyal indikator berupa lampu. Indikator lampu akan menyala jika temperatur uap masuk ke kondensor melebihi *setpoint* temperatur untuk masing masing fraksi.

Untuk pengaturan temperatur destilat dibuat diagram blok seperti pada gambar 12 berikut:



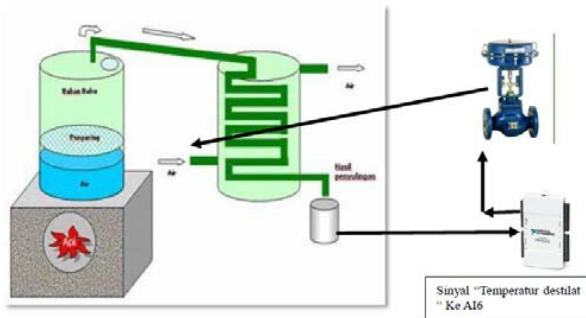
Gambar 12. Diagram Kontrol Temperatur Destilat

Diagram skematik aliran sinyal kontrol adalah seperti yang ditampilkan dalam gambar 13 berikut ini:



Gambar 13. Skematik aliran sinyal untuk pengontrolan manual setiap fraksi

Selanjutnya untuk menjamin agar fasa destilat yang keluar (atau fasa produk) adalah benar dalam fasa cair dirancang pengontrolan laju aliran air pendingin secara otomatis. Diagram skematik aliran sinyal untuk pengontrolan temperatur destilat ditunjukkan pada gambar 14 berikut:

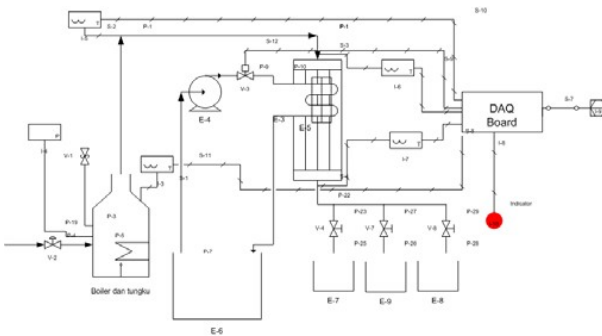


Gambar 14: Diagram skematik aliran kontrol temperatur distilat

Temperatur air distilat seperti terlihat dalam gambar skematik 14 di atas, digunakan sebagai sinyal *feedback* yang akan mengontrol laju aliran air pendingin. Temperatur air distilat akan diinputkan pada analog input 6, yang selanjutnya akan dibandingkan dengan setpoint temperatur distilat. Dalam program akan disediakan slider temperatur setpoint untuk temperatur destilat. Galat dari hasil perbandingan ini akan diumpungkan pada algoritma pengontrol *proportional, integral dan derivatif*. Dalam sistem ini direncanakan aktuaternya adalah *control valve*.

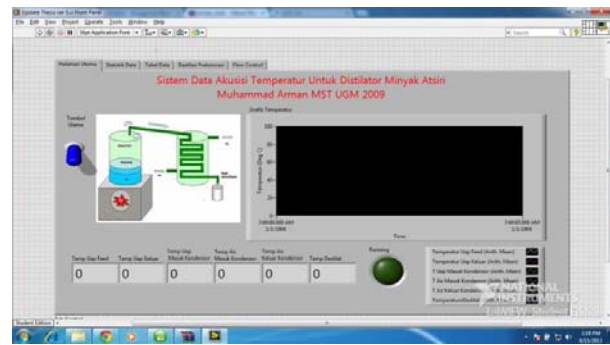
4. Implementasi

Implementasi sistem instrumentasi dapat dilihat dari gambar pemipaan dan instrumentasi yang ditunjukkan pada gambar 15 berikut:



Gambar 15. PI&D Diagram

Sistem instrumentasi di atas memberikan umpan masukan (input) berupa 6 titik temperatur ke DAQ Board. Untuk tekanan dipasang indikator tekanan (*pressure gauge*) Tampilan Antar Muka; Implementasi dari pemrograman dan integrasinya dengan perangkat keras yang ada menghasilkan beberapa hal yaitu: *Front Panel* dengan sejumlah *Tab Menu* dan *Block Diagram* yang merupakan "otak" dari program.



Gambar 16. Tampilan Antar Muka

Tampilan ini memiliki 5 tab menu yaitu :

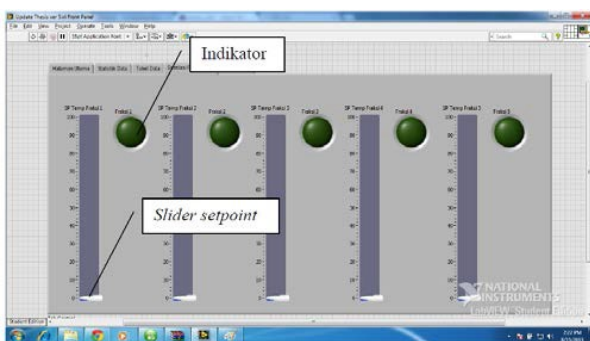
1. Halaman Utama, menunjukkan titik ukur dimana sensor temperatur dipasang:
 - a. temperatur uap *feed*,
 - b. temperatur uap keluar,
 - c. temperatur uap masuk kondensor,
 - d. temperatur air masuk kondensor,
 - e. temperatur air keluar kondensor,
 - f. temperatur destilat
2. Statistik Data : Menunjukkan data: rata-rata, MIN, MAX dari *channel* temperatur yang diukur
3. Distilasi Fraksinasi : Menyiapkan menu interaktif *setpoint* temperatur untuk masing-masing fraksi yang ingin diperoleh
4. *Flow Control* : menyiapkan menu kontrol dengan mode PID (*Proportional Integral dan Derivative*) yang merupakan aksi kontrol terhadap kondisi temperatur destilat
5. Tabel Data: menunjukkan temperatur rata-rata titik ukur selama proses

Masing-masing tab menu tersebut ditunjukkan pada gambar 17 berikut ini:



Gambar 17. Tab menu statistik data

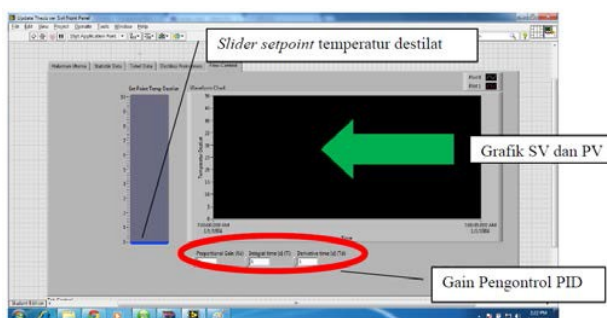
Tab menu statistik data menampilkan hasil pengukuran berupa: nilai minimal, maksimal dan rata-rata dari setiap titik ukur. Tab Menu ini juga dilengkapi dengan setpoint dan indikator jika temperatur terukur melebihi setpoint yang ditentukan. Tujuan dari tab ini adalah agar pengguna dapat melihat data statistik dari setiap kondisi pengukuran. Dalam pemanfaatan lebih lanjut dapat digunakan untuk mengetahui rentang operasi optimal setiap proses distilasi. Untuk tab menu distilasi fraksinasi ditunjukkan pada gambar 18 berikut ini:



Gambar 18. Tab menu Distilasi Fraksinasi

Tab menu distilasi fraksinasi menggambarkan *slider setpoint* temperatur dari setiap fraksi yang diinginkan dan juga indikator jika temperatur *setpoint* tersebut sudah terlampaui. *Slider setpoint* dibuat bertingkat agar dapat diatur temperatur *setpoint* berdasarkan titik didih temperatur setiap fraksi. Slider ini juga bersifat dinamis sehingga biasa diatur jumlah fraksi yang diinginkan. Dalam tab menu distilasi fraksinasi ini tersedia lima *slider setpoint*. Rentang operasi *slider* dibuat antara 0 – 200 °C. Pada dasarnya *setpoint slider* ini diperoleh dari pengujian empiris berdasarkan titik didih masing-masing fraksi.

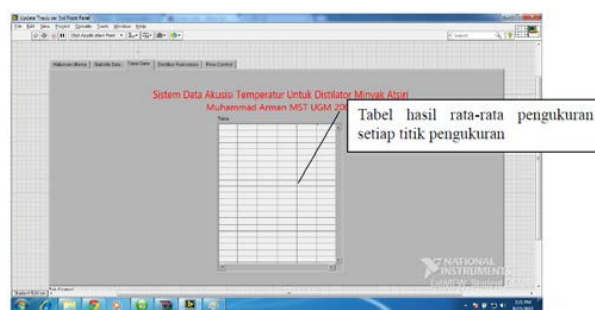
Untuk tab menu *flow control* ditunjukkan pada gambar 19 berikut ini:



Gambar 19. Tab menu Flow Control

Gambar 19 di atas menggambarkan *Tab Menu flow control* yang disediakan untuk mengontrol temperatur destilat. Aksi kontrol yang disediakan adalah aksi kontrol proporsional, integral dan derivatif (PID). Temperatur destilat diatur pada nilai tertentu sebagai *setpoint*, sebagai *setpoint value* (SV) kemudian *present value* (PV) diambil dari sensor temperatur destilat untuk dibandingkan, selanjutnya dengan error yang ada, diumpungkan ke pengontrol PID. Aktuator dari loop ini direncanakan pompa atau control valve, namun karena keterbatasan waktu *loop* ini baru sebatas simulasi.

Untuk menampilkan tabel hasil pengukuran dari setiap titik pengukuran, dibuat tab menu tabel data yang dapat dilihat pada gambar 20 berikut ini:



Gambar 20. Tab menu Tabel Data

5. Pembahasan

Data akuisi memberikan gambaran bagaimana suatu besaran fisik dicuplik untuk dioleh, ditampilkan, dan mungkin disimpan secara digital. Proses Data akuisi melibatkan: sensor (*transducer*), *signal conditioning*, dan *display*, serta software dan driver. Secara singkat dapat digambarkan dalam diagram blok berikut ini:



Gambar 21. Diagram aliran sinyal

Sensor memiliki peranan penting dalam proses ini. Keakuratan sensor menjadi hal yang penting dalam data akuisi. Sensor LM 35 merupakan IC sensor dengan sensitifitas 10mV/°C dan bersifat linier. Tabel verifikasi menunjukkan bahwa sensor LM 35 yang digunakan memenuhi standar tersebut. Sensor ini juga memiliki respon yang cukup cepat sehingga mampu untuk menjadi *cold junction compensation*. Tegangan supply sebesar 5 volt yang diperoleh dari *Daq Board* USB 6218 cukup memadai untuk mendukung bekerjanya IC LM 35 ini. Dengan perubahan temperatur lingkungan, sensor LM 35 ini dapat bekerja dengan baik. Saat pembuatan di Bandung dengan kondisi temperatur lingkungan sekitar 22–24°C, dan saat running di Yogyakarta dengan temperatur 28–32°C, sensor ini masih memberikan respon yang baik.

Sensor *thermocouple* tipe K yang digunakan, dipilih karena memiliki rentang temperatur yang cukup lebar dan linier di rentangnya. Dengan kondisi tersebut diharapkan sensor ini dapat dipakai di berbagai titik dalam kolom distilasi, mengingat temperatur bisa mencapai lebih dari 100°C. Seperti diketahui *thermocouple* membutuhkan *CJC* sebagai *reference temperature*. Sekalipun keluaran dari sensor *thermocouple* ini merupakan tegangan DC yang kecil, namun dengan kemampuan amplifikasi yang dimiliki USB 6218, tegangan yang kecil ini dapat diperkuat untuk dapat diolah menjadi tampilan temperatur secara langsung.

Daq Board yang digunakan memiliki kemampuan *sampling rate* 250 *kilo sample/detik*, yang cukup cepat untuk menangani dinamika perubahan temperatur, namun di samping kecepatan *sampling* yang ada yang di satu sisi merupakan keuntungan, di sisi lain kecepatan ini menyebabkan jumlah data yang diambil juga menjadi terlalu banyak yang dapat menghabiskan *resources* dari

komputer/laptop yang digunakan. Selain itu *daq board* juga mencuplik data yang tidak perlu. Masalah tersebut diatasi dengan memasang *Butterworth low pass filter* dan rutin *arithmetic mean* setelah proses pencuplikan data, sehingga data dapat ditampilkan secara halus.

Fungsi statistik yang diberikan adalah rata-rata, min dan max, yang tujuannya untuk mengetahui dinamika temperatur dari waktu ke waktu, selain itu untuk mengetahui rentang temperatur selama proses distilasi. Penyiapan *setpoint* untuk setiap titik ukur yang ada diharapkan dapat digunakan untuk membantu proses setting temperatur yang optimal di setiap titik pengukuran, sekalipun saat ini belum cukup data untuk mengetahui titik optimum *setpoint* di setiap titik pengukuran.

Berkaitan dengan titik pengukuran berikut disajikan tabel titik pengukuran dan kerangka optimasinya seperti pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 : Titik Ukur dan Kerangka Optimasi

No	Rangkaian Titik Ukur	Kerangka optimasi
1	Temperatur Uap Feed – temperatur uap keluar	Mengetahui temperatur optimal penguapan untuk bahan baku, mengetahui apakah tempeatur perlu ditambah, mengetahui kemungkinan pengaturan tekanan
2	Temperatur uap keluar – temperatur uap masuk kondensor	Mengetahui rugi temperatur sepanjang pipa, menghindari kemungkinan kondensasi dini karena isolasi yang kurang baik sehingga materil yang diinginkan tidak keluar di titik kondensat, tapi kembali ke pengukusan
3	Temperatur Air masuk – Temperatur air keluar kondensor	Mengetahui kondisi optimal air pendingin, menghindari fasa yang keluar masih berupa uap, sehingga materi/minyak atsiri yang diharapkan terbang percuma, mengetahui kondisi optimal perpindahan panas, untuk mengatur laju aliran air
4	Temperatur Destilat	Memastikan bahwa fasa yang keluar dari ujung kondesor adalah fasa cair, buka fasa gas, sehingga minyak atsiri yang diharapkan tidak terbang percuma

Pembuatan kontrol kolom distilasi fraksinasi ditujukan agar proses pemisahan dapat diatur secara dinamis dengan memperhatikan jumlah fraksi yang diinginkan. Sekalipun disediakan 5 slider *setpoint* temperatur, namun pada dasarnya jumlah fraksi yang diinginkan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

Secara keseluruhan, sistem data akuisisi temperatur ini dapat digunakan dengan beberapa penyempurnaan.

6. Kesimpulan

Desain sistem instrumentasi untuk kolom distilasi dengan fraksinasi *batch* berbasis kendali suhu telah dapat dibuat dengan kemampuan 6 *channel* dan bersifat *portable* serta memiliki keakurasian yang baik. Proses integrasi sensor, *DAQ board* dan perangkat lunak telah dilakukan dengan memiliki 5 menu penting meliputi halaman muka, statistik, kolom fraksinasi, pengaturan flow dan tabel data. Sistem ini memiliki karakteristik tanggap yang kurang dari satu detik untuk tampilan data, grafik, dan data statistik serta indikator.

Pustaka

- Aditya, A., 2009, Monitoring Temperatur *Portable* Menggunakan USB-DAQ Dengan *Software* LABVIEW 8.5, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politiknik Negeri Bandung, Bandung.
- Al Anshori, J., Tatang H. A., 2009, Konsep Dasar Penyulingan dan Analisa Sederhana Minyak Nilam, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Al-Jabri, M., 2007, Prospek Agribisnis Nilam Mendukung Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia, Dimuat dalam Tabloid Sinar Tani, 14 Nopember 2007.
- Arman, M., 2010, Akuisisi Data Temperatur Secara Portabel dengan menggunakan USB-DAQ Dengan *Software* LABVIEW 8.5, *Seminar on Application and Research in Industrial Technology, SMART, Gadjah Mada University*, Yogyakarta.
- Catle, K. R., 2006, *Fundamentals of Test Measurement Instrumentations*, ISA Society, USA.
- Chaerodin A., Santoso I., Isnanto R. R., 2005 Sistem Monitoring Suhu Berbasis Web Dengan Akuisisi Data Melalui Port Paralel Pc, Makalah Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang
- Dunn, W. C., 2005, *Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control*, McGraw-Hill, New York.
- Eduardo, R., Porta, M. A., Fernandez J. L., Manjarrez, L. E., 2002, *New Model For Computer Assisted Solar Distillation Reaserch, Computatuon the Systemas*, Mexico, 2002 ISSN 1405-5546
- Engelien , H. K. , Larsson, T. , Skogetad S., 2003, *Implemetation of Optimal Operation for Heat Integrated Distillation Column*, Trans IChemE, Vol 81, Part A, February 2003.
- Fisher-Cripss, 2002, *Newnes Interfacing Companion*, Newness, Oxford.
- Halvorsen, H. P., 2010, *Introduction to LabVIEW*, Department of Electrical Engineering, Information Technology and Cybernetics, Telemark University College, Norway.
- Hardjono, 2004, *Kimia Minyak Atsiri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Huang, H., Wang, K., Wang, S., Klein, M. T., and Calkins, W.H., *Distillation of Liquid Fuels by*

- Thermogravimetry*, Dept of Chemical Engineering, University of Delaware, Newark, DE 19716
- Ishak, M. A., 2010, *Effect of Temperature on Vapor Liquid Equilibrium of MTBE-Methanol Mixtures*, Thesis, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering, University of Malaysia Pahang, Malaysia.
- Liptak, B., 2007, *Distillation Control and Optimization*, e-book, Putman Media, Illinois, USA.
- Moraru, C. M., Iuliana S., Ovidiu B., Ciprian B., Liviu S., Bornea A., Stefanescu I., 2007, *Developments for "Virtual" Monitoring and Process Simulation of the Cryogenic Pilot Plant*, World Academy of Science, Engineering and Technology 26.
- Murod, H., 2005, *Perancangan Sistem Akuisisi Data Menggunakan Masukan Soundcard*, Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, UGM, Yogyakarta.
- Smith, C. L., 2009, *Practical Process Control, Tuning and Troubleshooting*, John Willey & Sons, New Jersey, USA.
- Park, J., McKay S., 2003, *Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems*, Newnes, Oxford.
- Trubus Info Kit Vol 7, Juni 2009.
-, 1999, *Data Acquisition (DAQ) Fundamental*, Application Note 007, National Instruments Corporation, USA.
-, 1996, *Labview Tutorial Manual*, National Instruments Corporation, USA.