

Simulasi Dan Pengontrolan Sistem Pembuangan Abu di PLTU 2 Sulawesi Utara

Hendra B. Palit, Vecky Poekoel, Lily S. Patras

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115,

Email: powerhendra24@gmail.com, vecky.poekoel@gmail.com, lilys_patras@yahoo.com

Abstract— *A steam power plant (PLTU) is a plant that uses coal as the main fuel. Coal is used to warm water in a boiler which will produce pressurized steam to drive the turbine through the combustion process. The combustion process in the boiler will produce dust as the residual coal combustion which can cause air pollution. Steam Power plant especially PLTU 2 SULUT uses electrostatic precipitator technology to handle the problem. Electrostatic Precipitator is equipped with several supporting components and there are many valves that require long operating time. This thesis will discuss the design and control of ash disposal system in PLTU 2 SULUT automatically through a PC or computer to speed up the operation and facilitate monitoring so as not to cause air pollution and more environmentally friendly.*

Keywords: *Air Pollution, Boiler, Coal, Electrostatic Precipitator, Valve.*

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama. Batubara digunakan untuk memanaskan air pada boiler yang nantinya akan menghasilkan uap air bertekanan untuk menggerakkan turbin melalui proses pembakaran. Proses pembakaran pada boiler akan menghasilkan debu sebagai sisa pembakaran batubara yang dapat mengakibatkan polusi udara. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) khususnya PLTU 2 Sulut menggunakan teknologi *Electrostatic Precipitator* untuk menangani masalah tersebut. *Electrostatic Precipitator* dilengkapi dengan beberapa komponen pendukung dan terdapat banyak *valve* (katub) yang membutuhkan waktu pengoperasian yang cukup lama. Skripsi ini akan membahas perancangan dan pengendalian sistem pembuangan abu di PLTU 2 Sulut secara otomatis melalui PC atau komputer untuk mempercepat pengoperasian dan mempermudah pemantauan sehingga tidak mengakibatkan polusi udara dan lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci : *Batubara, Boiler, Electrostatic Precipitator, Polusi Udara, Valve.*

I. PENDAHULUAN

Sebagai pembangkit listrik yang menyuplai kebutuhan daya listrik, unit *power plant* membutuhkan adanya panas yang digunakan untuk memanaskan air. Panas disuplai dari bagian yang disebut *Boiler Combustion*, sementara *combustion* akan membuang gas

hasil pembakaran yang mengandung banyak debu. Mengingat bahan bakar yang digunakan adalah batubara, sisa hasil pembakaran berupa gas asap dibuang ke udara lepas. Hal ini dapat mengakibatkan polusi (pengotoran) udara terhadap lingkungan dengan kadar pencemaran yang tinggi serta dapat membahayakan makhluk hidup di sekitarnya.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi bahaya pencemaran terhadap lingkungan yaitu dengan menggunakan suatu sistem yang dapat menanggulangi pencemaran udara. Sistem ini sekiranya dapat menyaring gas asap dari hasil pembakaran batubara agar tidak menyebabkan polusi udara.

Suatu sistem yang digunakan di unit PLTU 2 Sulawesi Utara ialah dengan menggunakan *ELECTROSTATIC PRECIPITATOR* atau biasa disingkat *EP*. *EP* adalah salah satu sistem pencegahan pengurangan kadar pengotoran di udara atau pencemaran udara dengan menggunakan metode pemanfaatan energi listrik.

Pada unit PLTU, *EP* sangatlah penting dalam menanggulangi debu-debu sisa pembakaran batubara dari *boiler*. Maka dari itu, saya mengangkat tugas akhir dengan membuat suatu simulasi dan pengontrolan terhadap *EP*, dengan judul “Simulasi Dan Pengontrolan Sistem Pembuangan Abu di PLTU 2 Sulawesi Utara”. Dalam tugas akhir ini dibuat suatu sistem simulasi dan pengontrolan *EP* dengan menggunakan *software Microsoft Visual Studio*. *Microsoft Visual Studio* merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (*suite*) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi serta berbagai simulasi.

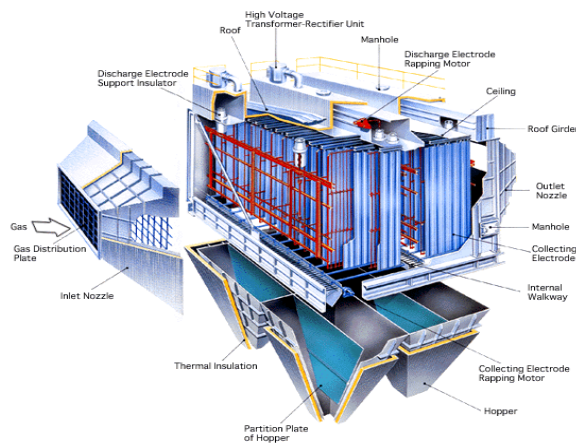
A. *Electrostatic Precipitator (EP)*

Salah satu cara untuk mengatasi limbah abu di PLTU adalah dengan dipasangnya *Electrostatic Precipitator (EP)*. Keunggulan *Electrostatic Precipitator (EP)* dibandingkan dengan metode yang lain adalah tingkat keefisiensinya yang tinggi/besar, yakni bisa mencapai lebih dari 90%.

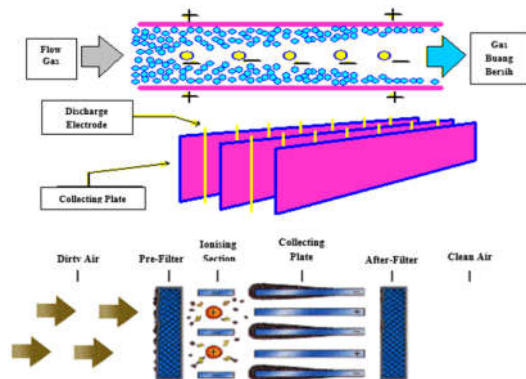
Electrostatic Precipitator (EP) adalah peralatan yang berfungsi menangkap abu sisa pembakaran yang berada dalam gas buang yang akan dibuang ke atmosfer melalui stack, sehingga gas buang yang akan dibuang tidak mengandung partikel-partikel abu yang dapat mencemari lingkungan (lihat gambar 1).

Prinsip kerja *Electrostatic Precipitator (EP)* seperti terlihat pada gambar 2, adalah partikel – partikel abu dari boiler yang belum bermuatan, akan diberi muatan – (*negative*) oleh Electroda dan selanjutnya dengan teori *Electric magnet* akan ditangkap oleh *Collecting Plate*. Abu pada *Collecting Plate* akan jatuh ke *Hopper* setelah proses *rapping*.

Proses penangkapan partikel abu dari gas buang menggunakan prinsip gaya *electrostatic*. Gas dialirkan pada suatu ruangan (*chamber*) yang bagian dalamnya terdiri dari "*DISCHARGE ELECTRODA (WIRE)*" dengan tegangan tinggi (DC 50 KV) sebagai kutub negatif dan "*COLLECTING ELECTRODA PLATE*" yang dibumikan sebagai kutub positif. Electroda-electroda ini dipasang secara vertikal dan saling berhadapan. *Discharge elektroda (wire)* dipasangkan pada suatu rangka sebagai suatu pengaman, setiap rangka dihubungkan satu dengan yang lainnya sebagai satu kesatuan kerja.



Gambar 1. *Electrostatic Precipitator (EP)*



Gambar 2. Prinsip Kerja *Electrostatic Precipitator (EP)*

Di dalam daerah penangkapan yang terdiri dari *collecting plate* dan *discharge electrode* (kawat) akan dibangkitkan suatu medan listrik yang cukup besar. Selain itu juga akan menyebabkan molekul-molekul udara dipercepat gerakannya sehingga bertabrakan yang mengakibatkan elektronnya terlepas dari orbitnya dan menjadi elektron bebas. Bila tegangan yang dibangkitkan semakin besar maka akan tercipta suatu corona dan elektron bebas yang terbentuk semakin banyak. Abu terbang yang melewati medan corona ini akan bertabrakan dengan ion-ion dan elektron bebas, sehingga partikel abu yang tidak bermuatan akan menjadi bermuatan. Karena pengaruh medan listrik partikel-partikel tersebut bergerak menuju *collecting plate*. Partikel abu ini akan jatuh ke bawah karena gravitasi. Sisa abu yang masih menempel pada *collecting plate* dan *discharge elektroda* akan dibersihkan dengan sistem penghentakan (*rapping*). Mekanisme penghentakan bekerja dalam selang waktu tertentu. Abu yang telah terkumpul ini harus dibuang agar tidak menimbulkan masalah pada internal penangkap abu *electrostatic precipitator (EP)*.

B. Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio (lihat gambar 3) merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (*suite*) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi Windows, ataupun aplikasi Web. *Visual Studio* mencakup compiler, SDK, *Integrated Development Environment (IDE)*, dan dokumentasi (umumnya berupa *MSDN Library*). *Microsoft Visual Studio* dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi dalam *native code* (dalam bentuk bahasa mesin yang berjalan di atas Windows) ataupun *managed code* (dalam bentuk *Microsoft Intermediate Language* di atas *.NET Framework*). Selain itu, *Visual Studio* juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi *Silverlight*, aplikasi *Windows Mobile* (yang berjalan di atas *.NET Compact Framework*).



Gambar 3. Tampilan Start-Up *Microsoft Visual Studio*

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Dalam merancang suatu simulasi dan pengontrolan Electrostatic Precipitator (EP) dibutuhkan data yang akan digunakan sebagai acuan. Pada umumnya, data diambil dari *manual book (Fly Ash Handling System)*, Penanganan Abu Dan Debu Batu Bara (ABDUL ROCHIEM), Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan (<http://www.depkes.go.id/udara.pdf>), wawancara dengan dosen pembimbing dan operator PLTU 2 SULUT yang bertugas sebagai operasi dan pemeliharaan Electrostatic Precipitator (EP). Data yang dikumpulkan meliputi; Bagian-bagian secara umum pada Electrostatic Precipitator (EP), konstruksi Electrostatic Precipitator (EP), pengoperasian dan pemeliharaan Electrostatic Precipitator (EP).

B. Perancangan Simulasi Dan Pengontrolan

Dalam pembuatan program dan simulasi, langkah awal yang dilakukan yaitu perancangan sistem. Perancangan sistem meliputi perancangan suatu konstriksi Electrostatic Precipitator (EP). Untuk dapat merancang, yang perlu diketahui terlebih dahulu adalah bagian-bagian secara umum dari Electrostatic Precipitator (EP), fungsi dari bagian-bagian tersebut dan pengoperasian Electrostatic Precipitator (EP).

C. Sistem Perancangan Software

Sistem yang dibuat merupakan simulasi yang mampu memonitor dan mengontrol peralatan dan komponen pada EP. Program utama yang dipakai dalam melakukan pengontrolan pada simulasi tersebut menggunakan antarmuka atau *interface* pada *visual basic*. Dimana tampilan antarmuka atau *interface* menggunakan *Software Microsoft Visual Studio*.

D. Standard Operational Procedure (SOP) pada Fly Ash System

Dalam melaksanakan pengoperasian suatu sistem pada pembangkit listrik khususnya pada pengoperasian EP, ada beberapa prosedur yang harus dijalankan. Prosedur ini dibuat bertujuan untuk aspek K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) dan memperpanjang umur (*life time*) dari peralatan yang kita operasikan.

1) Start Electrostatic Precipitator

Ada 2 tahap dalam pengoperasian Electrostatic Precipitator. Tahap yang pertama ialah mengoperasikan

Transformator dan yang kedua ialah mengoperasikan Rapper Motor.

2) Start Transporter

Yang harus dilakukan dalam pengoperasian transporter ialah melakukan persiapan pada udara instrument yang berfungsi sebagai media pendorong abu pada tabung transporter menuju transfer bin. Pada pengoperasian transporter, exhaust fan transfer bin harus dioperasikan terlebih dahulu untuk mempermudah proses pengiriman abu dari transporter ke transfer bin. Selain itu, ID fan juga harus dioperasikan untuk membuang sisa tekanan dalam tabung transporter dan mempermudah abu turun ke tabung transporter.

3) Pengisian Tabung Transporter

Pada pengisian tabung transporter, vent valve berada pada posisi terbuka. Dengan bantuan ID fan, vent valve akan membuang tekanan sisa dalam tabung transporter dan mempermudah abu turun ke tabung transporter.

4) Mulai Transporting

Ash Outlet Valve dan Air Inlet Valve berada pada posisi terbuka, tekanan tabung transporter akan naik +/- sampai 2,5 kg/cm². Setelah kira-kira 5 menit tekanan tabung transporter akan turun mendekati 0 kg/cm². Setelah tekanan pada tabung transporter mendekati 0 kg/cm², tutup Air Inlet Valve. Kemudian tutup Ash Outlet Valve. Transporting selesai, mulai lagi ke pengisian tabung transporting.

III. HASIL

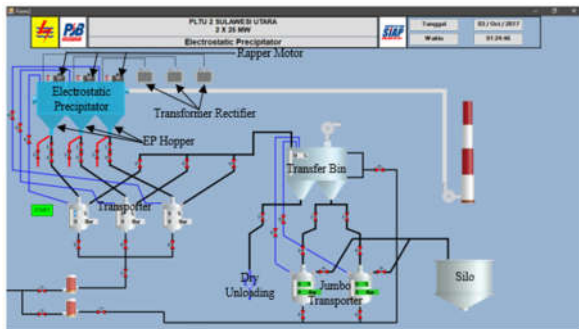
A. Hasil Tampilan Program Menu Utama

Berikut di bawah ini adalah tampilan program simulasi dari Electrostatic Precipitator (EP) yang terdiri dari tampilan menu utama (EP) dan tampilan menu pendukung (Udara Instrumen). Menu utama adalah menu yang berfungsi untuk memonitor dan mengontrol kerja sistem pembuangan abu (EP) dan dapat dilihat pada gambar 4.

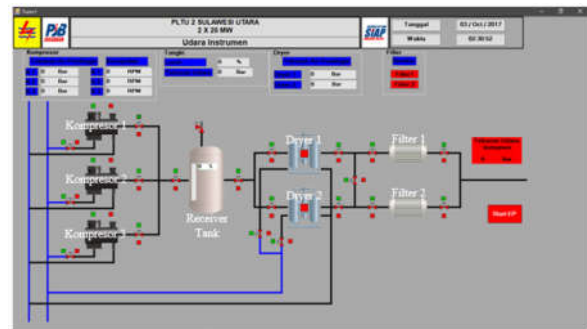
Pada gambar 5 menampilkan simulasi sistem pembuangan abu yang terdiri dari beberapa komponen utama, diantaranya:

1) Electrostatic Precipitator (EP)

EP adalah peralatan yang berfungsi untuk menangkap abu sisa pembakaran yang berada dalam gas buang yang akan dibuang melalui stack, sehingga gas buang yang akan dibuang tidak mengandung partikel-partikel abu yang dapat mencemari lingkungan.



Gambar 4. Tampilan Simulasi Sistem Pembuangan Abu



Gambar 5. Tampilan Simulasi Sistem Aliran Udara

2) Transporter

Transporter berfungsi sebagai pemindah abu hasil tangkapan *EP* yang terkumpul pada *EP Hopper*. Dari *EP Hopper*, abu dibawa ke *Transfer Bin* dengan bantuan dorongan udara bertekanan dari sistem Udara Instrumen yang selanjutnya dipindahkan lagi ke penampung yang lebih besar (*Silo*).

3) Transfer Bin

Transfer Bin adalah penampung abu yang berasal dari *Transporter* yang dilengkapi dengan *Exhaust Fan* dan *Heater* serta perlengkapan untuk melayani konsumen *Fly Ash*, yaitu *Dry Unloading System*.

4) Jumbo Transporter

Jumbo Transporter fungsinya sama dengan *Transporter*, tetapi memiliki ukuran yang lebih besar.

5) Silo

Silo adalah tempat penampung abu terakhir yang nantinya akan dibuang ke pembuangan terakhir.

B. Hasil Tampilan Program Menu Pendukung

Menu pendukung adalah menu yang berfungsi untuk memonitor dan mengontrol sistem aliran udara sebagai media pendorong abu. Gambar 5 menunjukkan sistem aliran udara yang berfungsi sebagai media pendorong abu. Komponen-komponen utamanya adalah sebagai berikut:

1) Kompresor

Kompresor berfungsi sebagai penyuplai udara *Transporting*.

2) Receiver Tank

Receiver Tank berfungsi untuk menampung udara dari kompresor.

3) Dryer

Dryer berfungsi sebagai pengering udara sehingga tidak terjadi penggumpalan dalam line *Transporter*.

4) Filter

Filter berfungsi sebagai penyaring udara

C. Pelaksanaan Start Elektrostatik Precipitator (EP) Berdasarkan Standard Operational Procedure (SOP)

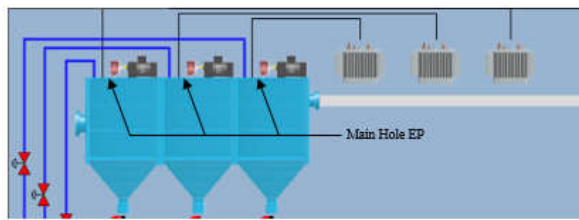
Dalam pelaksanaan *Start Electrostatic Precipitator*, ada beberapa tahapan pengoperasian yang harus dilakukan terlebih dahulu. Tahapan pengoperasian tersebut meliputi pengoperasian peralatan pendukung yang membantu jalannya *Electrostatic Precipitator*, seperti; *Transformer Rectifier*, *Rapper Motor*, *Valve*, *Transporter* dan *Jumbo Transporter*.

1) Start Transformer Rectifier

Berdasarkan prosedur pengoperasian (SOP) pada *Fly Ash System*, yang harus dioperasikan terlebih dahulu ialah *Transformator (Transformer)* dan penyearah (*Rectifier*). *Transformator* berfungsi untuk mencatu daya sehingga *Electrostatic Precipitator* dapat bekerja dengan tegangan *input* : 0 – 380 Volt dan tegangan *output* : 40 – 70 KV DC. *Transformator* dan penyearah diletakkan dalam satu tanki dan terendam minyak pendingin trafo, sehingga dinamakan *Transformer Rectifier*.

2) Start Rapper Motor

Rapper Motor dioperasikan setelah *Transformator* dijalankan. *Rapper Motor* berfungsi untuk memukul/merapping *Collecting Plate* dan *Electroda Wire* secara terus-menerus agar abu yang menempel pada *Collecting Plate* dan *Electroda Wire* jatuh ke *EP Hopper*. Abu yang tertampung pada *EP hopper* akan jatuh pada tabung *Transporter* pada saat *manual valve down* comer dibuka.



Gambar 6. Letak Main Hole EP

3) Membuka Main Hole Electrostatic Precipitator

Main Hole EP seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 berfungsi untuk menyuplai udara di dalam ruangan EP

D. Pelaksanaan Start Transporter Dan Jumbo Transporter Berdasarkan Standard Operational Procedure (SOP)

Dalam pelaksanaan pengoperasian Transporter, perlu dilakukan persiapan udara instrument terlebih dahulu sebagai media Transporting abu.

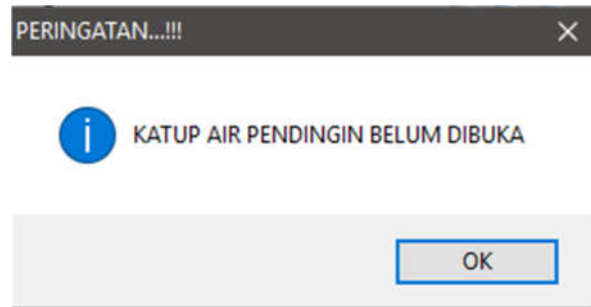
1) Persiapan Udara Transporter

Ada beberapa komponen utama pada sistem Udara Instrumen yang mendukung pengoperasian sistem Udara Instrumen. Ada 4 komponen utama pada sistem ini yaitu kompresor, tanki penampung udara (Receiver Tank), pengering udara (Dryer) dan penyaring udara (Filter).

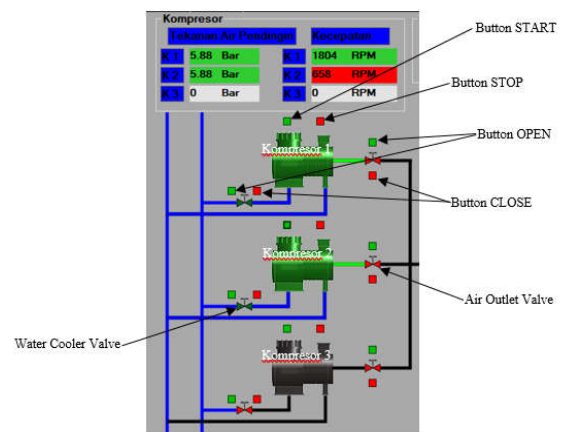
Kompresor dapat beroperasi apabila air pendingin sudah dimasukkan. Jika tidak, akan ada peringatan yang berupa message box “KATUB AIR PENDINGIN BELUM DIBUKA” pada simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 7.

Pada gambar 8 menjelaskan secara grafis pengoperasian pada kompresor yang dilengkapi dengan 2 buah tombol (button) yang diletakkan di atas kompresor yang berwarna hijau dan merah. Tombol hijau berfungsi untuk menjalankan kompresor (start) sedangkan tombol merah berfungsi untuk menghentikan kompresor (stop). Disamping kiri kompresor terdapat katub (valve) yang berfungsi untuk membuka dan menutup sistem aliran air pendingin kompresor sebelum kompresor dijalankan. Sedangkan katub disamping kanan kompresor berfungsi untuk membuka dan menutup aliran udara dari kompresor yang menuju ke tanki penampung udara (receiver tank). Sama halnya dengan kompresor, setiap katub dilengkapi dengan 2 buah tombol (button) yang pada hal ini berfungsi untuk membuka (tombol berwarna hijau) dan menutup (tombol berwarna merah) aliran air maupun aliran udara. Kompresor beroperasi normal pada kecepatan: 1.804 rpm dengan tekanan normal air pendingin: 5 – 6 Kg/Cm2 (4.90 – 5.88 bar).

perubahan warna pada kompresor 1 dan kompresor 2 menyatakan bahwa kompresor 1 dan kompresor 2 telah



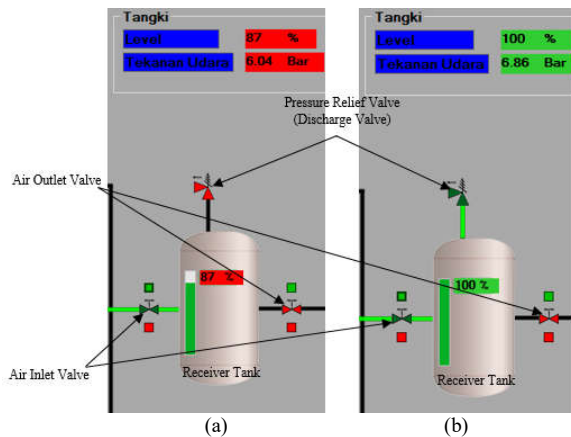
Gambar 7. Kotak pesan saat katub air pendingin belum dibuka



Gambar 8. Pengoperasian kompresor saat air pendingin sudah dimasukkan

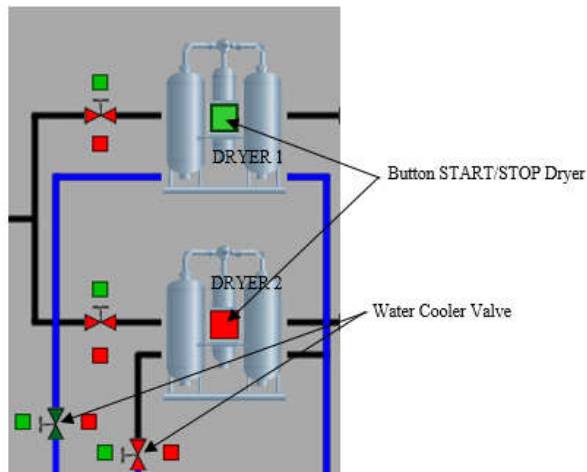
beroperasi. Untuk kompresor 1 telah mencapai kecepatan maksimum (telah beroperasi normal) pada kecepatan 1804 rpm dengan perubahan warna pada indikator kecepatan, dari warna merah menjadi warna hijau. Kompresor 2 berada pada kecepatan 658 rpm dengan indikator kecepataannya masih berwarna merah karena belum mencapai kecepataam maksimum. Sementara itu, kompresor 3 belum beroperasi sehingga belum menunjukkan indikator apa-apa. Untuk tekanan air pendingin pada kompresor 1 dan kompresor 2 telah berada pada tekanan maksimum dengan warna indikator tekanannya hijau.

Udara yang dihasilkan dari kompresor akan terkumpul di dalam tangki pengumpul (Receiver Tank). Receiver Tank dilengkapi dengan Pressure Relief Valve (Discharge Valve) yang berfungsi untuk mengontrol tekanan udara berlebih atau dengan kata lain, pada tekanan 7 Kg/Cm2 (6.86 bar) valve ini akan terbuka. Pada tampilan simulasi Receiver Tank dilengkapi dengan 2 indikator. Indikator yang pertama yaitu level yang berfungsi untuk menampilkan indikasi volume dari Receiver Tank yang sudah terisi. Indikator yang kedua yaitu tekanan udara yang berfungsi untuk menampilkan indikasi tekanan udara di dalam Receiver Tank. Di samping kiri dan kanan Receiver Tank terdapat 2 katub yang berfungsi sebagai inlet (kiri) dan outlet (kanan).



Gambar 9. Kondisi Receiver Tank

- (a) Kondisi saat pengisian (*Discharge Valve* masih tertutup)
 (b) Kondisi saat penuh (*Discharge Valve* telah terbuka)

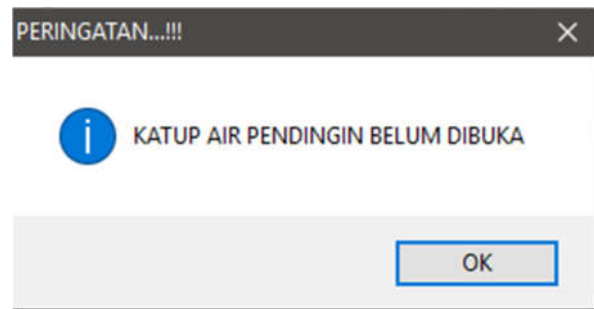


Gambar 10. Dryer 1 beroperasi

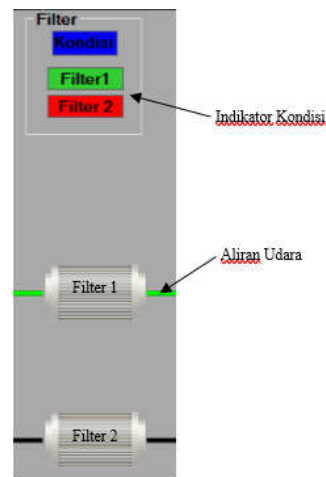
Kedua katub tersebut dilengkapi dengan 2 buah tombol untuk membuka dan menutup aliran udara, baik aliran udara dari kompresor (katub di sebelah kiri *Receiver Tank*) maupun udara yang diteruskan ke pengering (*dryer*). Gambar 9 menunjukkan kondisi *receiver tank*.

Dryer berfungsi sebagai pengering udara untuk mencegah terjadinya penggumpalan abu pada *Transporter* maupun pada pipa dengan bantuan *Heater*. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 terdapat 2 buah *Dryer* yang bisa dioperasikan, tergantung jalur mana yang akan kita pilih atau *Dryer* mana yang siap untuk dioperasikan (tidak sedang dalam perbaikan). Sama halnya dengan kompresor, *Dryer* tidak bisa dijalankan sebelum air pendingin dimasukkan.

Pada saat air pendingin *Dryer* sudah dimasukkan maka *Dryer* bisa dioperasikan ditandai dengan indikator berwarna hijau. Jika air pendingin belum dimasukkan, maka akan ada peringatan yang berupa *Message Box* "KATUP AIR PENDINGIN BELUM DIBUKA" pada simulasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Kotak pesan saat katub air pendingin belum dibuka



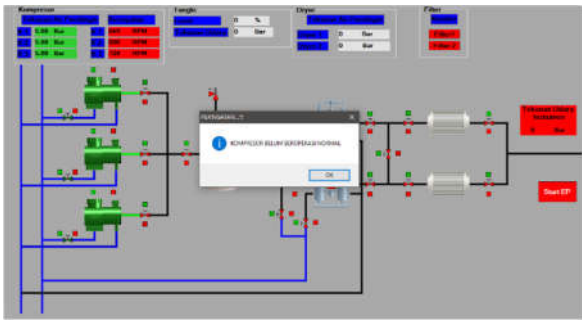
Gambar 12. Filter

Filter (gambar 12) merupakan komponen terakhir pada sistem udara *transporter* yang berfungsi untuk menyaring udara, sebelum diteruskan ke *transporter*. Tidak ada indikator pengukuran pada *Filter*, yang ada hanya indikator yang menyatakan bahwa ada udara yang lewat pada *Filter* tersebut dengan terjadinya perubahan warna pada indikator kondisi. Warna hijau menyatakan bahwa ada udara yang lewat dan warna merah menyatakan bahwa tidak ada udara yang lewat.

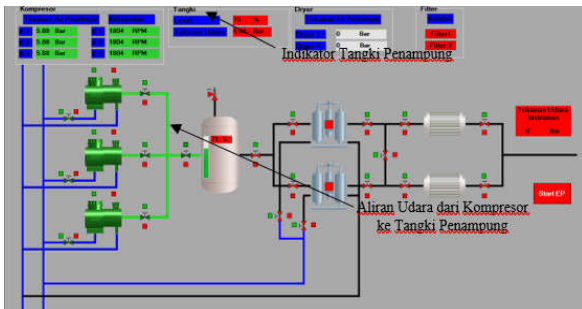
2) Pengoperasian Sistem Udara Transporter

Dalam pengoperasian Sistem Udara *Transporter*, yang perlu diperhatikan terlebih dahulu ialah kesiapan air pendingin untuk Kompresor maupun *Dryer*. Buka *manual valve Dryer* dan perhatikan indikator tekanannya (normal: 5 – 6 Kg/Cm² atau 4.90 – 5.88 bar). Pada saat kompresor belum beroperasi normal, *Manual Valve* dari kompresor yang menuju *Dryer* belum bisa dibuka, untuk mencegah terjadinya kevakuman pada pipa. Pada simulasi, akan muncul peringatan *Message Box* "KOMPRESOR BELUM BEROPERASI NORMAL". Bentuk simulasinya seperti pada gambar 13.

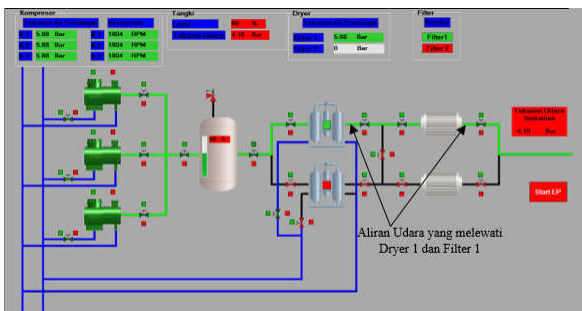
Selanjutnya, udara yang dihasilkan kompresor ditampung ke tangki penampung melalui *Inlet Valve* dengan indikator level tangki dan tekanan udara. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 14, pada saat level tangki



Gambar 13. Peringatan saat membuka outlet valve pada kondisi kompresor belum beroperasi normal



Gambar 14. Udara dari kompresor telah ditampung ke tangki penampung

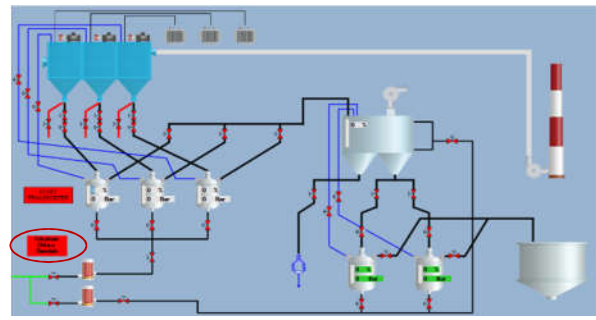


Gambar 15. Udara disalurkan ke transporter dengan menggunakan Dryer 1 dan Filter 1

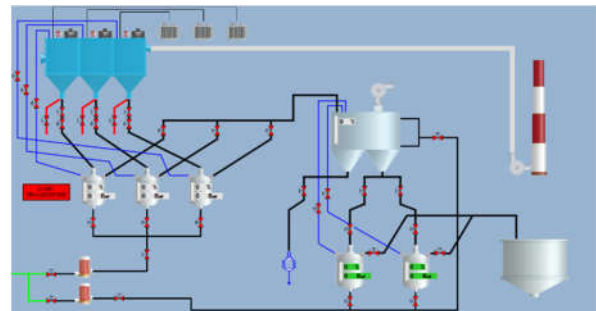
belum mencapai 100% dan tekanannya masih kurang dari 7 Kg/Cm² (6.86 bar), tampilan warna pada indikatornya masih berwarna merah dan akan berwarna hijau pada saat level mencapai 100 % dan tekanan 6.86 bar. Tampilan simulasinya aliran udara dari kompresor ke tangki penampung *Receiver Tank* seperti pada gambar 14.

Saat tangki terisi udara, yang harus kita tentukan berikutnya adalah *Dryer* dan *Filter* mana yang akan kita gunakan serta penyesuaian *valve*-nya. Sebagai contoh *Dryer 1* dan *Filter 1* yang akan digunakan, maka bentuk simulasi yang akan terjadi seperti pada gambar 15.

Pada gambar 16 menjelaskan bahwa jika tekanan Udara *Transporting* belum mencapai 7 Kg/Cm² (6.86 bar), maka pada menu utama (EP) masih ada alarm yang menyatakan bahwa tekanan udara masih rendah. Setelah tekanan udara mencapai 6.86 bar alarm pada menu utama akan hilang.



Gambar 16. Tekanan udara masih rendah sehingga alarm masih ada



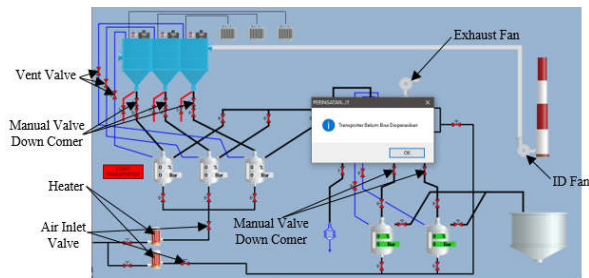
Gambar 17. Tekanan udara mencapai 6.86 bar sehingga alarm hilang

Pada saat Udara *Transporting* mencapai 7 Kg/Cm² (6.86 bar), alarm yang menyatakan bahwa tekanan udara masih rendah akan hilang. Artinya, tekanan udara yang dihasilkan dari sistem udara instrumen telah siap digunakan pada tabung *Transporter* sebagai media *transporting* abu ke *Transfer Bin*. Pada simulasi akan tampak seperti pada gambar 17.

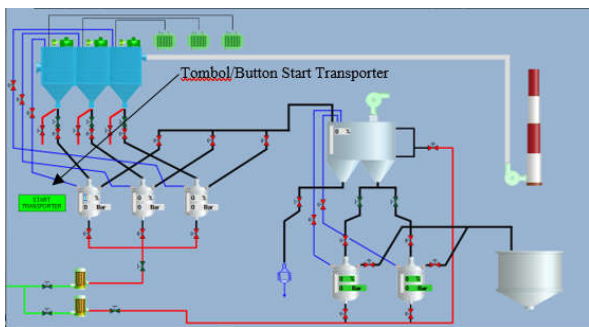
3) Persiapan Pengoperasian *Transporter* dan *Jumbo Transporter*

Setelah tekanan udara *Transporter* mencapai 6.86 bar, *transporter* belum bisa langsung dioperasikan. Berdasarkan prosedurnya, ada beberapa komponen yang harus dioperasikan terlebih dahulu, diantaranya:

- a. *Mengoperasikan Exhaust Fan Transfer Bin.* Berfungsi untuk mempermudah perpindahan abu dari *Transporter* ke *Transfer Bin*.
- b. *Mengoperasikan ID Fan.* Berfungsi untuk mempermudah abu turun dari *EP Hopper* ke *Transporter*.
- c. *Membuka semua Manual Valve Down Comer.* Berfungsi untuk membuka aliran abu dari *EP Hopper* ke *Transporter*, maupun dari *Transfer Bin* ke *Jumbo Transporter*.
- d. *Membuka Air Inlet Valve.* Berfungsi untuk membuka aliran udara untuk masuk ke dalam *Transporter*, *Jumbo Transporter* dan *Transfer Bin*.
- e. *Mengoperasikan Heater.* Berfungsi untuk memanaskan udara sehingga abu tetap kering dan



Gambar 18. *Transporter* belum bisa dioperasikan (belum sesuai prosedur)



Gambar 19. *Transporter* siap untuk dioperasikan

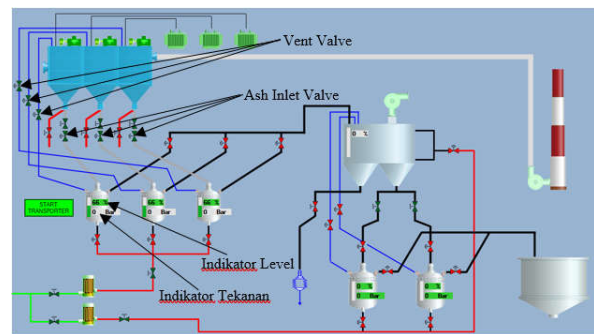
tidak terjadi penggumpalan abu pada *Transporter*, *Transfer Bin*, *Jumbo Transporter* serta pada pipa.

Jika beberapa komponen di atas belum dioperasikan atau belum dibuka, maka *Transporter* dan *Jumbo Transporter* belum dapat dioperasikan. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 18, tombol untuk mengoperasikan *Transporter* (*Start Transporter*) masih berwarna merah (belum bisa dioperasikan).

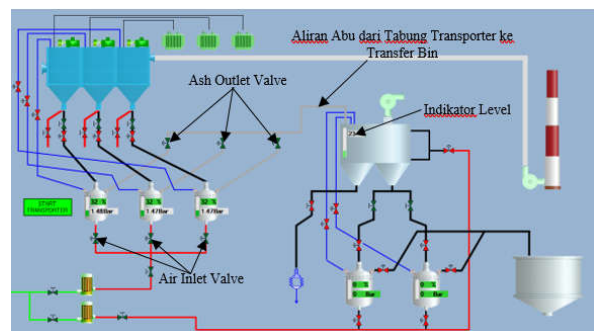
Pada gambar 19 menunjukkan bahwa *Transporter* dan *Jumbo Transporter* sudah siap untuk dioperasikan karena telah memenuhi prosedur pengoperasian yang ditandai dengan perubahan warna pada tombol *START TRANSPORTER*, dari warna merah menjadi warna hijau.

4) Pengoperasian *Transporter* dan *Jumbo Transporter*

Pada saat persiapan pengoperasian *Transporter* sudah dilakukan, maka *Transporter* telah siap untuk dioperasikan. Kesiapan pengoperasian *Transporter* diindikasikan dengan perubahan warna pada tombol *START TRANSPORTER*, dari indikasi berwarna merah (belum bisa dioperasikan) berubah menjadi warna hijau (siap untuk dioperasikan). Pada saat tombol *Start Transporter* ditekan, maka ada 2 tahap yang akan terjadi pada simulasi. Tahap pertama, *Transporter* akan melakukan pengisian abu dari *EP Hopper*. Setelah tabung *Transporter* terisi penuh, maka akan dilanjutkan ke tahap kedua dimana abu pada tabung *Transporter* akan dibawa ke *Transfer Bin* dengan bantuan dorongan udara dari sistem Udara Instrumen.



Gambar 20. Pengisian tabung *transporter*



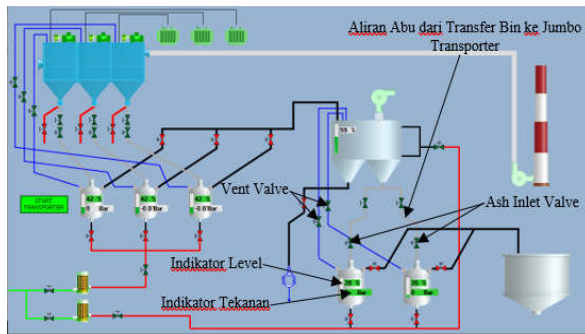
Gambar 21. Mulai *transporting* ke *transfer bin*

a. Pengisian Tabung *Transporter* (*Filling Time*)

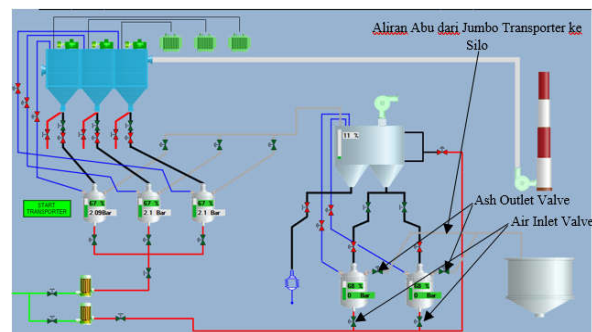
Yang akan terjadi pada simulasi adalah *vent valve open*, *ash inlet valve open*, *air inlet valve* dan *Ash Outlet Valve* tetap posisi *close*. Setelah tabung terisi abu (berdasarkan level Switch) *Ash Inlet Valve Close*, *vent valve close*. Gambar 20 menjelaskan tentang simulasi proses pengisian pada tabung *Transporter* yang diikuti dengan perubahan warna pada beberapa komponen dan beberapa katub yang menyatakan bahwa komponen tersebut sedang beroperasi dan *velve* berada pada posisi terbuka (*open*).

b. Mulai *Transporting* (*Transporting Time*) ke *Transfer Bin*

Yang akan terjadi pada simulasi adalah *Ash Outlet Valve Open*, *Air Inlet Valve Open*, tekanan di tabung *Transporter* akan naik sampai 2.5 kg/cm^2 (2.45 bar) dan akan turun sampai 0 kg/cm^2 dalam waktu 6 menit, saat tekanan tabung *Transporter* sama dengan 0 bar , *Air Inlet Valve Close*, *Ash Outlet Valve Close*, *Transporting* selesai, mulai lagi ke pengisian tabung *Transporter* (*Filling Time*). Pada gambar 21 menjelaskan tentang simulasi proses *transporting* pada *Transfer Bin* yang diikuti dengan perubahan warna pada beberapa komponen dan beberapa katub yang menyatakan bahwa komponen tersebut sedang beroperasi dan *Valve* berada pada kondisi terbuka (*Open*).



Gambar 22. Pengisian Tabung Jumbo Transporter



Gambar 23. Mulai Transporting ke Silo

c. *Pengisian Tabung Jumbo Transporter*

Pada pengisian tabung *Transporter*, *Vent Valve Open*, *Ash Inlet Valve Open*. Setelah tabung *Jumbo Transporter* terisi abu (berdasarkan *level switch*), *ash Inlet Valve Close*, *Vent Valve Close*. Pada pengisian tabung *Jumbo transporter* dengan berkurangnya level ketinggian abu pada *Transfer Bin*. Pada gambar 22 menunjukkan bahwa *Ash Outlet Valve* yang terletak di bawah *Transfer Bin* berada pada posisi terbuka dan itu terjadi secara otomatis dengan menggunakan *timer*. *Transfer Bin* dilengkapi dengan *Dry Unloading System* yang berfungsi untuk memenuhi permintaan abu kering yang akan dijadikan bahan baku pembuatan semen. *Dry Unloading System* dioperasikan secara manual karena ada penyesuaian antara operator yang bertugas di *Transfer Bin* dan operator *Dumptruck*. Pengisian tabung *Jumbo Transporter* ditunjukkan pada gambar 22.

d. *Mulai Transporting (Transporting Time) ke Silo*

Pada proses *transporting Air Inlet Valve Open*, *Ash Outlet Valve Open*, Tekanan tabung akan naik sampai 5 Kg/Cm² (4.90 bar) dan akan turun sampai 0 bar. Setelah tekanan sama dengan 0 bar, *Air Inlet Valve Close*, *Ash Outlet Valve Close*, *Transporting* selesai. Mulai lagi ke pengisian, dan seterusnya. Abu pada *Jumbo Transporter* selanjutnya dibawah ke *Silo* sebagai tempat pembuangan terakhir. *Transporting* abu dari *Jumbo Transporter* ke *Silo* dapat dilihat pada gambar 23.

- 1) Program simulasi yang dibuat mampu mengontrol dan memonitor sistem *Electrostatic Precipitator (EP)* serta sistem pendukungnya seperti Udara Instrumen.
- 2) Semua kondisi dan parameter peralatan yang digunakan pada *Electrostatic Precipitator (EP)* dapat diamati melalui tampilan simulasi *Microsoft Visual Studio*.
- 3) Melalui program yang dibuat, semua peralatan yang digunakan pada *Electrostatic Precipitator (EP)* dapat dijalankan dengan waktu respon yang cepat.

B. *Saran*

Pengoptimalan dapat dilakukan dengan membuat suatu rancang bangun miniature *Electrostatic Precipitator (EP)* yang dilengkapi dengan sensor yang dapat berfungsi sebagai *transduser* untuk mengubah besaran tegangan ataupun arus ke dalam bentuk sinyal. Selanjutnya sinyal tersebut berfungsi sebagai input pada Program yang telah dibuat pada *Microsoft Visual Basic*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. *Kesimpulan*

Setelah melakukan pengujian dari program simulasi yang dibuat, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

V. KUTIPAN

- [1] A. Rochiem, *Penanganan Abu Dan Debu Batubara*, 2016.
- [2] Modul Ash Handling. *Modul Operator PLTU Suralaya*, Banten. 2009.
- [3] RISKESDAS (Riset Kesehatan Dasar). Badan Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI. *Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. [online]. Tersedia di: <http://www.depkes.go.id/udara.pdf>, 2013.
- [4] User Manual, *Electrostatic Precipitator (Microcomputer Controlled High Voltage Energize Equipment)*, Zhejiang Liancheng Environmental Protection Technology Co.,Ltd. 2008.10.



Hendra Berty Palit lahir 24 November 1992, pada tahun 2012 memulai Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2014. Dalam menempuh Pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PLTU 2 Sulawesi Utara pada tanggal 24 Agustus 2015 dan selesai melaksanakan Pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado tahun 2017, minat penelitiannya adalah tentang Simulasi Dan Pengontrolan Sistem Pembuangan Abu di PLTU 2 Sulawesi Utara.