



Komunikasi SMS antara PLC *Master* dan *Slave* Menggunakan Modem GSM Untuk Pengamatan dan Pengendalian *Water Treatment Plant*

Shanti Purnama dan Daniel Setiadikarunia

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung

Jl. Suria Sumantri 65, Bandung 40164, Indonesia

cocosan.pp@gmail.com

Abstrak: *Water Treatment Plant* (WTP) adalah sarana yang penting diseluruh dunia yang menghasilkan air bersih dan sehat untuk konsumsi. Orang membutuhkan air bersih dan sehat untuk minum, masak, mandi, cuci, produksi pada industri atau pabrik, dan lain-lain. Proses pada *Water Treatment Plant* harus dimonitor 24 jam sehari dan 7 hari seminggu. Pengamatan dan pengendalian *Water Treatment Plant* secara lokal telah dilakukan secara otomatis menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC), tetapi terdapat kebutuhan untuk melakukan pengamatan dan pengendalian beberapa WTP pada tempat-tempat berbeda secara sekaligus oleh pusat pengendali. Dalam makalah ini disajikan usulan sistem yang menggunakan komunikasi SMS melalui modem GSM antara PLC *Master* dan *Slave* untuk pengamatan dan pengendalian jarak jauh WTP. Hasil ujicoba yang telah dilakukan menggunakan WTP virtual menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik. Jadi, sistem yang diusulkan dapat digunakan untuk pengamatan dan pengendalian WTP nyata dengan komunikasi jarak jauh.

Kata kunci: SMS, PLC, *Water Treatment Plant*, pengamatan dan pengendalian

Abstract: *Water Treatment Plant* (WTP) is an essential plant all around the world which produces hygienist water to consumption. People need the hygienist water for drinking, cooking, take a bath, washing, production in industrial or manufacturer, and lot of others. The process in water treatment plant must be monitored 24 hours a day and 7days a week. Local monitoring and controlling of WTP have been done automatically by Programmable Logic Controller (PLC), but there is a need to online monitor and control several water treatment plants in different places at once by controller center. In this paper we present a system that uses SMS communication via GSM modem between master and slave PLCs for long distance monitoring and controlling water treatment plant. The results of the experiment that have been done using virtual water treatment plant show that the system can work properly. So, the proposed system can be used for monitoring and controlling real water treatment plant with long distance communication.

Keywords: SMS, PLC, *Water Treatment Plant*, monitoring and controlling

I. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia sangat bergantung pada air. Seiring dengan perkembangan jaman dan pertambahan jumlah penduduk, bertambah pula polusi pada sumber air yang dikonsumsi masyarakat. Sumber air perlu mengalami proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi masyarakat. Proses pengolahan dari sumber air hingga menjadi air bersih sesuai standar air minum yang siap untuk dikonsumsi masyarakat dilakukan pada *Water Treatment Plant* (WTP).

Pengendalian proses pengolahan air pada WTP dilakukan secara otomatis dan umumnya telah menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC). Pada perkembangannya, pengamatan dan pengendalian tersebut tidak bisa hanya dilakukan hanya pada jarak dekat saja. Pengamatan dan pengendalian jarak jauh untuk beberapa WTP secara sekaligus perlu dilakukan oleh pusat pengendali, untuk itu diperlukan adanya suatu komunikasi yang dapat dilakukan untuk jarak jauh. *Short Message Service* (SMS) merupakan salah satu solusi dalam permasalahan telekomunikasi ini. SMS merupakan fasilitas komunikasi selular yang dapat digunakan untuk pertukaran informasi singkat berupa tulisan. Pada tugas akhir ini dirancang suatu komunikasi menggunakan SMS melalui modem GSM yang langsung terhubung dengan PLC untuk pengamatan dan pengendalian WTP pada pusat pengendali melalui sebuah *Human Machine Interface* (HMI).

Penelitian pemanfaatan komunikasi jarak jauh untuk monitoring sistem dengan pengendali *Programmable Logic Controller* (PLC) yang sudah pernah dilakukan adalah pengendalian PLC jarak jauh menggunakan *Short Message Service* (SMS).^[1] Pada penelitian ini telepon seluler dihubungkan dengan PLC melalui komputer. Informasi kendali dikirimkan dari telepon seluler melalui SMS kepada telepon seluler yang terhubung dengan PLC melalui komputer. Komputer akan menterjemahkan informasi dalam SMS yang diterima menjadi informasi perintah untuk PLC. Penelitian lain adalah pengawasan jarak jauh plant pengendalian temperatur.^[2] Pada penelitian tersebut plant dikendalikan oleh PLC dihubungkan dengan telepon seluler secara langsung tanpa bantuan komputer. Pengawas dapat mengetahui kondisi plant dengan perintah permintaan informasi kondisi plant melalui pengiriman *Short Message Service* (SMS), ataupun plant yang mengirimkan kondisinya kepada pengawas melalui SMS. Beberapa penelitian lainnya lebih terfokus pada pengamatan dan pengendalian secara lokal, yaitu untuk pengamatan dan pengendalian jarak dekat dengan menggunakan HMI.

Penelitian yang disajikan dalam makalah ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian serupa yang sudah pernah dibuat. Pengamatan dan pengendalian dapat dilakukan jarak jauh dan jarak dekat. Pengamatan dan pengendalian jarak jauh dilakukan menggunakan SMS melalui modem GSM yang ditampilkan pada HMI XBT G2310. Pengendalian dan pengamatan jarak dekat dilakukan melalui tampilan pada LabVIEW sebagai HMI sekaligus *virtual plant*. Plant untuk penelitian ini dipilih berupa WTP, karena pada kenyataannya pengamatan dan pengendalian untuk WTP perlu dilakukan secara lokal 24 jam non-stop, dan untuk beberapa WTP secara sekaligus perlu diamati dan dikendalikan juga oleh sebuah pusat pengendalian. Beberapa WTP yang telah menggunakan prinsip kerja ini, di antaranya Riverland Water Treatment Plants (terdiri dari 10 WTP) di South Australia dan Tarago Water Treatment Plant di Melbourne.^[3]

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah bagaimana merealisasikan sistem agar dapat dilakukan pengamatan dan pengendalian *water treatment plant* melalui SMS antara

PLC *master* dan *slave* menggunakan modem GSM?

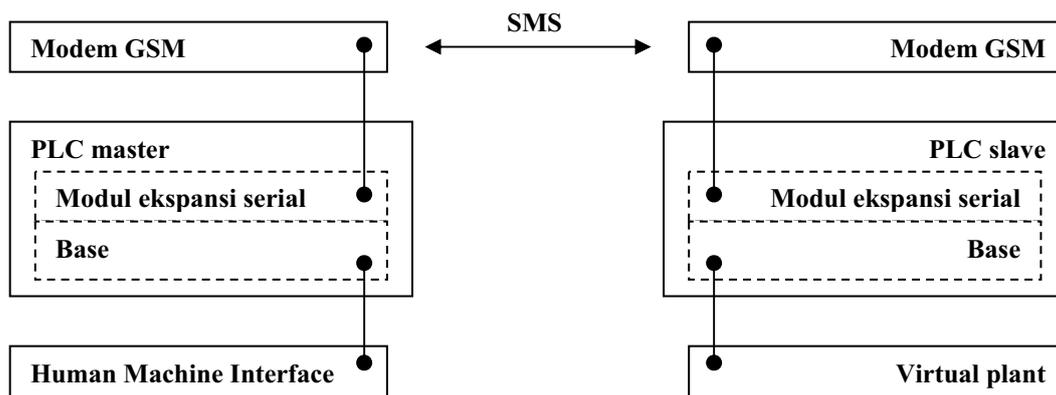
II. MODEL SISTEM

Dalam penelitian ini model sistem menggunakan WTP yang direalisasikan dalam bentuk *virtual plant* dan diasumsikan jaringan GSM dalam keadaan baik. *Virtual plant* yang dibuat mencakup lima proses dasar pada WTP dan tidak dibahas mengenai pengisian awal tangki-tangki dan perhitungan kimia larutan. Dalam perealisasi, *virtual plant* dibuat menggunakan LabVIEW v8.5^[4], PLC Twido TWDLMDA 20DRT dan ekspansi serial TWDNOZ232D pada master dan slave diprogram menggunakan ladder diagram pada TwidoSuite v2.01, HMI berupa XBT G2330 diprogram menggunakan Vijeo-Designer v4.6^[5], dan modem GSM menggunakan WAVECOM FASTRACK 1306B.

Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan pengamatan dan pengendalian water treatment plant melalui SMS antara PLC *master* dan *slave* menggunakan modem GSM yang nantinya diharapkan dapat dikembangkan untuk perealisasi pada plant riil dan digunakan pada perusahaan air minum (PAM) di Indonesia seperti yang telah dilakukan di luar negeri.

II.1. Prinsip Kerja Sistem

Sistem yang dikerjakan pada tugas akhir ini meliputi sistem pada *master* dan *slave*. Pada PLC *master*, *base* dihubungkan dengan HMI menggunakan protokol komunikasi modbus dan modul ekspansi serial dihubungkan dengan modem menggunakan protokol komunikasi ASCII. Pada PLC *slave*, *base* dihubungkan dengan *virtual WTP* menggunakan protokol komunikasi modbus dan modul ekspansi serial dihubungkan dengan modem menggunakan protokol komunikasi ASCII. Komunikasi antara *master* dan *slave* terjadi melalui SMS menggunakan jaringan GSM. Proses yang terjadi pada *virtual plant* dikendalikan secara otomatis oleh PLC *slave*. Pengamatan dan pengendalian secara lokal dapat dilakukan pada indikator dan kontrol yang terdapat pada LabVIEW.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Level air pada reservoir secara periodik dan hal-hal yang bersifat kritis pada plant akan diinformasikan secara otomatis oleh PLC *slave* kepada PLC *master* dengan SMS melalui modem GSM. Program pada PLC *master* dan *slave* didesain untuk melakukan proses hanya jika nomor pengirim dikenal. Perintah akan diabaikan apabila nomor pengirim tidak dikenal, sehingga keamanan dalam komunikasi ini terjamin. Informasi yang disampaikan dari PLC *slave*

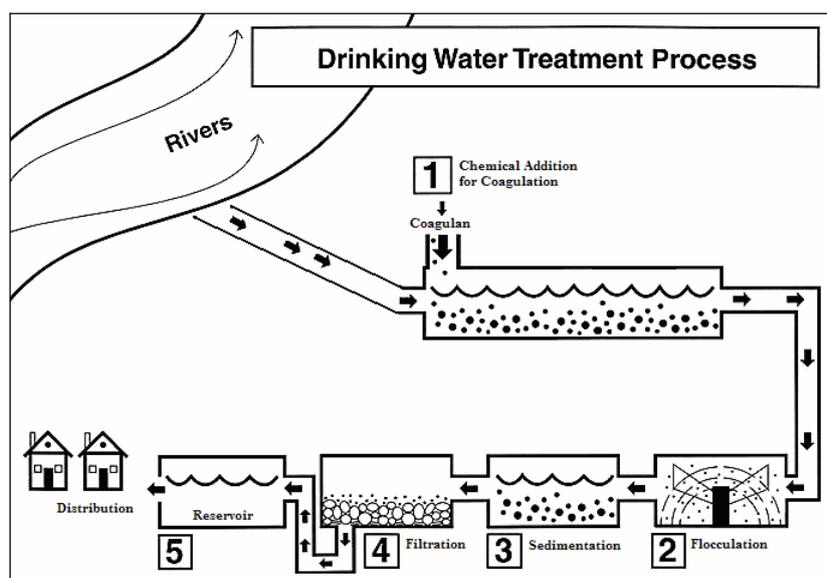
akan ditampilkan pada panel pesan masuk pada HMI. Pengamatan level air dan pH dapat dilakukan atas perintah operator melalui HMI. Pengendalian untuk menghentikan proses yang sedang berlangsung pada WTP dan pengaturan distribusi juga dapat dilakukan operator melalui HMI. Perintah dari HMI akan dikirimkan oleh PLC *master* ke PLC *slave* melalui SMS. Apabila perintah tersebut berupa permintaan informasi level air pada reservoir atau pH, maka PLC *slave* akan membaca nilai yang diminta pada *plant* dan kembali menginformasikannya pada PLC *master*. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1.

III. WATER TREATMENT PLANT (WTP)

Water treatment merupakan sebuah proses pengolahan air yang digunakan untuk membuat air lebih bermanfaat bagi penggunaan akhir sebagai air minum, proses industri, kedokteran, atau penggunaan yang lain. Tujuan dari proses *water treatment* adalah untuk menyingkirkan komponen yang tidak dibutuhkan yang ada di air. Proses *water treatment* ini dilakukan pada WTP.

Proses dasar pada WTP mencakup lima proses utama seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Kelima proses dasar tersebut meliputi:^{[6],[7],[8]}

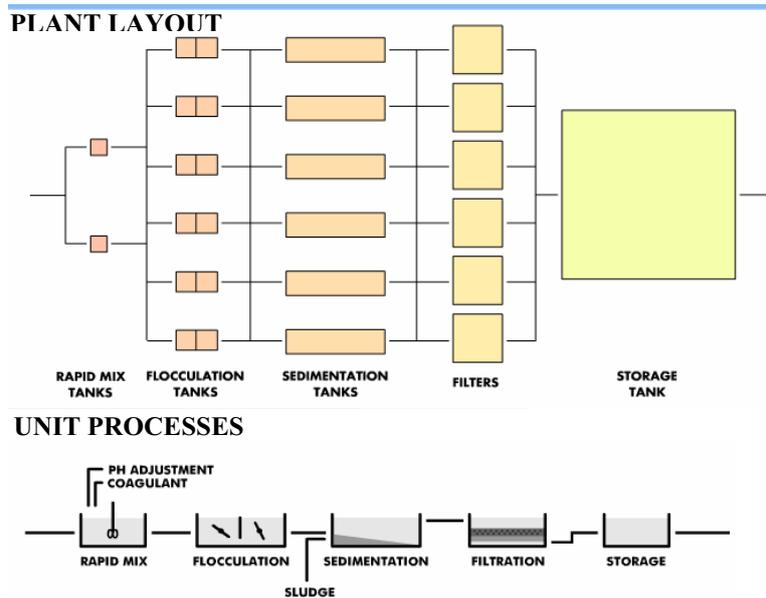
1. Koagulasi, yaitu proses penambahan zat kimia (koagulan) pada air yang disertai dengan pengadukan cepat selama 30 detik. Pada tangki ini juga dilakukan penambahan asam atau basa untuk pengaturan pH.
2. Flokulasi, yaitu proses pembentukan gumpalan dengan pengadukan lambat pada laju aliran horisontal air sebesar 2,5 hingga 7,5 m/s selama 30 menit.
3. Sedimentasi, yaitu proses pengendapan gumpalan secara gravitasi dengan laju aliran horisontal air sebesar 0,15 hingga 0,45 m/s.
4. Filtrasi, yaitu proses penyaringan partikel-partikel kecil yang belum terendapkan pada proses sedimentasi. Proses filtrasi perlu diiringi dengan dilakukannya *backwashing* untuk pembersihan filter.
5. Penampungan air yang siap didistribusikan pada *reservoir*.



Gambar 2. Proses Dasar pada *Water Treatment Plant*

III.1. Perancangan Virtual Water Treatment Plant

Perancangan virtual WTP dibuat dengan menggunakan LabVIEW. Virtual WTP ini dirancang untuk mewakili lima proses utama yang terjadi pada WTP, yaitu koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan penampungan air pada *reservoir* dengan mengacu pada plant layout (tanpa disertai chlorine tank) dan ukuran desain plant dari *Plummer Water Treatment Plant*.^[8] WTP didesain dengan deretan pengolahan secara paralel yang saling terhubung sehingga dapat memberikan *reliability* dan *redundancy* pada sistem. *Plant layout* yang menunjukkan banyaknya tangki untuk masing-masing proses pada *plant* dan *unit processes* WTP yang menunjukkan proses yang terjadi pada WTP ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan *plant* yang dibuat pada LabVIEW ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Plant Layout dan Unit Processes pada WTP^[8]



Gambar 4. Proses Water Treatment pada LabVIEW

Definisi bagian *plant* berdasar Gambar 4 adalah sebagai berikut:

- Pompa 1 : memompa air dari sumber air permukaan ke *rapid mix tank*.
- Pompa 2 : memompa air dari *reservoir* ke konsumen.
- Valve 1 : mengalirkan koagulan ke *rapid mix tank*.
- Valve 2 : mengalirkan asam ke *rapid mix tank*.
- Valve 3 : mengalirkan basa ke *rapid mix tank*.
- Valve 4 : mengalirkan air dari *rapid mix tank* ke *flocculation tank*.
- Valve 5 : mengalirkan air dari *flocculation tank* ke *sedimentation basin*.
- Valve 6 : mengalirkan lumpur dari *sedimentation basin* ke *sludge lagoon*.
- Valve 7 : mengalirkan air dari *sedimentation basin* ke filter.
- Valve 8 : mengalirkan air dari filter ke *backwashing tank*.
- Valve 9 : mengalirkan air dari filter ke *reservoir*.
- Valve 10 : mengalirkan air dari *backwashing tank* ke filter.
- Valve 11 : mengalirkan lumpur dari filter ke *sludge lagoon*.

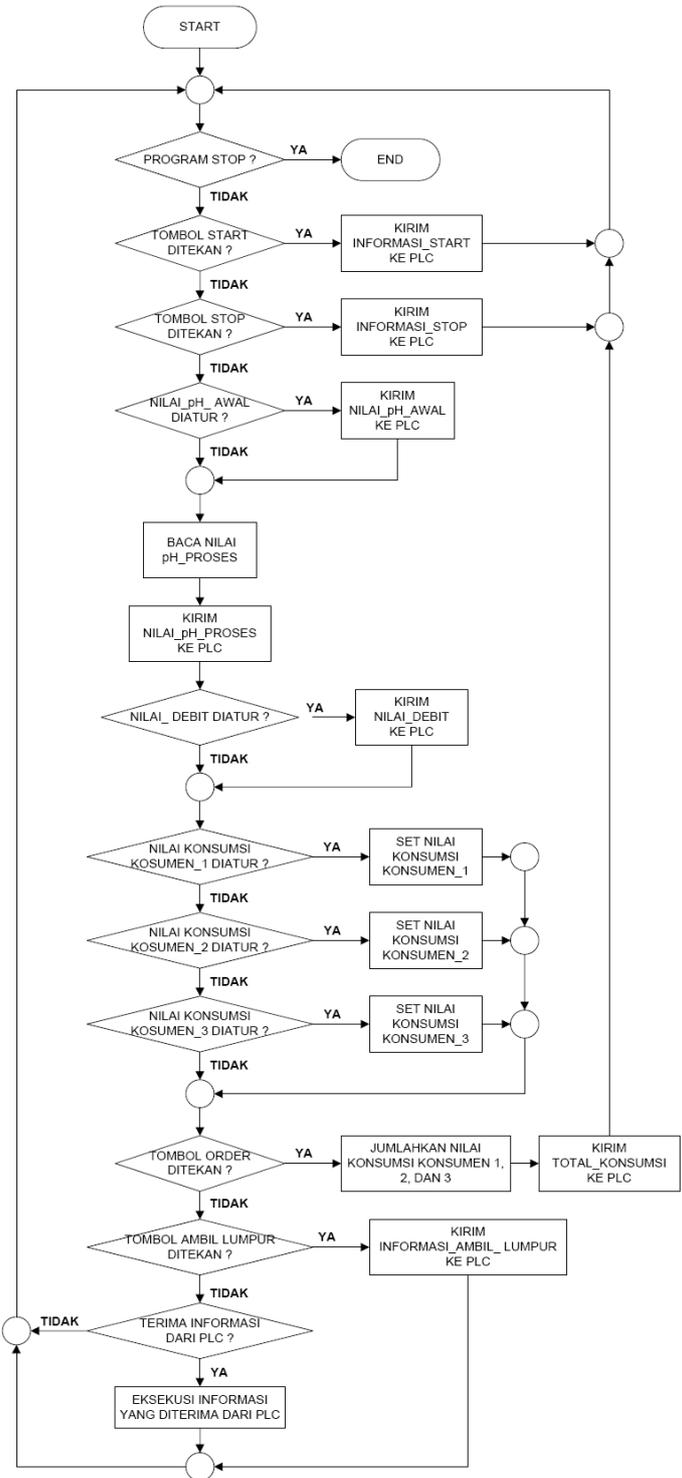
Cara kerja proses pengolahan air *virtual plant* pada Gambar 4 berdasar *real plant*-nya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Air dari sumber mata air permukaan dipompa ke dalam *rapid mix tank*. Air tersebut ditambahkan zat kimia yang berfungsi sebagai koagulan, kemudian dilakukan penyesuaian kadar keasaman (pH) dengan penambahan asam atau basa agar diperoleh pH yang berkisar antara 5,5 sampai 8 yang diiringi dengan pengadukan cepat selama 30 detik. Proses penambahan koagulan yang disertai dengan pengadukan cepat ini disebut dengan koagulasi. Pada *virtual WTP*, pH proses dirancang untuk menuju ke nilai 7.
2. Seusai proses koagulasi, air diteruskan ke dalam *flocculation tank*. Air pada *flocculation tank* ini harus memiliki kecepatan horisontal aliran yang berkisar antara 2,5 sampai 7,5 mm/s dan mengalami pengadukan lambat selama 30 menit untuk mengalami proses flokulasi agar terbentuk gumpalan. Pengaturan kecepatan horisontal air dilakukan dengan mengatur besarnya *valve* yang menghubungkan *rapid mix tank* dengan *flocculation tank*. Pada *virtual WTP*, pengaturan *valve* dirancang untuk mencapai kecepatan horisontal aliran sebesar 5 mm/s.
3. Gumpalan yang terbentuk dari proses flokulasi diendapkan pada *sedimentation basin*. Air berada pada tangki ini selama 4 jam dengan kecepatan horisontal aliran berkisar antara 0,15 hingga 0,45 m/s. Pengaturan kecepatan horisontal air dilakukan melalui pengaturan besarnya *valve* yang menghubungkan *flocculation tank* dengan *sedimentation basin*. Air dialirkan menuju ke filter dan *backwashing tank*, sedangkan endapan dialirkan menuju *sludge lagoon*. Pada *virtual WTP*, pengaturan *valve* dirancang untuk mencapai kecepatan horisontal aliran sebesar 3 m/s.
4. Partikel-partikel kecil yang tidak terendapkan ketika proses sedimentasi disaring melalui filter. Proses filtrasi berlangsung selama 23 jam 45 menit dan kemudian dilanjutkan proses *backwashing* selama 15 menit untuk pembersihan filter. Selama proses *backwashing*, aliran air dari *sedimentation basin* ke filter dan dari filter menuju *reservoir* dihentikan. Air yang disimpan untuk proses *backwashing* dialirkan menuju filter dengan arah yang berlawanan dengan arah air ketika proses filtrasi. Air kotor hasil *backwashing* tersebut kemudian dialirkan menuju *sludge lagoon*. Setelah proses *backwashing* selesai, proses filtrasi kembali

dilakukan, dan begitu seterusnya. Pada *virtual WTP*, dilakukan konversi waktu riil selama 30 menit menjadi 1 menit pada *plant*.

- Air yang telah melewati proses pengolahan kemudian ditampung pada *reservoir* dan siap untuk didistribusikan.

Diagram alir proses kerja *virtual plant* yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.



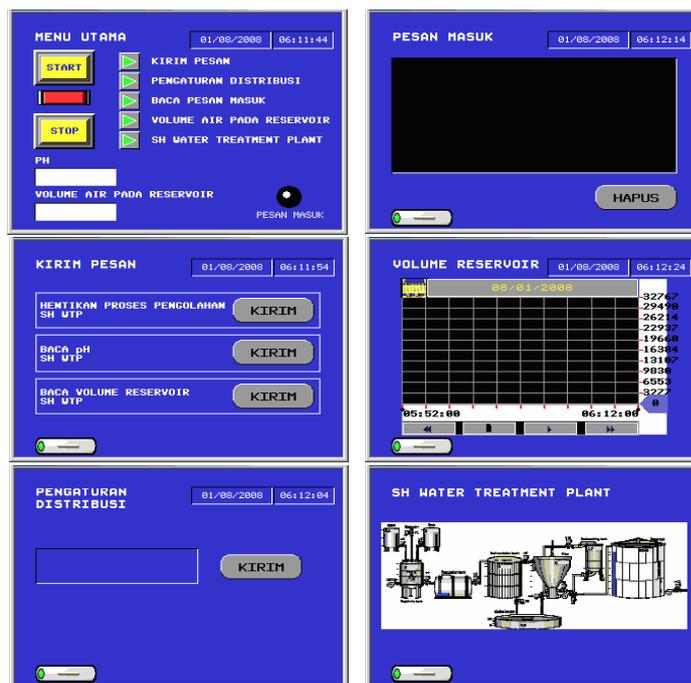
Gambar 5. Diagram Alir Proses Kerja *Virtual WTP* pada LabVIEW

III.2. Pengaturan Penggunaan I/O PLC Slave untuk Pengendalian WTP

Pengaturan penggunaan I/O PLC *slave* untuk pengendalian WTP dilakukan untuk menghitung jumlah penggunaan I/O pada PLC *slave*, sehingga jenis PLC yang dipergunakan dapat disesuaikan. Penggunaan I/O tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Pengendalian *virtual plant* dapat dilakukan hanya dengan menggunakan PLC Twido 20 DRT yang memiliki 12 *input* dan 8 *output*, karena *virtual I/O* dikendalikan dari *memory word*.^[9] Namun apabila pengendalian *plant* tersebut diaplikasikan dalam riil I/O, maka diperlukan PLC dengan kapasitas 17 *input* dan 17 *output*. Penambahan ekspansi dapat dilakukan untuk menambah kapasitas I/O yang digunakan dalam PLC *slave*.

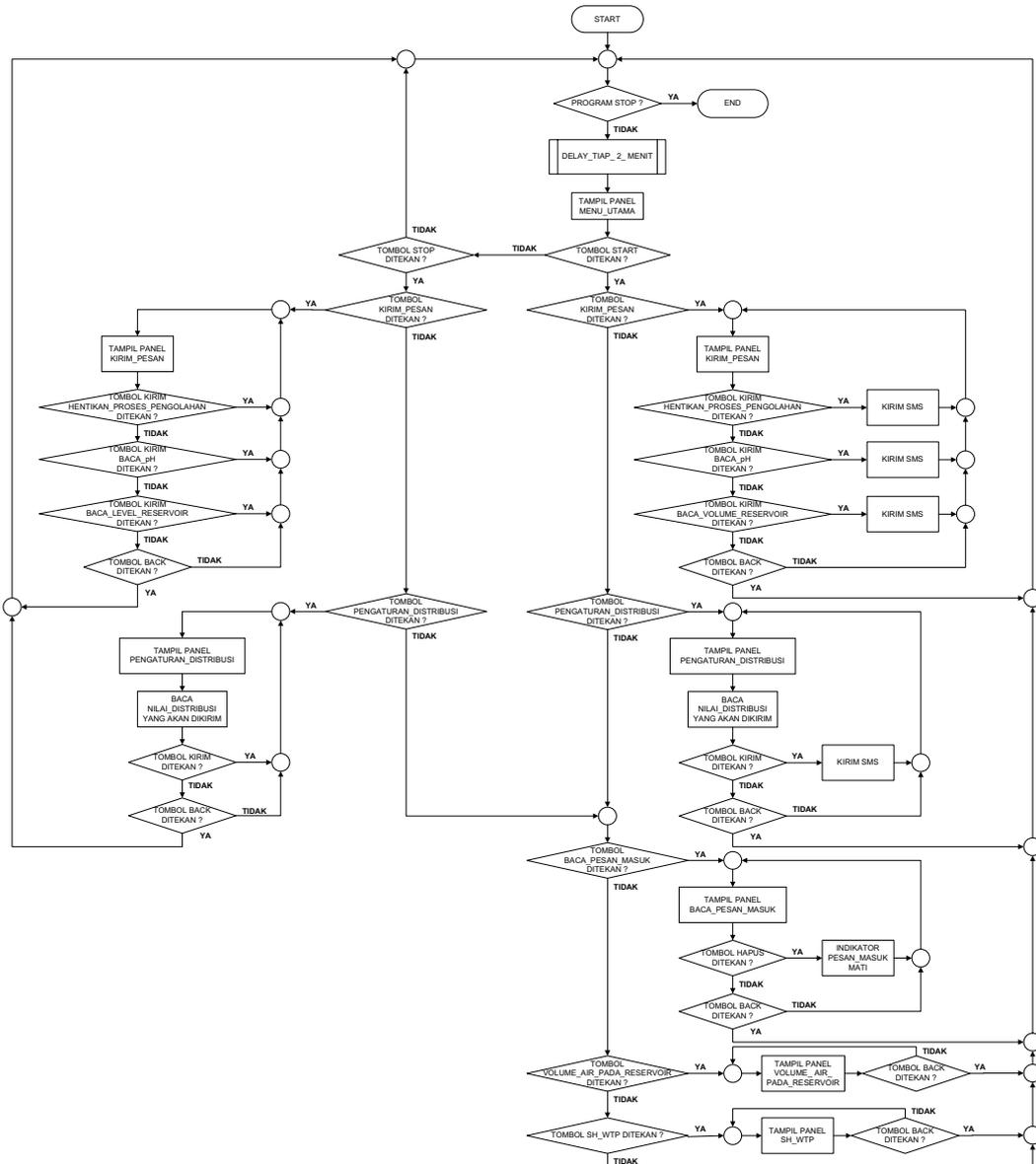
TABEL 1. PENGGUNAAN I/O PLC SLAVE UNTUK PENGENDALIAN WTP

INPUT PLC	OUTPUT PLC
Tombol <i>start</i>	Indikator proses
Tombol <i>stop</i>	Pompa 1
Sensor level tertinggi pada <i>rapid-mix tank</i>	Pompa 2
Sensor level terendah pada tangki asam	Valve 1
Sensor level terendah pada tangki basa	Valve 2
Sensor pH pada <i>rapid-mix tank</i>	Valve 3
Flowmeter pada <i>flocculation tank</i>	Valve 4
Sensor level tertinggi pada <i>flocculation tank</i>	Valve 5
Flowmeter pada <i>sedimentation basin</i>	Valve 6
Sensor level tertinggi pada <i>sedimentation basin</i>	Valve 7
Sensor level tertinggi pada <i>sludge lagoon</i>	Valve 8
Timer untuk proses filtrasi	Valve 9
Timer untuk proses <i>backwashing</i>	Valve 10
Sensor level pada <i>reservoir</i>	Valve 11
Sensor level terendah pada <i>reservoir</i>	Mixer
Sensor level tertinggi pada <i>reservoir</i>	Display nilai pH proses
Tombol order (konsumsi air)	Display volume air pada <i>reservoir</i>



Gambar 6. Panel pada HMI

IV. PERANCANGAN TAMPILAN PADA *HUMAN MACHINE INTERFACE*



Gambar 7. Diagram Alir Program pada HMI

Tampilan pada HMI dibuat menggunakan Vijeo-Designer dan terdiri dari enam panel. Panel pertama adalah panel menu utama. Pada panel ini terdapat lima tombol yang dapat digunakan untuk mengakses kelima panel yang lain dan sebuah indikator pesan masuk. Selain itu, pada panel ini juga ditampilkan nilai pH dan volume air pada *reservoir* berdasar data terakhir yang diperoleh dari *plant*. Kelima panel tersebut memiliki tombol *back* pada sisi kiri bawah untuk kembali ke menu utama.

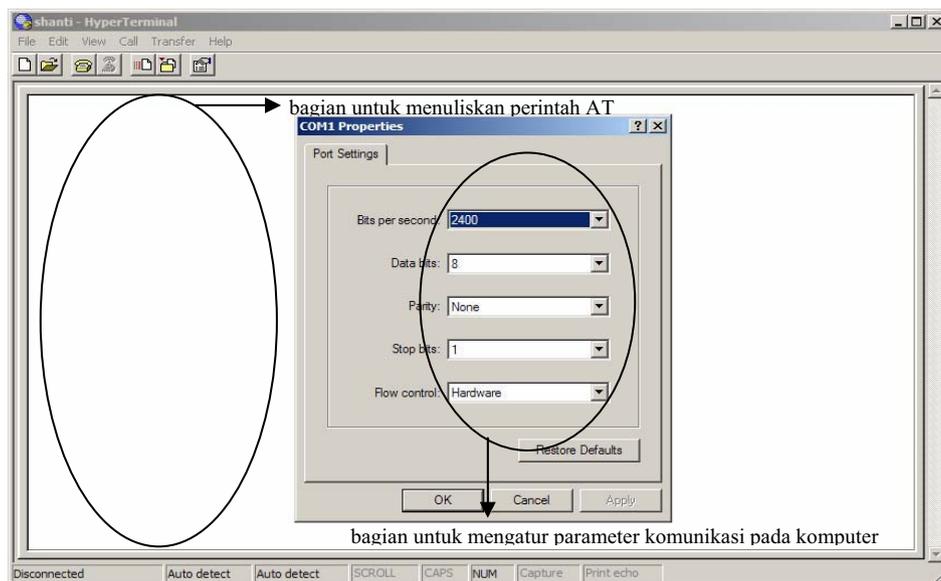
Panel kedua adalah panel kirim pesan yang digunakan untuk menampilkan jenis pesan yang akan dikirimkan ke PLC *slave* dan dilengkapi dengan tombol untuk mengirim pesan. Panel ketiga adalah panel pengaturan distribusi yang digunakan untuk memasukkan nilai distribusi, kemudian mengirimkan nilai distribusi yang hendak didistribusikan ke WTP lain. Panel keempat adalah panel pesan masuk. Panel ini berguna untuk menampilkan waktu pengiriman

dan isi pesan yang disampaikan dari PLC *slave*. Panel kelima adalah panel volume *reservoir* yang berisi grafik volume air pada *reservoir*. Panel keenam adalah panel SH WTP yang menunjukkan gambar *plant* yang terdapat pada SH WTP. Tampilan keenam panel tersebut ditunjukkan pada Gambar 6. Diagram alir dari program utama pada HMI ditunjukkan pada Gambar 7.

V. PERANCANGAN PROGRAM PADA PLC

V.1. Program pada PLC Master

Komunikasi data secara serial menggunakan RS232 dilakukan dengan menyesuaikan parameter komunikasi kedua *device* yang akan dikomunikasikan. Parameter komunikasi antara komputer dengan modem disesuaikan dengan mengatur *port setting* pada bagian yang ditunjukkan pada Gambar 8. Apabila sudah terjalin komunikasi antara komputer dengan modem, maka parameter komunikasi pada modem dapat diatur dengan menuliskan perintah *AT command* pada *HyperTerminal*.



Gambar 8. Tampilan *HyperTerminal*

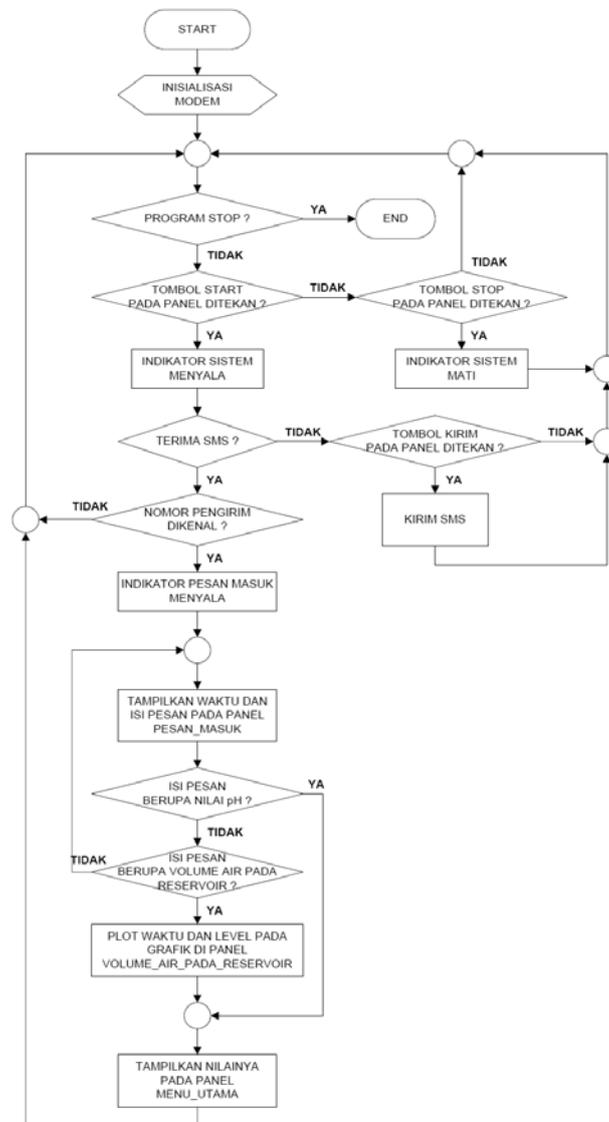
Konfigurasi modem melalui *HyperTerminal* perlu dilakukan sebelum modem dihubungkan dengan PLC. Perintah *AT command* yang perlu dituliskan untuk melakukan konfigurasi pada modem adalah sebagai berikut:^[10]

1. AT+IPR=9600 : 9600 bps
2. AT+ICF=3,4 : 8 bits 1 stop none parity
3. AT+HFC=0,0 : no flow control
4. AT+CBST=0,0,1 : auto adaption, asynchronous analog network
5. &W : storage

Konfigurasi protokol komunikasi pada PLC *master* perlu dilakukan untuk menjalin komunikasi antara PLC dengan modem dan PLC dengan HMI. Konfigurasi *port* serial pada PLC *master* ditunjukkan pada Gambar 9. *Port* serial 1 digunakan untuk komunikasi antara PLC dengan modem dan *port* serial 2 digunakan untuk komunikasi antara PLC dengan HMI.

Serial Port Configuration	
Serial port 1	
Protocol	: Modbus
Address	: 1
Baudrate	: 19200
Data Bits	: 8 (RTU)
Parity	: None
Stop Bit	: 1
Response Timeout (x100ms)	: 10
Time between frames (ms)	: 10
Serial port 2	
Protocol	: ASCII
Address	: 9600
Baudrate	: 9600
Data Bits	: 8
Parity	: None
Stop Bit	: 1
Response Timeout (x100ms)	: 10
Time between frames (ms)	: 10
Start character	:
1st end character	:
2nd end character	:
Stop on the number of received bytes	:
Stop on silence (ms)	: 10

Gambar 9. Konfigurasi Port Serial pada PLC Master



Gambar 10. Diagram Alir Program pada PLC Master

Pemrograman pada PLC perlu diawali dengan inisialisasi modem ketika pertama kali PLC dijalankan. Inisialisasi modem dilakukan dengan mengirimkan AT *command* AT+CNMI=0,2,0,0. AT+CNMI=0,2,0,0 akan mengubah modem pada *transparent mode*, yaitu tidak menyimpan pesan pada SIM *card* dan penerimaan langsung pada *port* serial. Diagram alir program pada PLC *master* ditunjukkan pada Gambar 10.

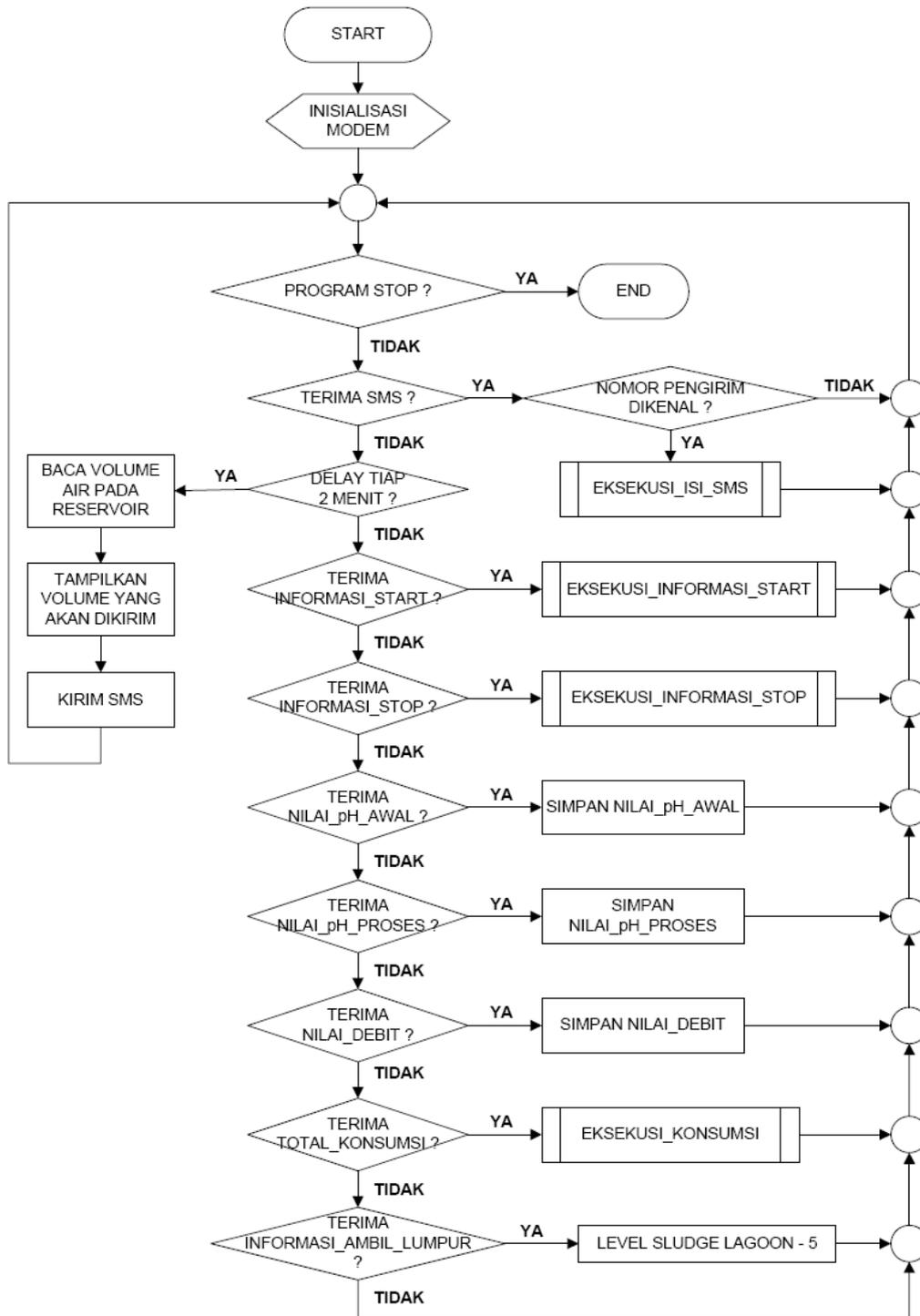
V.2. Program pada PLC Slave

Konfigurasi pada PLC *slave* perlu dilakukan untuk menjalin komunikasi antara PLC dengan modem dan PLC dengan *virtual plant*. Konfigurasi *port* serial pada PLC *slave* ditunjukkan pada Gambar 11. Port serial 1 digunakan untuk komunikasi antara PLC dengan modem dan *port* serial 2 digunakan untuk komunikasi antara PLC dengan *virtual plant*.

Serial Port Configuration	
Serial port 1	
Protocol	: Modbus
Address	: 2
Baudrate	: 19200
Data Bits	: 8 (RTU)
Parity	: None
Stop Bit	: 1
Response Timeout (x100ms)	: 10
Time between frames (ms)	: 10
Serial port 2	
Protocol	: ASCII
Address	:
Baudrate	: 9600
Data Bits	: 8
Parity	: None
Stop Bit	: 1
Response Timeout (x100ms)	: 10
Time between frames (ms)	:
Start character	:
1st end character	:
2nd end character	:
Stop on the number of received bytes	:
Stop on silence (ms)	: 10

Gambar 11. Konfigurasi *Port* Serial pada PLC *Slave*

Program pada PLC *slave* meliputi program untuk pengendalian *virtual* WTP dan menjalin komunikasi dengan PLC *master* melalui SMS. Diagram alir program pada PLC *slave* ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Program pada PLC Slave

VI. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian proses yang terjadi pada sistem dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara rancangan sistem yang diharapkan dengan rancangan sistem yang direalisasikan. Pengujian ini dilakukan berdasar terjadinya perubahan pada kondisi HMI dan PLC *master*, kemudian diamati respon yang terjadi akibat perubahan kondisi tersebut. Hal serupa dilakukan juga pada kondisi

virtual plant dan PLC *slave*, kemudian diamati respon yang terjadi akibat perubahan kondisi tersebut. Hasil pengujian terhadap kondisi pada HMI dan PLC *master* ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN TERHADAP KONDISI PADA HMI DAN PLC *MASTER*

KONDISI HMI DAN PLC <i>MASTER</i>	RESPON
Tombol start ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator sistem pada HMI menyala • Dapat mengirim / menerima SMS
Tombol stop ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator sistem pada hmi mati • Tidak dapat mengirim / menerima SMS
Tombol pilihan panel ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Masuk ke panel yang dipilih
Tombol kirim pada “hentikan proses pengolahan” ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pada <i>virtual plant</i> berhenti • Terima SMS balasan “proses berhenti”
Tombol kirim pada “baca pH” ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai pH pada <i>virtual plant</i> dibaca • Terima SMS balasan berupa nilai pH yang terbaca
Tombol kirim pada “baca volume reservoir” ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Volume air pada reservoir pada <i>virtual plant</i> dibaca • Terima SMS balasan berupa volume air yang terbaca
Tombol kirim pada “pengaturan distribusi” ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai distribusi muncul pada bagian “distribusi ke reservoir lain” di <i>virtual plant</i> • Volume <i>reservoir</i> berkurang sebanyak nilai distribusi yang dikirimkan • Terima SMS balasan “distribusi selesai”
Ada SMS masuk (nomor pengirim tidak dikenal)	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pesan masuk tidak menyala • Isi SMS diabaikan
Ada SMS masuk (nomor pengirim dikenal)	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pesan masuk menyala • Isi SMS ditampilkan pada panel baca pesan masuk
Tekan tombol hapus	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pesan masuk mati • Pesan dihapus
Delay tiap 2 menit	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai volume air pada <i>reservoir</i> diplot pada grafik berdasar volume terakhir yang diperoleh melalui SMS
Isi SMS berupa nilai pH	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai pH ditampilkan pada bagian <i>numeric display</i> “nilai pH” di panel menu utama
Isi SMS berupa volume air pada <i>reservoir</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Volume air ditampilkan pada bagian <i>numeric display</i> “volume air pada <i>reservoir</i>” di panel menu utama

Hasil pengujian terhadap kondisi pada *virtual plant* dan PLC *slave* ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. PENGUJIAN TERHADAP KONDISI PADA *VIRTUAL PLANT* DAN PLC *SLAVE*

KONDISI <i>VIRTUAL PLANT</i> DAN PLC <i>SLAVE</i>	RESPON
Tombol start pada <i>virtual plant</i> ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator proses pada <i>virtual plant</i> menyala • Semua proses aktif (kecuali filtrasi dan <i>backwashing</i>, bergantung proses terakhir)
Tombol stop pada <i>virtual plant</i> ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Simpan waktu tersisa untuk filtrasi / <i>backwashing</i> • Indikator proses pada <i>virtual plant</i> mati • Semua proses berhenti dan semua <i>valve</i> proses tertutup

Air pada reservoir menyentuh sensor level terendah selama 1 menit	<ul style="list-style-type: none"> • Kirim SMS “reservoir kosong” ke PLC <i>master</i>
Air pada reservoir menyentuh sensor level tertinggi selama 1 menit	<ul style="list-style-type: none"> • Kirim SMS “reservoir penuh” ke PLC <i>master</i>
Tangki asam menyentuh sensor level terendah	<ul style="list-style-type: none"> • Kirim SMS “asam habis” ke PLC <i>master</i>
Tangki basa menyentuh sensor level terendah	<ul style="list-style-type: none"> • Kirim SMS “basa habis” ke PLC <i>master</i>
Lumpur menyentuh sensor level tertinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Kirim SMS “lumpur penuh” ke PLC <i>master</i>
Terima SMS berupa request nilai pH	<ul style="list-style-type: none"> • Baca nilai pH saat itu dan kirimkan nilai tersebut ke PLC <i>master</i>
Terima SMS berupa request volume air pada <i>reservoir</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Baca volume air pada <i>reservoir</i> saat itu dan kirimkan volume tersebut ke PLC <i>master</i>
Terima SMS berupa distribusi air ke reservoir lain	<ul style="list-style-type: none"> • Volume reservoir berkurang sesuai nilai distribusi yang diterima • Kirim SMS balasan “distribusi selesai”
Terima SMS berupa perintah untuk menghentikan proses	<ul style="list-style-type: none"> • Simpan waktu tersisa untuk filtrasi / <i>backwashing</i> • Indikator proses pada <i>virtual plant</i> mati • Semua proses berhenti dan semua <i>valve</i> proses tertutup
Debit air diatur	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai air pada reservoir bertambah sesuai dengan debit yang ditentukan • Luas penampang pada <i>valve</i> antara <i>rapid-mix</i> dengan <i>flocculation tank</i> dan <i>valve</i> antara <i>flocculation tank</i> dengan <i>sedimentation basin</i> diatur
pH awal diatur	<ul style="list-style-type: none"> • Terjadi pencampuran antara nilai pH awal dengan pH setelah penambahan asam / basa sehingga diperoleh pH proses
pH proses > 7	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Valve</i> pada tangki asam terbuka • Level asam pada tangki asam berkurang • pH proses menurun secara linear
pH proses < 7	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Valve</i> pada tangki basa terbuka • Level basa pada tangki basa berkurang • pH proses meningkat secara linear
pH proses = 7	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Valve</i> pada tangki asam dan basa tertutup
Tombol order pada <i>virtual plant</i> ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Volume air pada <i>reservoir</i> berkurang sesuai jumlah konsumsi yang dilakukan
Tombol ambil lumpur pada <i>virtual plant</i> ditekan	<ul style="list-style-type: none"> • Level pada <i>sludge lagoon</i> akan berkurang sebanyak 5 (harga ini dapat disesuaikan dengan kondisi <i>sludge lagoon</i>) jika level lumpur > 5 • Tidak ada pengaruh jika level lumpur < 5

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 didapatkan bahwa sistem yang direalisasikan dapat bekerja dan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan. Semua proses yang diujicoba dapat memberikan respon sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini terlepas dari faktor kegagalan SMS karena masalah jaringan pada operator.

VII. KESIMPULAN

Komunikasi antar PLC menggunakan SMS melalui modem GSM untuk pengamatan dan pengendalian WTP telah berhasil direalisasikan dengan melakukan pengaturan parameter

komunikasi pada PLC dan modem, serta pemrograman pada PLC. Sistem yang direalisasikan dengan menggunakan *virtual* WTP ini dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan, sehingga sistem ini dapat diterapkan juga pada WTP yang riil. Perangkat lunak untuk mempermudah pengamatan dan pengendalian WTP melalui sebuah HMI telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Sadikin, "Pengendalian PLC Jarak Jauh Menggunakan SMS", tugas akhir S1 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 2005.
- [2] Suekto, "Pengawasan Plant Simulasi PLC Untuk Pengendalian Temperatur Menggunakan SMS Tanpa Melalui PC", tugas akhir S1 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 2005.
- [3] http://www.melbournewater.com.au/content/current_projects/water_supply/tarago_project/tarago_project.asp?bhcp=1#3a, (diakses 4 April 2009).
- [4] *LabVIEW User Manual*, National Instruments, Texas, 2003.
- [5] *Vijeo Designer Tutorial*, Schneider Electric, Perancis, 2003.
- [6] C. Binnie, *Basic Water Treatment*, Third Edition, United Kingdom: Royal Society of Chemistry, 2002.
- [7] M. J. Hammer, *Water and Wastewater Technology*, Fifth Edition, New Jersey: Prentice Hall, 2004.
- [8] http://www.wpi.edu/Academics/ATC/Collaboratory/LOs/water_plant.html, (diakses 10 Juli 2010)
- [9] *TwidoSuite V2.0 Programming Software Online Help*, Schneider Electric, Perancis, 2007.
- [10] *AT Commands Interface Guide for AT x41*, Wavecom, Taiwan, 2004.