

PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM KONTROL DAN *MONITORING* PADA TANGKI TIMBUN CPO DAN PKO

Shinta Bella Mardiyanti

Jurusan D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : shintabellam@gmail.com

Abstrak---Rendahnya kualitas *Deterioration of Bleachability Index (DOBI)*, dan tingginya kadar *Free Fatty Acid (FFA)* dan air pada minyak kelapa sawit menandakan bahwa minyak kelapa sawit tidak sesuai dengan spesifikasi. Untuk mencapai kualitas terbaik, temperatur *Cernel Palm Oil (CPO)* dan *Palm Kernel Oil (PKO)* harus dalam rentang 50-55°C. Temperatur juga berpengaruh pada sistem penyaluran dalam pembacaan *flowmeter*. Keakuratan dalam pembacaan *flowmeter* dibutuhkan untuk mengurangi kecurangan yaitu selisih jumlah antara minyak masuk dan keluar. Sistem kontrol dan *monitoring* sangat diperlukan untuk kenaikan temperatur dan pembacaan aliran pada tangki timbun. Kontrol temperatur diperlukan agar kenaikannya tidak melebihi 5°C per harinya dan mencapai spesifikasi. Kontroler dan *plant* yang berjarak sekitar 15 meter memerlukan suatu sistem yang mampu dikendalikan secara jarak jauh. Konsep dan arsitektur SCADA digunakan pada sistem tangki timbun yang meliputi proses *unloading*, penimbunan dan *loading*. Sistem *monitoring* juga digunakan pada level tangki, agar diketahuinya level maksimal dan minimal. Sistem yang dibangun mampu dilakukan secara jarak jauh dengan media komunikasi profibus. Dengan menggunakan komunikasi profibus mampu memudahkan pengaturan dan *monitoring* tangki CPO dan PKO dari ruang kontrol.

Kata Kunci--- aliran, level, temperatur, tangki timbun, minyak kelapa sawit, SCADA, profibus

I. PENDAHULUAN

Pada pabrik kelapa sawit yang pertama dibangun terdapat tangki timbun namun sistem yang dijalankan masih secara tradisional. Tangki timbun yang digunakan tidak berkapasitas besar. Sistem kontrol dan *monitoring* masih dilakukan dengan cara manual yaitu kontrol secara berkala dengan pantauan manusia. Sistem tersebut memiliki beberapa kekurangan antara lain proses penyaluran menuju dan keluar tangki kurang efisien, adanya kecurangan dalam penyaluran minyak kelapa sawit dan susahnya *monitoring* tangki (level dan temperatur).

Pembangunan pabrik kelapa sawit yang kedua memiliki tangki timbun dengan kapasitas yang besar yaitu 3000 dan 5000 ton. Namun, apabila dengan kapasitas yang besar dengan sistem kontrol dan *monitoring* yang masih manual akan berpengaruh pada produktivitas produknya. Sistem yang manual juga

kurang efektif dan efisien untuk menjalankan *plant* dengan kapasitas besar.

Dilihat dari beberapa kekurangan sistem dengan cara manual, maka dirancang suatu sistem kontrol dan *monitoring* secara otomatis [3]. Sistem yang dibutuhkan untuk tangki timbun dengan meliputi proses *unloading*, penimbunan dan *loading*.

Sistem *monitoring* pada level tangki timbun dilakukan agar mampu mengetahui tingkat maksimum dan minimum minyak di dalam tangki. Kecurangan kerap terjadi pada proses penyaluran minyak kelapa sawit yang adanya selisih jumlah antara aliran yang masuk dan keluar pada tangki timbun. Pengendalian dan *monitoring* aliran menggunakan *flowmeter* dilakukan agar mampu mencatat berapa nilai aliran yang masuk ke dalam tangki penimbunan dan penyaluran menuju konsumen. Pencatatan aliran dipengaruhi dari temperatur yang harus dalam keadaan seragam agar mempermudah pembacaan *flowmeter* yang terpasang pada pipa untuk proses *unloading* dan *loading*.

Kualitas minyak kelapa sawit sangat penting yang diukur dari DOBI, FFA dan kadar airnya. Semakin tinggi nilai DOBI maka kualitas dan harga jual minyak kelapa sawit juga meningkat. Untuk kadar FFA pada minyak kelapa sawit harus serendah mungkin yaitu dibawah 2%. Sedangkan kadar air pada minyak kelapa sawit juga harus diminimalkan. Untuk mencapai kualitas tersebut, temperatur CPO dan PKO harus dalam rentang 50-55°C. Oleh karena itu, pentingnya pengendalian temperatur untuk mencapai keadaan yang sesuai dengan spesifikasi.

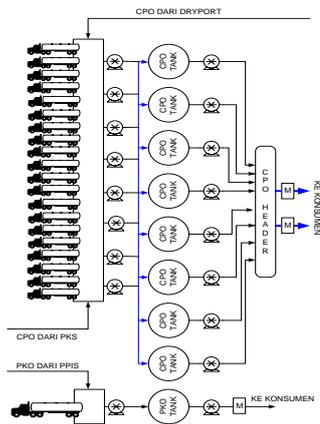
SCADA adalah teknologi yang memungkinkan sistem untuk mengumpulkan data dari satu atau lebih dan mampu mengirim instruksi kontrol dengan jarak yang cukup jauh [3]. Konsep dan arsitektur SCADA digunakan dalam sistem kontrol dan *monitoring* tangki timbun CPO dan PKO. Sistem yang dibangun mampu dilakukan secara jarak jauh dengan media komunikasi profibus. Dengan menggunakan sistem SCADA mampu memudahkan dalam kontrol dan *monitoring* tangki dan parameternya (aliran, level dan temperatur).

II. SISTEM TANGKI TIMBUN CPO DAN PKO

A. Perancangan Sistem Kontrol pada Tangki Timbun

Sistem kontrol dan *monitoring* pada tangki timbun terdapat beberapa proses dan tahapan. Mulai dari proses pemompaan pada sistem *unloading* dan *loading*. Proses mulai dari truk tangki masuk ke sistem *unloading*

kemudian dilakukannya proses pemompaan, aliran masuk ke dalam tangki timbun. Setelah terjadi beberapa proses dalam tangki timbun dilakukan pemompaan lagi dari tangki timbun menuju ke konsumen. Proses sistem tangki timbun CPO dan PKO ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1 Flow Diagram sistem tangki timbun

Dengan jarak yang cukup jauh untuk melakukan proses penimbunan yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit, baik truk tangki maupun kereta api maka diperlukan sistem untuk mempermudah proses tersebut. Sistem yang digunakan adalah *Unloading* yang berarti proses masuknya CPO dan PKO ke tangki timbun. Sistem mekanisme *Unloading* tidak langsung menuju ke tangki timbun namun melalui tangki *buffer* yang berkapasitas 30m³. Jadi fungsi tangki *buffer* disini berfungsi untuk penyimpanan sementara yang nantinya akan dialirkan ke tangki timbun melalui proses pemipaan dan pemompaan.

Sistem *Unloading* untuk CPO dan PKO yang berasal dari truk tangki mempunyai beberapa mekanisme proses. Proses yang pertama saat CPO dan PKO masuk ke truk tangki yang berasal dari pabrik kelapa sawit. Selanjutnya truk tangki menuju sebuah jembatan timbang yang dimana akan ditimbang berapa besar muatan yang diangkut. Setelah melakukan proses timbang maka truk tangki menuju tangki *buffer* untuk mengeluarkan dengan bantuan selang pada tangki. Proses yang terakhir truk tangki kembali menuju ke jembatan timbang untuk melakukan penimbangan beban kosongnya.

Pada mekanisme sistem *Unloading* yang berasal dari truk tangki mempunyai pengukuran yang dilakukan di jembatan timbang. Jadi, dari situ dapat dibuat data inventori berapa CPO dan PKO yang masuk melalui truk tangki dari beban yang ditimbang.

Pada tangki timbun CPO dan PKO terdapat sistem kontrol guna mengetahui aliran dan level pada tangki. Sistem kontrol aliran diperlukan untuk mengetahui berapa minyak yang masuk dan keluar pada tangki timbun. Sistem kontrol untuk aliran pada tangki timbun merupakan kontrol secara manual yaitu buka atau tutup katub dan valve.

Proses kontrol yang digunakan adalah proses kontrol sekuensial. Proses kontrol sekuensial adalah berbasis *event*, di mana satu peristiwa berikut lain sampai urutan

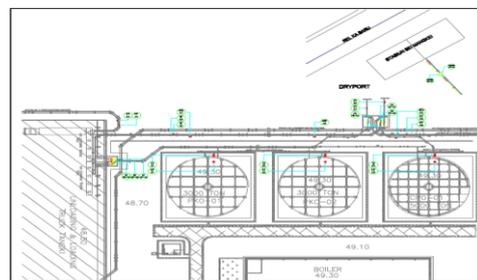
proses selesai. Banyak fungsi kontrol proses yang berurutan dan membutuhkan pemantauan terus menerus dari variabel proses, sehingga dapat disebutkan semua itu dalam satu tingkatan atau *set*. Proses kontrol yang sensor tingkat mendeteksi bahwa wadah penuh, dan saklar dari On ke Off, yang akan mengirimkan sinyal ke kontroler untuk mematikan cair mengisi. Sebuah berbasis waktu urutan di mana acara diberi batas waktu oleh kontroler dan tidak menunggu sinyal masukan.

Kontrol temperatur disini berfungsi sebagai indikator agar mampu memantau kondisi/berapa temperatur tangki pada saat itu. Pada saat mengontrol temperatur tangki, perubahan temperatur hanya boleh berubah 5°C per harinya. Dengan demikian apabila ingin mencapai temperature dari 30°C menjadi 50°C membutuhkan waktu 6 hari.

B. Perancangan Sistem *Monitoring* pada Tangki Timbun

Pembangunan suatu plant pada industri harus dirancang dengan terstruktur. Terutama apabila suatu sistem kontrol dan *monitoring* yang mempunyai jarak cukup jauh antara kontroler dan *plant*. Penempatan sangat berpengaruh untuk mempermudah jalannya suatu sistem tersebut.

Pada industri minyak kelapa sawit, sistem *monitoring* bertujuan untuk mengawasi aliran/level minyak pada tangki timbun dan temperatur pada tangki timbun tersebut. Sistem *monitoring* mampu mempermudah pemantauan karena antara *plant* dan kontroler mempunyai jarak yang cukup jauh. Lokasi kontroler berapa pada suatu ruangan dengan nama ruang kontrol. Ruang kontrol berisi PLC, MCC dan PC untuk server dan client seperti denah lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.



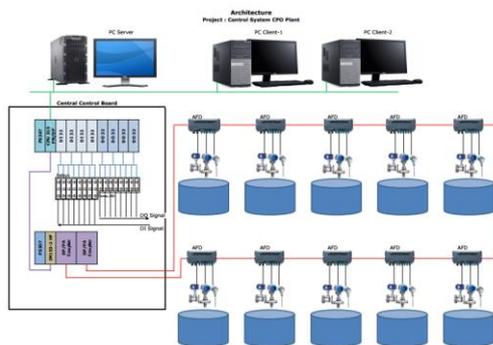
Gambar 2 Denah antara *plant* dan kontroler

Proses *monitoring* sangat berpengaruh pada proses penimbunan CPO dan PKO karena mampu mempermudah memantau proses kontrol mulai dari proses *unloading* sampai ke *loading*. Sistem *monitoring* ini dirancang dengan tampilan sebuah HMI (*Human Machine Interface*) yang dimana desainnya sesuai dengan keadaan nyata. Hal tersebut memudahkan operator dalam mengetahui proses yang terjadi dan mampu memberikan pengendalian apabila terjadi sesuatu kendala pada sistem penimbunan CPO dan PKO.

Sistem *monitoring* pada tangki mulai dari CPO dan PKO masuk dari *unloading*, penimbunan, dan *loading*. Pertama memantau berapa aliran yang masuk pada tangki timbun melalui transmitter aliran yang terpasang dekat sistem *unloading*. Kemudian masuk pada penimbunan tangki dipantau berapa level tangki dan temperature tangki. Manfaat dipantaunya level tangki adalah untuk menanggulangi apabila level tangki akan mencapai nilai maksimum atau nilai minimum. Sedangkan untuk temperatur tangki berguna untuk mengetahui proses pemanasan yang akan dilakukan agar temperatur saat CPO dan PKO disalurkan mencapai spesifikasi yang ditentukan. Sistem terakhir pada *loading* berguna untuk mengathui berapa aliran yang keluar dari tangki timbun untuk dsalurkan ke konsumen melalui kereta api, konsumen, dan truk tangki.

Sistem pada tangki timbun CPO dan PKO juga mampu mengawasi pada katub dan pompa untuk mengalirkan minyak baik dari *unloading* ataupun *loading*. Dapat diketahui pompa mana dan katub mana yang sedang aktif dan katub atau pompa mana yang harus dalam keadaan berjaga. Hal tersebut disebabkan pada tangki CPO terdapat dua pipa menuju tangki timbun, sedangkan pada kedua pipa tersebut terdapat pompa dan katub. Apabila kedua pompa dan katub dalam keadaan aktif maka salah satu akan mengembalikan aliran atau biasa disebut dengan *feedback* ke tangki *buffer*. Jadi khusus untuk tangki CPO dikondisikan untuk salah satu pompa dan katub dalam kondisi aktif dan satunya dalam keadaan berjaga.

Sistem kontrol dan *monitoring* tangki dirancang terlebih dahulu sebelum masuk ke realisasinya. Di dalam perancangannya, sistem kontrol dan *monitoring* mengacu pada *piping and instrumen diagram*. Perancangan tersebut berisi tentang peletakkan transmitter aliran, level, dan temperatur, alur proses kerja sistem kontrol dan *monitoring* pada tangki timbun CPO dan PKO. Arsitektur SCADA sebagai integrasi sistem digambarkan pada Gambar 3-9



Gambar Error! No text of specified style in document. Arsitektur SCADA sebagai integrasi

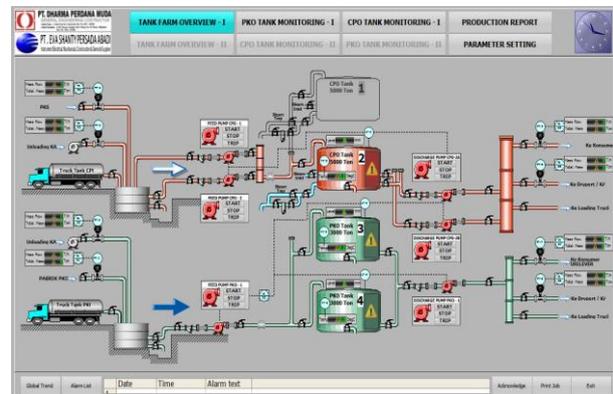
III. HASIL DAN IMPLEMENTASI

A. Pengukuran Sistem Kontrol dan Monitoring

Pengujian pada *real plant* dilakukan pada sistem kontrol dan *monitoring* pada ruang kontrol dimana

sebagai pusat dari sistem pada tangki timbun CPO dan PKO. Pengujian sebuah program sistem kontrol dan *monitoring* yang dibuat melalui PC Server menggunakan software TIA Portal. Software tersebut membuat sebuah perancangan atau HMI yang akan ditampilkan pada HMI yang menggunakan software WinCC Runtime. Dari software TIA Portal diatur di HMI server, setelah itu HMI server dibuka dengan menampilkan sebuah tampilan yang sudah dirancang pada TIA Portal.

Arsitektur sistem kontrol dan *monitoring* pada tangki timbun memerlukan konfigurasi yang dimana semua instrumen diletakkan pada masing-masing AFD yang kemudian dimasukkan ke data DP/PA Coupler pada wiring PLC. Apabila sudah masuk ke DP/PA Coupler maka DP/PA Coupler pada server akan membaca bahwa instrumen sudah mampu dikendalikan dan dipantau. Setelah semua proses konfigurasi antara software dan hardware selesai maka dimulai dengan uji coba program untuk menyalakan sebuah motor pada salah satu pompa untuk mengalirkan CPO atau PKO. Program yang dirancang pada TIA Portal untuk tampilan di HMI Runtime seperti gambar 4



Gambar Error! No text of specified style in document. Tampilan program pada TIA Portal

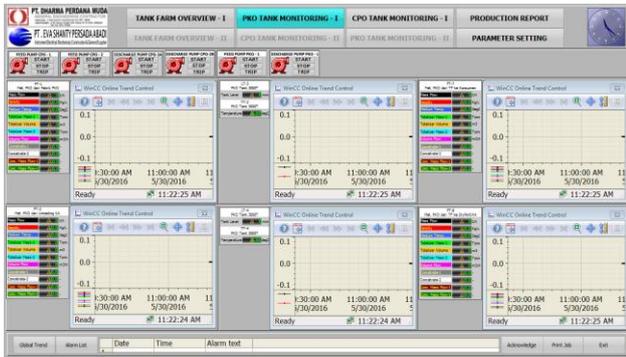
Tampilan HMI di atas berisi tentang kondisi tangki pada saat itu, dimana kondisi tangki meliputi aliran yang masuk/keluar tangki timbun, level tangki, temperature tangki, data trend masing-masing tangki, dan alarm apabila terjadi gangguan dari sistem kontrol dan *monitoring*. Masing-masing tangki yaitu CPO dan PKO mempunyai sistem kontrol dan *monitoring* yang terpisah, namun untuk prosesnya tetap menjadi 1 sistem kontrol dan *monitoring*.

Pada TIA Portal diaktifkan untuk mode aktif pada WinCC Runtime, kemudian pada WinCC Runtime diaktifkan melalui WinCC Runtime Server. Jadi HMI tersebut diatur sebagai server dari sistem kontrol dan *monitoring* pada tangki CPO dan PKO.

Tampilan HMI pada WinCC runtime menggambarkan keseluruhan dari sistem tangki CPO dan PKO. Masing-masing instrumen juga terdapat pada HMI berupa nilai dari parameter yang diukur kemudian digambarkan pula dengan data grafik. Apabila terdapat hal yang diluar sistem seperti alarm akan muncul dalam

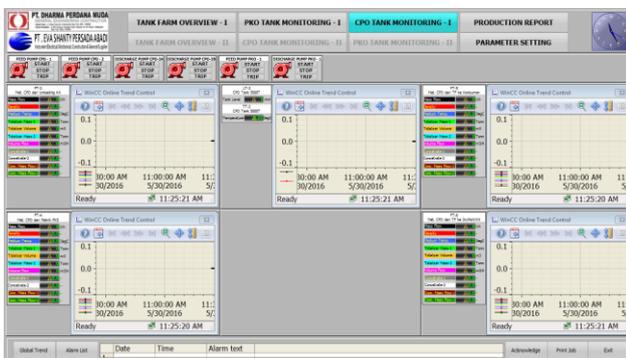
tampilannya. Setelah server WinCC Runtime dipanggil maka tampilan HMI akan muncul.

Sistem *monitoring* pada tangki PKO berisi tentang pantauan terhadap aliran, level dan temperatur pada tangki. Sistem pada aliran minyak kelapa sawit tidak hanya mampu membaca jumlah aliran saja, tetapi ada beberapa parameter yang dimunculkan. Parameter-parameter tersebut meliputi massa, jumlah, kekentalan, volume, massa jenis dari aliran. Sedangkan, untuk level dan temperatur yang ditampilkan berupa nilai dari instrument tersebut. Tampilan untuk sistem *monitoring* pada tangki PKO ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5 Tampilan sistem *monitoring* pada tangki PKO

Pada sistem *monitoring* untuk tangki CPO sama halnya dengan apa yang ditampilkan pada tangki PKO. Hal yang membedakan adalah jumlah dari tangki yang dipantau hanya 1 tangki. Untuk penyaluran tangki CPO dibagi menjadi 2 saluran yang masing-masing terdapat pompa, tetapi pompa hanya salah satu yang diperbolehkan aktif. Hal tersebut mencegah aliran minyak kembali menuju tangki timbun sementara. Jadi, salah satu pompa harus dalam keadaan siaga. Tampilan sistem *monitoring* pada tangki CPO ditunjukkan pada Gambar 6



Gambar 6 Tampilan sistem *monitoring* pada tangki CPO

B. Simulasi Sistem Kontrol dan Monitoring

Simulasi digunakan untuk menjelaskan sebuah proses kontrol dengan cara umum (*general*). Bagaimana dari sebuah sistem yang *real plant* diubah menjadi sebuah *virtual plant*. Banyak perbedaan antara kedua sistem

tersebut, namun bagaimana cara mendeskripsikan hal yang sama dengan proses kontrol yang sama. Peran suatu sistem kontrol dan monitoring pada aliran yaitu untuk memudahkan diketahuinya nilai yang masuk dan keluar pada tangki timbun. Sedangkan untuk level, memudahkan untuk diketahuinya suatu titik tertentu pada tangki timbun. Pengendalian dilakukan pada pompa dan katub pada pipa yang menuju tangki.

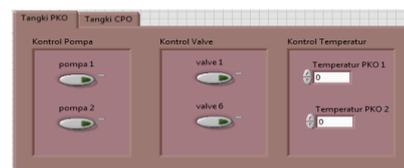
Berbeda dengan *real system* pada tangki timbun CPO dan PKO, simulasi menjelaskan bagaimana sistem kontrol pada tangki timbun secara garis besarnya. Mulai dari sistem *unloading*, penimbunan dan *loading* secara sekuensial. Perancangan untuk simulasi dirancang menggunakan 2 PC yang dimana satu menjadi sebuah kontroler dan satunya menjadi sebuah *plant* dari tangki timbun CPO dan PKO.

Perbedaan antara *real plant* dan *simulasi* juga terletak pada sistem komunikasi antara *plant* dengan kontrolernya. Komunikasi untuk menggabungkan antara kontroler dan *plant* adalah dengan menggunakan kabel Ethernet atau LAN. Mekanisme komunikasi ini dengan menggabungkan kabel pada kedua PC kemudian diatur untuk alamat pada *Internet Protocol Version (TCP/IP)*.

Kontrol pada simulasi dijelaskan bahwa sebuah tangki timbun CPO dan PKO dikontrol menggunakan katub/pompa yang diaktifkan. Kontrol yang digunakan hanya berupa digital (ON/OFF) dimana proses sistemnya dirancang secara sekuensial. Simulasi ini menjelaskan secara sederhana dari proses yang dirancang pada *real system*. Sistem *monitoring* tangki timbun digunakan sebuah indikator level pada tangki.

Simulasi untuk sistem kontrol dan *monitoring* dibagi menjadi dua yaitu salah satu berfungsi sebagai kontrol dan HMI. Untuk PC yang digunakan sebagai PC server yang berisi beberapa kontroler pompa dan katub. Kontroler itu berisi sebuah tombol-tombol untuk mengaktifkan pompa dan katub. Antara kontroler dan *plant* sudah dikoneksikan menggunakan *datasocket* di *labview*, maka saat disimulasikan keduanya sudah terhubung.

Ketika pompa 1 dan katub 1 diaktifkan pada kontroler, maka pada PC *plant* akan aktif juga dalam proses pengisian tangki. Tampilan HMI pada PC kontroler tangki PKO ditunjukkan pada Gambar 7

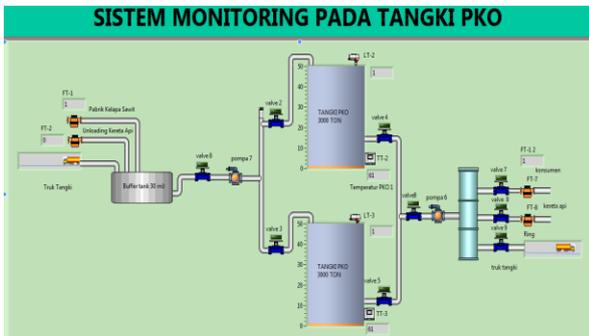


Gambar 7 Tampilan HMI untuk kontroler PKO

Simulasi untuk tangki PKO diproses secara sekuensial, apabila tangki pertama terisi maka tangki kedua dalam keadaan konstan. Apabila tangki pertama sudah melebihi batas maksimum pengisian, maka tangki kedua baru terisi. Sistem FIFO (*First In First Out*). Tangki yang pertama terisi maka tangki tersebut juga yang akan menyalurkan ke konsumen terlebih dahulu. Apabila pompa 1 dan katub 1 aktif maka tangki pertama akan terisi. Ketika tangki pertama sudah mencapai titik

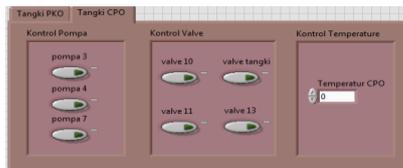
tertentu maka tangki kedua akan mulai terisi. Ketika tangki mulai terisi ataupun berkurang, terdapat indikator level untuk masing-masing tangki dimana dapat diketahui berapa nilai tangki pada saat itu.

Untuk menyalurkan minyak berisi pada tangki menuju konsumen maka pompa 2 dan katub 6 aktif, maka indikator pada ketiga yaitu konsumen, kereta api dan truk tangki aktif. Adanya sebuah aliran terjadi pada proses tangki timbun PKO dimisalkan dengan sebuah indikator yang aktif. Pada masing-masing tangki terdapat sebuah indikator level tangki seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8



Gambar 8 Tampilan HMI pada tangki timbun PKO

Sistem kontrol untuk tangki CPO hampir sama dengan tangki PKO, yang membedakan hanya proses kontrolnya karena dalam proses kontrolnya hanya terdapat satu tangki saja. Kontroler itu berisi sebuah tombol-tombol untuk mengaktifkan pompa dan katub. Tampilan HMI pada PC kontroler tangki PKO ditunjukkan pada Gambar 4-7

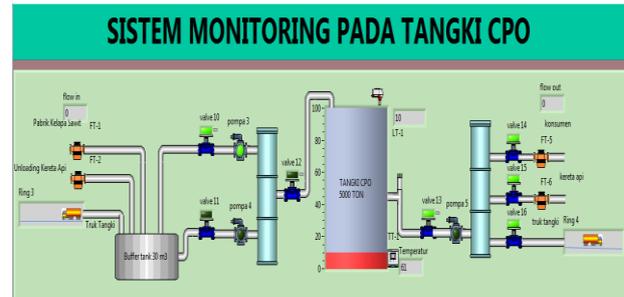


Gambar 9 Tampilan HMI pada kontrol tangki CPO

Sistem *monitoring* pada tangki CPO hampir serupa dengan PKO, namun perbedaannya tangki CPO hanya berjumlah 1. Kontrol pompa dan katub juga berbeda dengan sistem di tangki PKO. Pengisian tangki CPO mampu dikontrol dengan mengaktifkan salah satu pompa dan katub. Kedua pompa tidak dapat aktif dalam waktu bersama-sama, apabila keduanya aktif maka aliran akan kembali menuju tangki *buffer*. Maka pompa dikontrol apabila salah satu pompa aktif maka pompa yang satu dalam keadaan siaga.

Ketika tangki terisi maka katub tangki CPO harus terbuka, apabila katub belum terbuka maka aliran tidak dapat masuk ke dalam tangki. Saat semua kondisi pengisian tangki terpenuhi maka indikator level pada tangki aktif. Apabila tangki sudah terisi dan siap untuk disalurkan ke konsumen, kereta api dan truk tangki maka pompa dan katub penyaluran ke konsumen diaktifkan. Apabila indikator pada ketiga konsumen tersebut aktif maka indikator level tangki juga akan berkurang secara

perlahan. Tampilan HMI untuk sistem pada tangki CPO ditunjukkan pada Gambar 9



Gambar 10 Tampilan simulasi pada tangki timbun CPO

IV. PENUTUP

Kesimpulan

Sistem kontrol dan *monitoring* dalam dunia industri sangat berpengaruh untuk kelancaran sebuah produktivitas sebuah produk. Hal tersebut mampu meminimalisir proses kerja suatu *plant*. Sistem kontrol dan *monitoring* juga mampu mempermudah dalam pengawasan dan pengendalian sebuah *plant* yang dimana manusia susah untuk menjangkaunya.

Sistem kontrol dan *monitoring* juga tidak harus terhalang oleh jarak yang cukup jauh dalam memantaunya. Dengan sistem kontrol dan *monitoring* SCADA mampu mempermudah dalam hal tersebut. Sistem tersebut juga mampu mengontrol suatu peralatan instrumen dengan mengkonfigurasinya di dalam sistem itu sendiri. Media komunikasi yang digunakan juga tidak perlu harus menarik kabel sejauh *plant* dan kontroler.

Saran

Agar pengendalian dan *monitoring* bekerja secara objektif, sebaiknya semua sistemnya dibuat secara otomatis. Karena dalam lingkup besarnya peralatan yang digunakan mampu dibuat secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cosmina Illes, Gabriel Nicolae Popa, "Water Level Control System Using PLC and Wireless Sensors, IEEE 9th International Conference on Computational Cybernetics, July, 2013
- [2] Barz Cristian, Oprea Constantin, Erdei Zoltan, Pop Vadean Adina, Petrovan Florica, "The control of an industrial process with PLC, 2014
- [3] Stuart A. Boyer, "Supervisory Control and Acquisition Data 3rd Edition", United State of America, 2004
- [4] Ogata K. , "Modern Control Engineering", Prentice-Hall, New Jersey, Ch. 3, 1997.
- [5] Daniel K. Fisher dan Ruixiu S., 2013, "An Expensive open-source ultrasonic sensing system for monitoring liquid level, Agric Eng Intl CIGR Journal, Vol.15, No 14, December.
- [6] Paraskevopoulos P. N. , "Modern Control

Engineering", Marcel Dekker, pp. 237-270, New York, 2002.