Disain dan Uji Model Otomatisasi Proses Penjernihan Minyak Kelapa Sawit

The Design and Implementation of Automatic Process Control for Cruder Palm Oil Clarification

Lloyd[1)], Kudang B. Seminar[2)], Purboyo Guritno[3)]

ABSTRACT

Crude palm oil is one of export comodities of Indonesia. Therfore, it is of crucial importance to improve the quality of crude palm oil (CPO) through the process of CPO production. This paper discusses the design and implementation of an automatic process control for crude palm oil clarification. The automatic control system proposed herein is supported by a computer which performs intensive computation to determine the correct volume of water required for a CPO clarification process. The computer is also used to monitor and maintain a desired temperature during the process. The implementation results indicate promising performance of the system control.

Keywords: CPO clarification, automatic control, computer-based control system.

PENDAHULUAN

Salah satu hasil pertanian yang sangat potensial untuk dikembangkan adalah kelapa sawit (*Elais Guinenois Jacq*), yang memiliki peran penting dalam kontribusi pertukaran komoditi non-migas Indonesia. Minyak kelapa sawit juga berperan sebagai salah satu komoditi yang menunjang program ekspor non-migas yang digalakkan oleh pemerintah.

Untuk meningkatkan produksi minyak kelapa sawit Indonesia dan mengejar ketinggalan dari Malaysia, maka dipandang perlu dilakukan penelitian dan pengembangan baik kualitas maupun kuantitas produksi minyak kelapa sawit. Satu upaya untuk mengembangkan sistem produksi adalah dengan melakukan otomatisasi proses pengolahan minyak kelapa sawit dengan menggunakan bantuan komputer, dengan standar yang telah ditentukan. Pengaruh faktor-faktor selama proses pengolahan baik internal maupun eksternal dapat dianalisa dengan bantuan komputer.

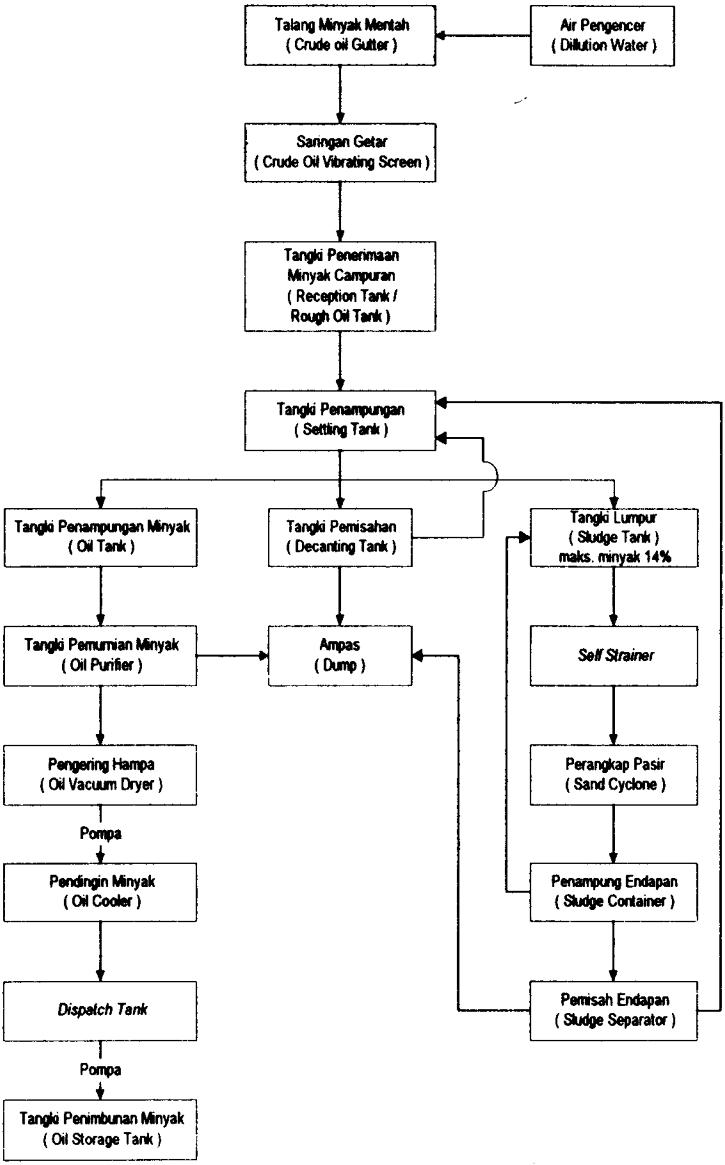
Otomatisasi proses dapat meningkatkan efektivitas proses pengolahan karena mesin-mesin tersebut dapat digunakan secara kontinu, sehingga diperoleh hasil produksi yang relatif lebih konstan. Sistem tersebut diharapkan mampu menganalisa, menghasilkan sekaligus mengintegrasikan faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit seperti kondisi optimal (suhu dan tekanan) selama proses pengolahan.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan menguji model proses pengenceran dan pengontrolan suhu pada

[1] Alumni Jurusan Teknik Pertanian, FATETA-IPB
[2] Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FATETA-IPB, e-mail : kseminar@indo.net.id
[3] Staf Peneliti Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan

proses penjernihan minyak kelapa sawit, melakukan pengujian pengontrolan otomatis kadar pencampuran minyak dengan air yang dikendalikan oleh kom-puter dan evaluasi prototipe yang diran-cang, antara lain penentuan kadar camp-uran terbaik terhadap suhu dan waktu pemisaan pada tangki penjernihan.

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang mengha-silkan minyak per unit area paling banyak (sekitar 5-7 ton minyak hektar), apabila dibandingkan dengan tanaman lainnya yang menghasilkan minyak (Gascon, Noiret dan Meunier, 1989). Tanaman yang tumbuh secara optimal di daerah beriklim tropis ini membutuh-kan curah hujan 2000 mm/tahun dan kisaran suhu 22^{o}-32^{o}C (Ketaren, 1986).



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penjernihan Minyak Kelapa Sawit

Untuk mendapatkan CPO, dilakukan proses pengilangan (*milling*) kelapa sawit. Proses ini akan menghasilkan minyak sawit mentah cair dan padatan sebelum diolah melalui proses refinasi (*refining*), fraksinasi (*fractination*) hingga menghasilkan produk yang dapat sehari-hari seperti margarine, minyak goreng, dan sabun.

Penjernihan (*clarification*) minyak sawit mentah didefinisikan sebagai proses pemanasan dan pembersihan minyak (Guthrie, 1995). Tujuan perlakuan ini adalah untuk memasak minyak dan memisahkan kotoran dan air serta meminimumkan minyak yang hilang dalam proses. Diagram alir pada proses penjernihan ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Bahasa pemrograman yang dipergunakan adalah Advantech Genie 2.1 yang memudahkan pembacaan data hasil pengukuran, sekaligus memu-dahkan kita melakukan penyesuaian keadaan dengan beberapa baris program. Perangkat lunak ini terdiri dari dua macam, yaitu Genie Strategy Editor untuk pemrogramannya, serta Genie Runtime untuk pengontrolan dan akuisisi data program kita (Advantech, 1993).

Advantech Genie 2.1 ini merupakan bahasa tingkat tinggi sehingga pengggunanya tidak perlu memahami proses yang terjadi di komputer. Keuntungan penting dari penggunaan perangkat lunak ini adalah instalasi yang mudah, penyusunannya yang mudah, dapat membuat program yang mudah dijalankan pada sistem operasi berbasiskan Windows (minimal Windows 3.1), dapat dijalankan dalam sistem jaringan, fasilitas pemrograman yang cukup lengkap yang ditandai dengan adanya *shortcut icon*, sistem yang dapat digerakkan oleh mouse, tampilan yang cukup baik pada monitor dan dapat diatur sesuai dengan keinginan pemprogram, dapat memungkinkan terjadinya perubahan yang dikehendaki pengguna secara dinamis lewat keyboard maupun mouse, serta yang terpenting adalah dapat memperoleh hasil secara langsung ketika dijalankan.

Keuntungan lain dari penggu-naan Advantech Genie 2.1 antara lain adalah bentuknya yang baku (karena berada dalam basis sistem operasi Windows), kerjasama antar aplikasi yang dinamik dalam *Dynamic Data Exchange* (DDE), *Object Linking and Embeded* (OLE), *Dynamically Linked Library* (DLL) serta sistemnya yang *multitasking* (Advantech, 1995).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Workshop dan Laboratorium Teknologi Rekayasa, Pasca Panen, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan. Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Maret hingga Mei 1997.

Yang dikontrol pada proses pencampuran adalah debit aliran air untuk pencampuran. Pada proses pengontrolan ini akan digunakan *inverter* yang mengatur aliran debit air oleh pompa. Kemudian dipasang termokopel dan pemanas (*heater*) pada tangki minyak dan tangki air. Termokopel yang dipergunakan adalah termokopel jenis K. Sementara spesifikasi pemanas yang digunakan adalah pemanas berkapasitas 2.000 W.

Pada proses pengaliran minyak pada tangki penempatan, dipasang termokopel dan pemanas untuk mempertahankan suhu proses. Spesifikasi termokopel dan pemanas yang dipergunakan sama dengan spesifikasi diatas.

- Sebelum dilakukan percobaan, maka terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pengukuran kontrol pencampuran minyak dan air. Perbandingan minyak dengan air yang digunakan dalam pengukuran ini adalah 30:70 dan 40:60, pada suhu masing-masing 85°C.

Pada proses pencampuran, kondisi pencampuran diharapkan menghasilkan hasil akhir yang sesuai dengan yang diharapkan. Yang akan dikontrol pada proses pencampuran adalah debit aliran air untuk pencampuran. Sebagai ilustrasi pencampuran yang menghasilkan kadar minyak yang masuk sebesar 40 %, maka penentuan banyaknya air yang perlu ditambahkan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Menguji kadar minyak-air-endapan CPO yang keluar dari pengepres berulir, talang penampung minyak, tangki minyak murni dan tangki lumpur dari pabrik.
- Menentukan kadar minyak pada CPO dari data pengujian.
- Menempatkan minyak campuran ke dalam tangki yang dilengkapi dengan keran yang telah dihubungkan dengan potensiometer. Perubahan posisi keran akan mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan yang dihasilkan oleh potensiometer. Disamping itu, perubahan posisi keran akan merubah debit minyak campuran. Kemudian dilakukan pengkalibrasian antara perubahan debit minyak terhadap tegangan masukan yang menghasilkan Persamaan 1 yaitu persamaan regresi sebagai berikut :

$$Qm = a_1 x\ V1 \qquad .....(1)$$

Qm = debit minyak (ml/detik),
a1 = konstanta regresi,
V1 = tegangan masukan (volt).

- Melakukan perhitungan banyaknya air pencampuran yang dibutuhkan sesuai dengan metode yang dikembangkan oleh Guthrie Plantation (1995) seperti pada Persamaan 2 :

$$Z = \frac{KM_1}{KM_2} - T \qquad .....(2)$$

Z = banyaknya air yang ditambahkan (%),
KM_1 = kadar minyak awal (%),
KM_2 = kadar minyak yang diinginkan (%),
T = total minyak sawit mentah (%).

- Nilai Z menunjukkan kebutuhan tambahan air sebesar Z bagian dari T. karena perbandingan antara T dan Z tetap selama kadar minyak awal dan kadar minyak yang diinginkan tetap, maka diperoleh Persamaan 3 sebagai berikut :

$$Qm : Qa = T : Z \qquad ..(3)$$

Qa = debit air (ml/detik),

Yang berarti bahwa persamaan diatas kemudian dapat diubah menjadi suatu Persamaan 4 yang menyatakan hubungan antara debit air dan debit minyak sebagai berikut :

$$Qa = Qm \times \frac{Z}{T} \qquad .....(4)$$

- Untuk mencari debit air yang harus dikeluarkan oleh pompa maka dilakukan kalibrasi debit air terhadap tegangan keluaran yang menggerakkan pompa. Hubungan antara tegangan dengan debit air dinyatakan dalam Persamaan 5 sebagai berikut :

$$V0 = a_2 \times Qa + b_2 \qquad .....(5)$$

V0 = tegangan keluaran (volt),
a_2, b_2 = konstanta regresi,
Qa = debit air (ml/detik).

Pengujian terakhir adalah mencari kadar campuran minyak pada proses penjernihan. Pengujian penentuan campuran minyak terbaik pada proses penjernihan menggunakan tangki penjernihan berkapasitas 10 liter. Peubah yang digunakan berdasarkan kadar minyak-air (perbandingan minyak-air 30:70 dan 40:60), suhu (suhu 85°, 90° dan 95°C) serta waktu pengendapan (4, 5 dan 6 jam). Masing-masing hasil pengujian diambil diulanga dua kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar pencampuran yang optimal menurut Hoe dan Whiting (1976) adalah pencampuran yang menghasilkan kadar minyak sebesar 30 %, dimana pemisahan minyak dengan air dan endapan dapat berlangsung dengan cepat. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan dengan dasar diatas agar mendapatkan kadar pencampuran terbaik, yaitu menghasilkan minyak berkadar 30 % dan 40 %.

Kadar minyak yang keluar dari pengepres berulir bervariasi antara 40-70 % dengan kadar air dan endapan masing-masing berkisar antara 10-40 % dan 6-25 % (Guthrie, 1995). Pada pengujian kadar minyak awal di pabrik, hasil kadar rata-rata minyak dari pengepres berulir adalah sebesar 58,48 %. Hasil kadar air dan endapan rata-rata dari pengujian adalah 36,24 % dan 5,28 %. Hasil pengujian ini masih berada pada kisaran yang direkomendasikan Guthrie. Kadar hasil pengujian diatas akan digunakan sebagai acuan perhitungan kadar awal.

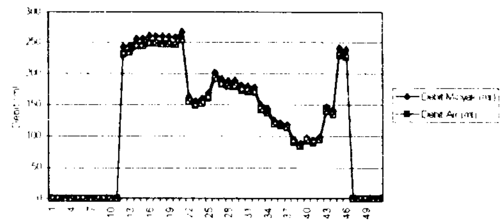
Hasil pengujian pencampuran di Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir menunjukkan kadar rata-rata minyak, air dan endapan yang diambil di tangki penampungan adalah berturut-turut 37,51 %, 57,12 % dan 4,57 %. Kadar rata-rata ini dibandingkan dengan kadar rata-rata hasil pencampuran secara otomatis (dengan perbandingan 40 % bagian minyak) sebagai standar.

Pada proses pencampuran untuk memperoleh hasil kadar minyak 30 % dan 40 %, diperoleh hasil kadar minyak rata-rata sebesar 29,77 % dan 41,53 %. Kadar air rata-rata hasil pencampuran untuk perbandingan 30:70 dan 40:60 adalah masing-masing 68,44 % dan 56,36 % dengan kadar endapan masing-masing adalah 1,79 % dan 2,10 %. Hasil pencampuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Minyak-Air-Endapan Hasil Proses Pencampuran

	30:70 (%)	40:60 (%)
Air	68,44	56,36
Endapan	1,79	2,10
Minyak	29,77	41,53

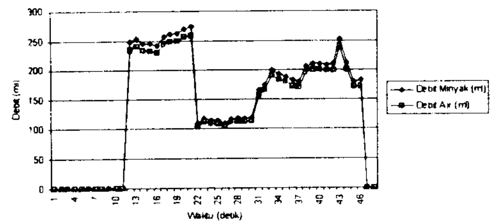
Mengacu pada asumsi awal bahwa pada proses pencampuran, banyaknya minyak dan endapan tetap (sehingga perubahan yang terjadi adalah perubahan banyaknya air), maka diperoleh hasil kadar minyak hasil pencampuran dengan perbandingan 40:60 lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar acuan di tangki penampungan (diatas 37,51 %). Nilai penyimpangan dari kadar minyak yang diinginkan adalah sebesar 1,53 %. Nilai penyimpangan kadar minyak rata-rata hasil pencampuran dengan perbanding-an 30:70 lebih kecil dari perbandingan 40:60 yaitu sebesar 0,23 %.



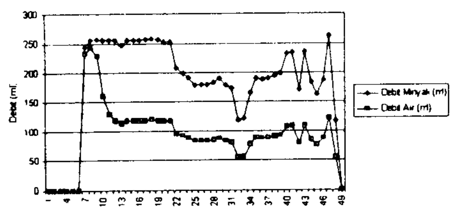
Gambar 2. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan I

Hal diatas disebabkan karena adanya aktivasi aliran air oleh pompa pada perbandingan 40:60 ini. Aktivasi aliran ini terjadi karena kemampuan pompa yang tidak memungkinkan untuk langsung meng-alirkan air. Untuk menjalankan pompa pada tahap awal, dibutuhkan tegangan minimal sebesar 2,1 volt. Sementara untuk meng-alirkan air sebesar 118,45 ml yang sebanding dengan debit minyak sebesar 256,36 ml pada perbandingan 40:60, membutuhkan tegangan sebesar 1,43 volt pada bukaan penuh. Jika pompa langsung diberikan tegangan 1,43 volt, maka tidak akan terjadi aliran air.

Hal lain yang menyebabkan kadar air rata-rata pada perbandingan 40:60 lebih rendah adalah matinya aliran air ketika debit minyak terlalu rendah. Baik pada percobaan pencampuran pertama maupun yang kedua, dengan bukaan keran ½ atau lebih rendah lagi dari bukaan penuh, menghasilkan debit minyak antara 118,75 hingga 129,73 ml dengan tegangan masukan antara 0,77-0,86 volt. Tegangan masukan tersebut menghasilkan tegangan keluaran sebesar 1,01-1,05 volt, sehingga putaran pompa tidak mampu mengalirkan air. Kekurangan air ini pada ulangan I sebesar 182,94 ml, sedangkan pada ulangan II sebesar 164,82 ml. Kekurangan ini mengakibatkan kurangnya kadar air pada minyak campuran sebesar 1,42 % untuk ulangan I dan 1,25 % untuk ulangan II (rata-rata sebesar 1,34 %) dengan penyimpangan sebesar 2,30 %.

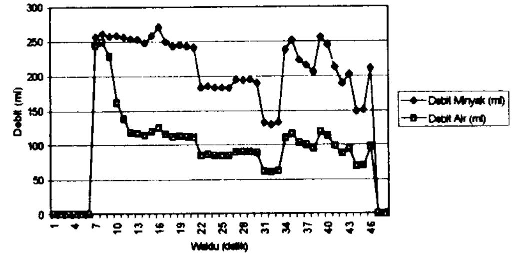


Gambar3. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan II

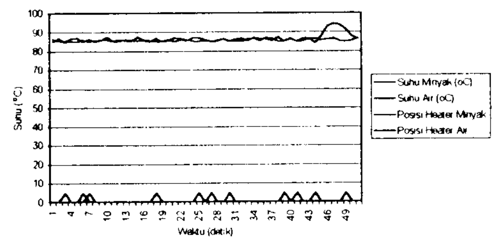


Gambar 4. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan I

Dari grafik perbandingan debit minyak dan debit air pada Gambar 2 hingga Gambar 5, dapat dilihat secara visual bahwa perubahan debit minyak (baik kenaikan maupun penurunan) akan membawa perubahan yang sama terhadap debit air. Hal ini menunjukkan bahwa pengontrolan pencampuran berlangsung dengan baik dengan nilai penyimpangan kadar minyak untuk perbandingan 30:70 sebesar 0,2300 % dan untuk perbandingan 40:60 sebesar 1,5343 %. Untuk pengontrolan suhu pencampuran, dapat dilihat dari Gambar 6 hingga Gambar 9.

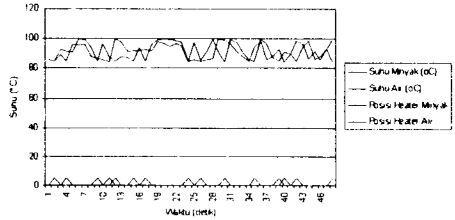


Gambar 5. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan II

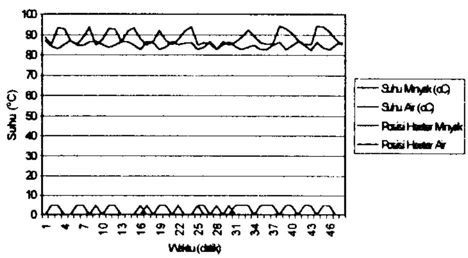


Gambar 6. Pengontrolan Suhu Pencampuran Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan I

Pengujian kadar minyak-air-endapan ini kemudian dilihat kecen-derungannya berdasarkan kenaikan suhu dan lamanya waktu pengendapan (*retention time*). Waktu pengendapan yang digunakan berbeda-beda antara pabrik yang satu dengan yang lain lebih tergantung dari kapasitas tangki dan aliran masuk minyak campuran (berkisar antara 4-7 jam). Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir menggunakan waktu pengendapan ± 4,5 jam dengan menggunakan *continuous settling tank*. Sementara di Pabrik Kelapa Sawit Adolina dengan menggunakan *vertical settling tank*, waktu pengendapannya adalah selama ± enam jam karena daya tampung tangkinya mencapai 90.000 liter, sementara kapasitas produksinya hanya sebesar 30 ton/jam (sekitar 32.000 liter/jam) yang dilayani oleh dua tangki (Perkebunan Nusantara IV, 1997). Menurut Loebis dan Everaerts (1976), jika minyak mentah tanpa pengenceran pembentukan dua lapisan membutuhkan waktu sekitar 40 menit. Sementara jika dengan pengenceran, dengan memperhitungkan gerak fraksi ringan dan berat serta aliran mendatar, diperkirakan pemisahan terjadi sekitar 20-30 menit. Tetapi dari pengujian, secara visual pemisahan minyak dengan air telah terjadi dalam waktu sekitar 15-25 menit.

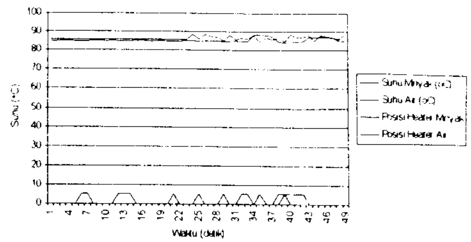


Gambar 7. Pengontrolan Suhu Pencampuran Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan II



Gambar 8. Pengontrolan Suhu Pencampuran Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan I

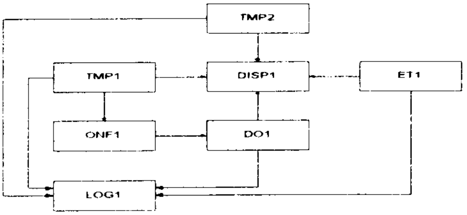
Kecenderungan yang terjadi dari hasil pengujian pada pengutip minyak menunjukkan bahwa pada suhu yang tetap, dengan semakin lamanya waktu pengendapan (dari empat hingga enam jam), terjadi penurunan kadar minyak, kenaikan kadar air dan kadar endapan, baik pada perbandingan 40:60 maupun pada perbandingan 30:70. Apabila kita mengamati juga pada waktu pengendapan yang tetap dan suhunya ditingkatkan, maka dapat dilihat pula bahwa terjadi kecenderungan yang sama. Kecenderungan yang sama juga dapat dilihat dari hasil pengujian pada saluran pembuangan endapan dan air. Hasil pengujian kadar minyak-air-endapan termasuk kenaikan dan penurunannya dapat dilihat pada Lloyd, 1997.



Gambar 9. Pengontrolan Suhu Pencampuran Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan II

Kecenderungan yang terjadi dari hasil pengujian pada pengutip minyak menunjukkan bahwa pada suhu yang tetap, dengan semakin lamanya waktu pengendapan (dari empat hingga enam jam), terjadi penurunan kadar minyak, kenaikan kadar air dan kadar endapan, baik pada perbandingan 40:60 maupun pada perbandingan 30:70. Apabila kita meng-amati juga pada waktu pengendapan yang tetap dan suhunya ditingkatkan, maka dapat dilihat pula bahwa terjadi kecenderungan yang sama. Kecenderungan yang sama juga dapat dilihat dari hasil pengujian pada saluran pembuangan endapan dan air. Hasil pengujian kadar minyak-air-endapan termasuk kenaikan dan penurunannya dapat dilihat pada Lloyd, 1997.

Secara teknis suhu yang terbaca oleh termokopel dapat dibaca oleh *device* 003. PCL-816 *with Exp.* I/O=200H slot 0 pada *Channel* 0 dan *Expantion Channel* 12 dan 14. Tipe termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K. Termokopel ini kemudian akan mengatur mati hidupnya pemanas. Pengaturan mati hidupnya pemanas dilakukan secara *on-off*. Kita dapat mengatur *setpoint* suhu agar pemanas akan menyala dibawah suhu yang telah ditentukan dan mati jika suhu telah berada diatasnya. Pemanas ini digerakkan oleh *device* 001. PCL-816 I/O=200H Slot=0 pada bit ke 8 dan ke 15. Pengontrolan suhu pada proses penjernihan dapat dilihat pada Gambar 10.



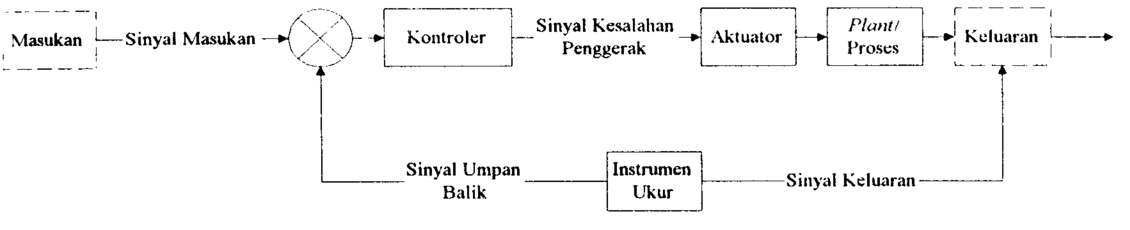
Gambar 10. Diagram Alir Pengontrolan Suhu Proses Penjernihan

Disp1 = Tampilan hasil akuisisi data
DO1 = Simbol perintah untuk pengeluaran sinyal digital
ET1 = Simbol perintah untuk menjalankan waktu
Log1 = Simbol perintah untuk menyimpan data hasil akuisisi
ONF1 = Simbol untuk menjalankan atau mematikan sinyal digital berdasarkan data hasil pengukuran suhu pada tangki minyak
TMP1 = Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki minyak
TMP2 = Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki air

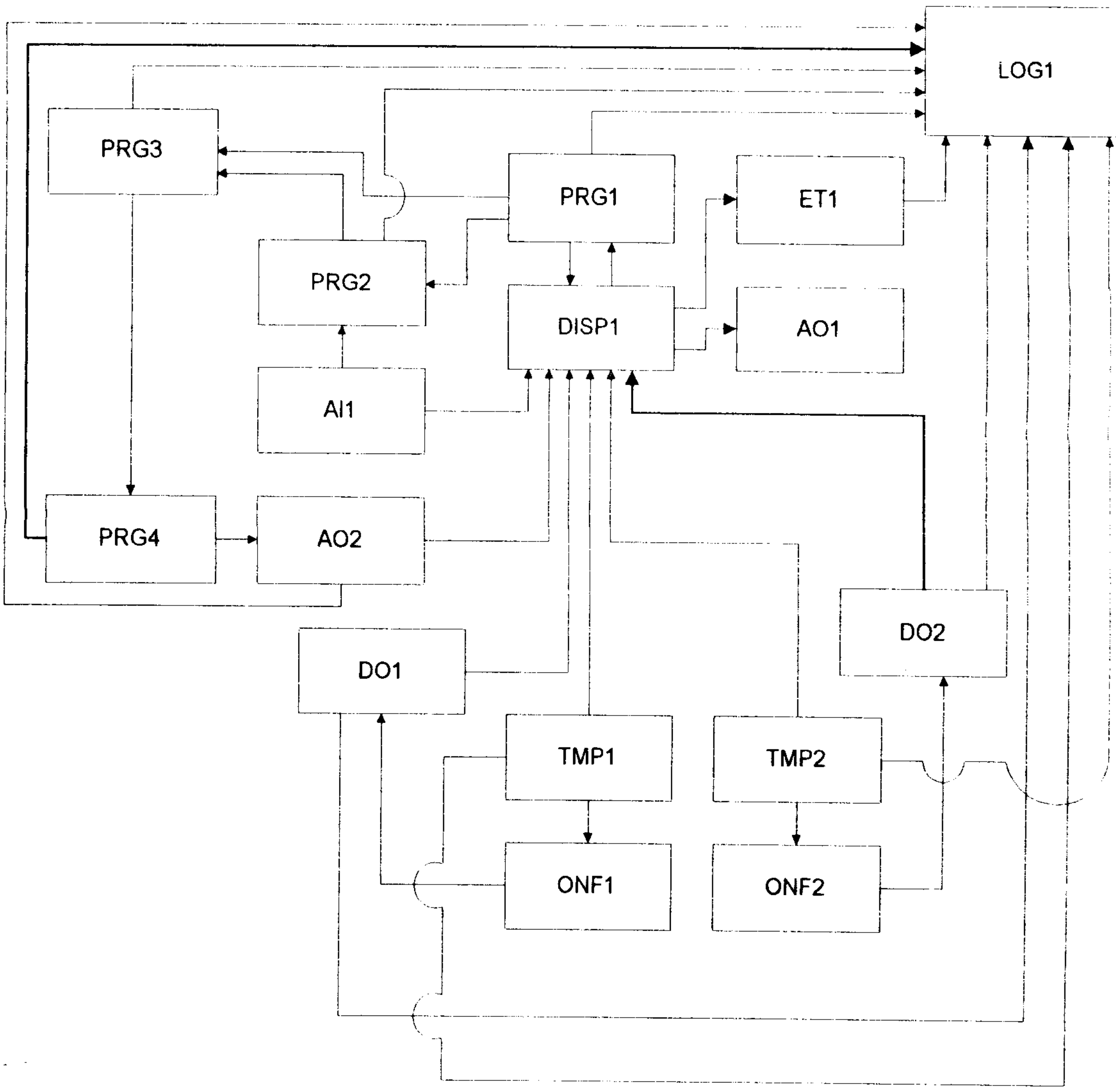
Dalam pembuatan model tangki penjernihan, tangki yang dijadikan model adalah tangki penjernihan yang dipergunakan oleh Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir dan Adolina. Kapasitas tangki tersebut sekitar 90.000 liter. Tangki yang berbentuk tabung dengan kerucut terpancung terbalik pada bagian bawahnya tersebut, dimodifikasi terlebih dahulu menjadi berbentuk balok pada bagian atasnya dan piramida terbalik terpancung pada bagian dasarnya. Modifikasi ini dilakukan untuk memudahkan pambuatan model skala kecil. Perubahan ini dilakukan dengan mempertahankan kapasitas tangki, tinggi balok, luas alas dan sisi bagian bawah yang bersambungan dengan pipa pengeluaran air dan endapan.

Sebagai masukan pada kontrol umpan balik tersebut adalah debit minyak pada proses pencampuran dan suhu pada pengontrolan suhu. Sinyal kesalahan penggerak akibat perbedaan sinyal masukan terhadap sinyal umpan balik akan menghasilkan sinyal kesalahan penggerak yang akan menggerakkan aktuator, baik putaran pompa pada proses pencampuran maupun pemanas pada pengontrolan suhu. Kemudian terjadi proses yang menghasilkan keluaran, baik berupa debit air maupun besarnya suhu. Hasil keluaran ini dideteksi oleh instrumen ukur berupa perubahan tegangan yang dihasilkan potensiometer pada proses pencampuran, maupun dari termokopel untuk pengontrolan suhu. Hasil pendeteksian ini dikembalikan sebagai pembanding sinyal masukan.

Kontrol umpan balik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 11 dibawah ini :



Gambar 11. Skema Kontrol Umpan Balik



Gambar 12. Diagram Alir Proses
Pengontrolan Proses Pencampuran

AI1 = Masukan tegangan analog dari potensiometer
AO1 = Keluaran tegangan analog ke potensiometer
AO2 = Keluaran tegangan untuk mengatur putaran pompa
Disp1 = Tampilan hasil akuisisi data
DO1/DO2 = Simbol perintah untuk pengeluaran sinyal digital
ET1 = Simbol perintah untuk menjalankan waktu
Log1 = Simbol perintah untuk menyimpan data hasil akuisisi
ONF1 = Simbol untuk menjalankan atau mematikan sinyal digital berdasarkan data pengukuran suhu pada tangki minyak
PRG1 = Program perhitungan nilai Z (jumlah air yang dibutuhkan)
PRG2 = Program perhitungan debit minyak
PRG3 = Program perhitungan debit air
PRG4 = Program perhitungan tegangan yang harus dikeluarkan
TMP1 = Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki minyak
TMP2 = Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki air

Secara teknis, pencampuran dan pengontrolan suhu yang terprogram dapat dilihat pada Gambar 12. Mula-mula kita memberikan tegangan tetap (AO) sebesar 5 volt melalui *device* 002. PC-816 DA-1 I/O=200H *Slot* 1 pada *Channel* 1. Kemudian tegangan ini dihubungkan dengan potensiometer 500 k ohm yang akan mengeluarkan tegangan masukan yang sesuai dengan bukaan keran. Tegangan masukan ini akan dibaca oleh *device* 003. PCL-816 *with Exp.* I/O=200H *Slot* 0 pada *Channel* 1.

Penambahan perhitungan matematis juga dilakukan untuk menyempurnakan proses pengontrolan ini. Dalam pengontrolan proses pencampuran ini digunakan empat macam PRG. PRG 1 adalah baris program untuk menghitung banyaknya air yang dibutuhkan dalam proses pencampuran ini (Z). Dari Persamaan 2 terlihat bahwa nilai Z ini dipengaruhi oleh kadar minyak awal dan akhir. Karena kadar minyak awal berfluktuasi dan tergantung dari hasil pengepresan (Guthrie, 1995) sementara kadar minyak akhir dibiarkan tergantung kondisi yang diinginkan, maka kadar minyak awal dan akhir dibiarkan mengambang dan dapat diubah sesuai kebutuhan dengan batas antara 0-100. Kemudian nilai kadar minyak awal dan kadar minyak yang diinginkan dibuat sebagai suatu variabel yang dapat diubah-ubah dan mempengaruhi nilai kadar air yang dibutuhkan. Dengan memasukkan nilai kadar minyak awal (KM1) sebesar 58,4817 % dan nilai kadar minyak yang diinginkan (KM2) sebesar 30 % dan 40 %, maka dengan menggunakan Persamaan 2 akan diperoleh banyaknya air yang harus ditambahkan (Z) sebesar 0,94939 ml dan 0,4620425 ml/1 ml minyak campuran. Dengan memasukkan nilai Qm dan Z ke dalam Persamaan 4, akan diperoleh nilai Qa, yaitu debit air yang ditambahkan. Tetapi sebagai nilai standar, digunakan nilai kadar minyak awal hasil pengujian CPO sebesar 58,4817 dan kadar minyak akhir 30 serta 40. Nilai kadar minyak awal dan akhir ini menggunakan fasilitas NCTL.

Penambahan program yang kedua (PRG 2) dilakukan untuk mengkonversikan besaran tegangan masukan akibat perubahan posisi keran terhadap debit minyak. Dari hasil kalibrasi debit minyak campuran terhadap tegangan masukan yang diterima oleh AI, maka diperoleh Persamaan 6 berupa persamaan regresi sebagai berikut :

$$Qm = 155{,}23 \times AI \qquad \ldots..(6)$$

Persamaan diatas mempunyai nilai $R^2 = 0{,}99$.

Keluaran dari PRG 1 dan PRG 2 akan menjadi masukan bagi PRG 3 untuk menentukan debit air yang harus dikeluarkan. Perhitungan debit air yang harus dikeluarkan dapat dilihat pada Persamaan 4. Hasil perhitungan dari PRG 3 ini akan diolah lagi dengan menggunakan Persamaan 7 pada PRG 4 untuk menentukan besarnya tegangan yang akan menjalankan pompa. Nilai Qa diperoleh dari tegangan keluaran (AO) yang mengatur putaran pompa. Hubungan antara Qa dengan AO dapat dilihat dari