

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi tentang studi lapangan dan studi literatur yang didapatkan penulis sebagai dasar pemikiran untuk menganalisa dan menyimpulkan sesuai dengan tujuan secara objektif dari pembuatan alat modul komunikasi. Tinjauan pustaka berisi tentang pengenalan *Instrument Air Compressor, control remote option*, identifikasi risiko IAC, SCADA, modbus protocol, sistem DCS PLTU Pacitan, komponen yang digunakan untuk pembuatan alat.

2.1 Pengenalan Instrument Air Compressor

PLTU Pacitan adalah pembangkit listrik dengan sistem yang kompleks. Agar proses dapat berjalan handal, aman dan akurat maka kendali proses setiap sub sistemnya harus bekerja dengan baik. Peralatan *instrument* digunakan untuk mewujudkan sistem kendali proses yang aman, handal dan akurat. Udara *instrument* adalah salah satu kebutuhan peralatan *instrument* sebagai pemasok udara untuk peralatan – peralatan *pneumatic* dan pemasok udara untuk *purging* bagi peralatan *instrument* yang mewajibkan kebersihan ataupun juga cooling untuk pendinginan. Tingkat kelembapan udara harus terjaga agar tidak merusak peralatan *instrument*. *Pressure* dan *flow rate instrument air* harus terpenuhi agar dapat menyuplai kebutuhan 2 unit pembangkit. (*Engineering Change Proposal PT PJB UBJ O&M PLTU Pacitan*, 2016)

PLTU Pacitan memiliki 3 unit *Instrument Air Compressor* (IAC) dan 2 unit *Service Air Compressor* (SAC) produk dari Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd. Dari segi operasi perbedaan IAC dan SAC adalah fungsi, kapasitas dan pola operasi. SAC berfungsi sebagai suplai udara bertekanan untuk keperluan pemeliharaan dan IAC berfungsi sebagai suplai udara bertekanan untuk peralatan *instrument*. IAC memiliki kapasitas 20.59 m³/min sedangkan SAC memiliki

kapasitas 34.34 m³/min. Pola operasi IAC adalah 2 unit operasi dan 1 *standby* sedangkan pola operasi SAC adalah 1 operasi dan 1 *standby*. Spesifikasi peralatan IAC dan SAC tidak sama namun kedua kompresor ini memiliki prinsip kerja dan bagian - bagian yang sama . Berikut adalah spesifikasi *Service Air Compressor* dan *Instrument Air Compressor* di PLTU Pacitan.

Spesifikasi *Service Air Compressor* :

<i>Type</i>	: D200 – 08W
<i>Airends</i>	: Two-stage, oil free screw
<i>Cooling</i>	: Liquid cooled
<i>Oil capacity</i>	: 70 litres
<i>Cooling water connection</i>	: G1.5
<i>Condensate drain connection</i>	: 10 mm O.D. Tube
<i>Lifting point</i>	: 4, located on baseframe
<i>Ambient temperature</i>	: 0 - 40 °C
<i>Cooling water inlet temperature</i>	: maximum 45 °C
<i>Cooling water outlet temperature</i>	: Typically 11 °C above inlet temperature
<i>Cooling water inlet pressure</i>	: maximum 4.9 bar
<i>Oil pump motor power</i>	: 1.5 kW
<i>Fan motor power</i>	: 1.5 kW
<i>Dimension</i>	: 3200 x1900 x 1840
<i>Pressure</i>	: 0.8 Mpa
<i>Speed</i>	: 2950 rpm
<i>Motor V/Ph/H</i>	: 6000/3/50
<i>Weight</i>	: 4743 kg
<i>Power</i>	: 200 kW
<i>Air flow</i>	: 34.34 m ³ /min

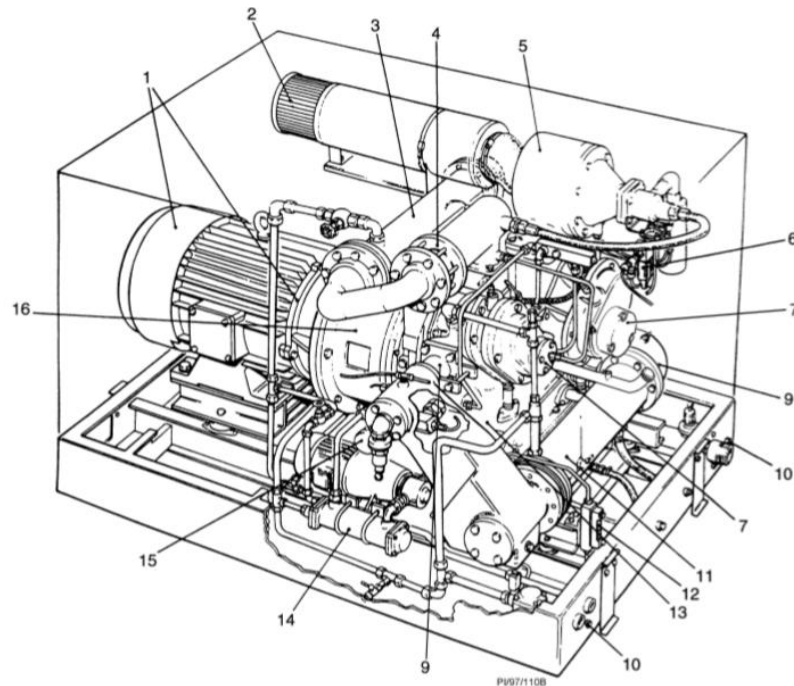
Spesifikasi Instrument Air Compressor :

<i>Type</i>	: <i>D132 – 08W</i>
<i>Airends</i>	: <i>Two-stage, oil free screw</i>
<i>Cooling</i>	: <i>Water cooled</i>
<i>Oil capacity</i>	: <i>35 litres</i>
<i>Cooling water connection</i>	: <i>G1.5</i>
<i>Condensate drain connection</i>	: <i>10 mm O.D. Tube</i>
<i>Lifting point</i>	: <i>4, located on baseframe</i>
<i>Ambient temperature</i>	: <i>0 - 40 °C</i>
<i>Cooling water inlet temperature</i>	: <i>maximum 45 °C</i>
<i>Cooling water outlet temperature</i>	: <i>Typically 11 °C above inlet temperature</i>
<i>Cooling water inlet pressure</i>	: <i>maximum 7 bar</i>
<i>Oil pump motor power</i>	: <i>1.5 kW</i>
<i>Fan motor power</i>	: <i>1.5 kW</i>
<i>Dimension</i>	: <i>2300 x1500 x 1500</i>
<i>Pressure</i>	: <i>0.8 Mpa</i>
<i>Speed</i>	: <i>2950 rpm</i>
<i>Motor V/Ph/H</i>	: <i>380/3/50</i>
<i>Weight</i>	: <i>2633 kg</i>
<i>Power</i>	: <i>132</i>
<i>Air flow</i>	: <i>20.59 m³/min</i>

(Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd.,2009)

Instrument Air Compressor dan *Service Air Compressor* terdiri dari beberapa bagian yang mendukung hasil produksi udara bertekanan. Bagian – bagian ini saling terhubung satu dengan yang lain menjadi satu sistem untuk memproduksi udara bertekanan untuk memenuhi kebutuhan udara

instrument di PLTU Pacitan. Gambar 2.1 adalah bagian – bagian dari *Instrument Air Compressor* dan *Service Air Compressor*.

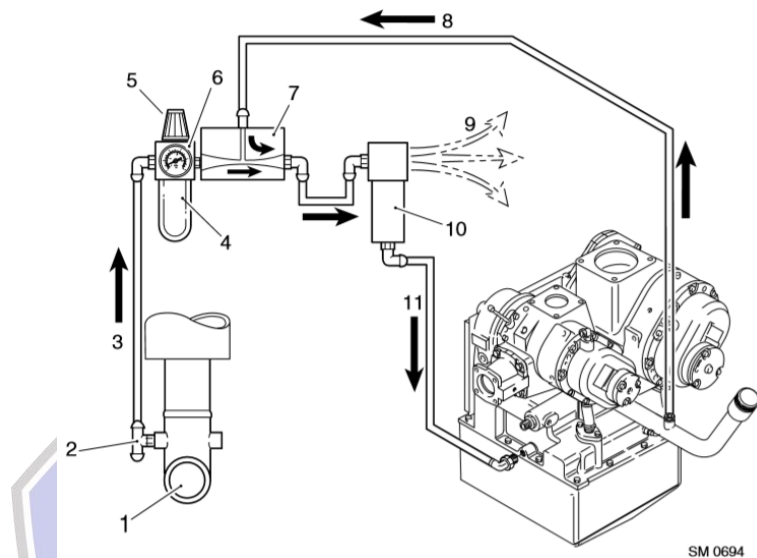


Gambar 2. 1 Bagian - Bagian *Instrument Air Compressor* dan *Service Air Compressor*
(Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd.,2009)

Berikut adalah bagian – bagian dari IAC dan SAC :

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Motor Bearings</i> | 10. <i>Condensate Drains</i> |
| 2. <i>Intake Air Filter</i> | 11. <i>Intercooler</i> |
| 3. <i>After cooler</i> | 12. <i>Oil Level Sight Glass</i> |
| 4. <i>Check Valve</i> | 13. <i>Oil Reservoir</i> |
| 5. <i>Suction Regulator</i> | 14. <i>Oil Cooler</i> |
| 6. <i>Regulation Air Line Filter</i> | 15. <i>Oil Filter</i> |
| 7. <i>Balance Piston Diaphragms</i> | 16. <i>Drive Coupling</i> |
| 8. <i>Oil Breather Element</i> | 17. <i>Enclosure Filter</i> |
| 9. <i>Expansion Compensator Seals</i> | 18. <i>Oil Filler</i> |

Instrument Air Compressor dan Service Air Compressor memiliki sistem untuk mencegah emisi kabut oli dari kompresor. Sistem tersebut dinamakan *Powered Breather*. Gambar 2.2 adalah *flow diagram* dari *Powered Breather*.



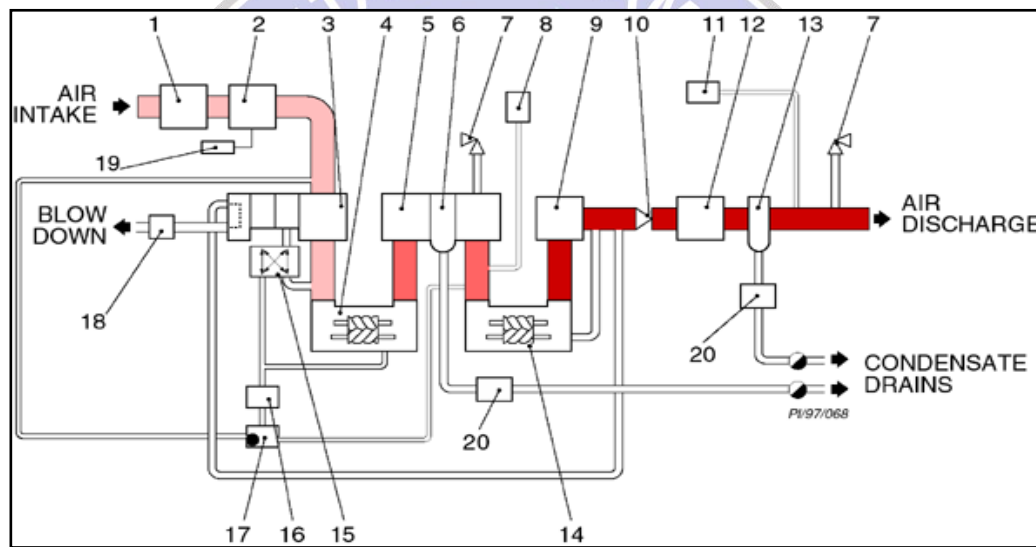
Gambar 2. 2 Sistem Kerja *Powered Breather Instrument Air Compressor dan Service Air Compressor*
(*Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd., 2009*)

Nama bagian – bagian dalam gambar 2.2 adalah sebagai berikut :

- | | |
|---|---|
| 1. <i>2nd Stage Moisture Separator</i> | 7. <i>Vacum Generator</i> |
| 2. <i>Tee</i> | 8. <i>Oil Mist from Gearbox</i> |
| 3. <i>Pressurized Air to Vacum Generator</i> | 9. <i>Vacum Generator Exhaust Air to Atmosphere</i> |
| 4. <i>Pressure Reducing Valve/Line Filter</i> | 10. <i>Oil Removal Filter</i> |
| 5. <i>Pressure Adjuster</i> | 11. <i>Removed Oil Returned to Gearbox</i> |
| 6. <i>Pressure Gauge</i> | |

Sistem bekerja dengan dimana udara diambilkan dari *2nd Stage Moisture Separator* (1) kemudian mengalir menuju *vacuum generator* melalui sebuah kontrol *filter / pressure regulator* (4) menuju *vacuum generator*. Kemudian *vacuum generator* menarik kabut minyak dari *gearbox* (8) selanjutnya udara / kabut akan melewati *oil removal filter* (10) udara dibuang ke atmosfer (9) sedangkan oli yang terbawa akan dikembalikan lagi ke *gearbox* (11).

Instrument Air Compressor dan *Service Air Compressor* memiliki sistem aliran udara yang bertahap mulai dari *Air Intake* hingga *Air Discharge*. Gambar 2.3 sistem aliran udara dari *Instrument Air Compressor* dan *Service Air Compressor*.



Gambar 2. 3 Sistem Aliran Udara

(Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd.,2009)

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Intake Air Filter | 6. Moisture Separator |
| 2. Intake Silencer | 7. Safety Valve |
| 3. Suction Regulator | 8. Interstage Press Transmitter |
| 4. 1 st Stage Element | 9. Discharge Silencer |
| 5. Intercooler | 10. Nonreturn Valve |

11. *Delivery Pressure Transmitter*

12. *Aftercooler*

13. *Moisture Separator*

14. *2nd Stage Element*

15. *Unloader Solenoid*

16. *Regulation Line Filter*

17. *Shuttle Valve*

18. *Blowdown Silencer*

19. *Diff' Pressure Switch*

20. *Condensate Drain*

Prinsip kerja aliran udara adalah udara masuk melalui air intake kemudian udara tersebut diatur oleh *suction regulator* sebelum masuk ke *first stage* untuk dikompresi. Pada saat udara terkompresi maka temperatur udara akan naik. Kemudian udara melalui *intercooler* untuk diturunkan temperaturnya. Setelah itu udara masuk ke *second stage* untuk dikompresi ulang sehingga menghasilkan udara terkompresi lebih tinggi. Setelah udara dikompresi di *second stage* udara menuju ke *air discharge* yang sebelumnya melalui *after cooler* untuk diturunkan kembali temperaturnya. (*Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd., 2009*)

2.2 Control Remote Option

Instrument Air Compressor memiliki modul *input* dan *output* untuk menghubungkan peralatan dilokal dengan alat *monitoring* di CCR. Modul ini memiliki beberapa pin. Berdasarkan *manual book Instrument Air Compressor* untuk mengaktifkan fungsi *input* hanya bisa dengan cara menghubungkan pin *input* ke terminal koneksi *common* X5-1, X01, atau X5-2 dan X02. Gambar 2.4 adalah gambar yang menjelaskan pin modul *input Instrument Air Compressor* yang dapat dihubungkan ke CCR. Gambar 2.4 juga dapat dilihat dengan jelas pada lampiran 1.

1) Input Terminal X01

Pin No.	Function
X01-1	Common (20V dc) for X01 inputs
X01-2	Comms Control Enable
X01-3	Auto Restart Enable
X01-4	Remote Load Enable
X01-5	Remote Load/Unload
X01-6	Remote Start Enable
X01-7	Remote Start
X01-8	Remote Stop
X01-9	No Standard Function

2) Input Terminal X02

Pin No.	Function
X02-1	Common (20V dc) for X02 inputs
X02-5	Remote Fault Input 1
X02-6	Remote Fault Input 2
X02-7	Remote Fault Input 3
X02-8	Remote Fault Input 4
X02-9	Remote Fault Input 5

Gambar 2. 4 Pin Modul *Input Instrument Air Compressor*
(Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd.,2009)

Penjelasan gambar 2.4 adalah sebagai berikut :

a. Pin terminal input X01 :

- 1) X01-1 adalah pin *input common* 20 Volt DC
- 2) X01-2 adalah pin *input common* untuk pengontrolan dari CCR
- 3) X01-3 adalah pin perintah untuk *auto restart enable* ketika *power supply* kompresor mengalami gangguan
- 4) X01-4 adalah pin untuk *remote load enable*
- 5) X01-5 adalah pin untuk input kompresor *Load /Unload*. Sinyal ini didapatkan dari *pressure switch, relay* dan PLC
- 6) X01-6 adalah pin untuk menerima sinyal *remote* dari CCR
- 7) X01-7 adalah pin perintah *start* dari CCR

- 8) X01-8 adalah pin perintah *stop* dari CCR
- 9) X01-9 adalah pin untuk *no standart function*

b. Pin terminal input X02 :

- 1. X02-1 adalah pin *input common* 20 Volt DC
- 2. X02-5 sampai 9 merupakan 5 pin fungsi *input* yang disediakan yang dapat di program untuk memberikan sinyal alarm secara individual. Pin ini dapat dihubungkan dengan *remote switch*, *relay* dan PLC.

Selain memiliki modul *input*, *Instrument Air Compressor* juga memiliki modul *output* yang dapat dihubungkan dengan PC CCR. Perbedaan modul *input* dan *output* adalah modul input menerima sinyal dari CCR sedangkan modul *output* mengeluarkan sinyal untuk ditampilkan di CCR. Gambar 2.5 adalah daftar pin modul *output*.

a) Output Terminal X05

Pin No.	Function
X05-1	Common (20V dc) for X05 outputs
X05-2	Available
X05-3	Group Fault
X05-4	Running
X05-5	On Load
X05-6	Group Trip
X05-7	Service Due

b) Output Terminal X06

Pin No.	Function
X06-1	Common (20V dc) for X06 outputs
X06-2	Remote Fault 1 Repeat
X06-3	Remote Fault 2 Repeat
X06-4	Remote Fault 3 Repeat
X06-5	Remote Fault 4 Repeat
X06-6	Remote Fault 5 Repeat
X06-7	No Standard Function

Gambar 2. 5 Pin Modul *Output Instrument Air Compressor*

(Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd.,2009)

Penjelasan gambar 2.5 adalah sebagai berikut :

a. Pin terminal output X05 :

- 1) X05-1 adalah pin *input common*
- 2) X05-2 adalah pin untuk memberikan sinyal ke CCR bahwa status kompresor adalah *standby / available*
- 3) X05-3 adalah untuk memberikan sinyal ke CCR bahwa kompresor mengalami gangguan / alarm
- 4) X05-4 adalah pin untuk memberikan sinyal ke CCR bahwa status kompresor adalah *Running / stop*
- 5) X05-5 adalah pin untuk memberikan sinyal ke CCR bahwa status kompresor adalah *On Load*
- 6) X05-6 adalah pin untuk memberikan ke CCR bahwa kompresor *trip* atau kehilangan *power supply*
- 7) X05-7 adalah pin untuk memberikan ke CCR bahwa kompresor sudah waktunya untuk pemeliharaan.

b. Pin terminal output X06 :

- 1) X06-1 pin *input common 20 Volt DC*
- 2) X06-2 sampai 6 adalah pin untuk memberikan sinyal alarm yang sudah disetting sebelumnya

(Shanghai CompAir Compressor Co., Ltd.,2009)

2.3 Identifikasi Risiko

PT PJB UBI OBM PLTU PACTAN		PIB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM		IDENTIFIKASI RISIKO		No. Dokumen	PMN.12.2.2.6								
PT PJB UBI OBM PLTU PACTAN		PIB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM		IDENTIFIKASI RISIKO		Revisi	00								
PT PJB UBI OBM PLTU PACTAN		PIB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM		IDENTIFIKASI RISIKO		Tanggal Terbit	27 April 2017								
PT PJB UBI OBM PLTU PACTAN		PIB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM		IDENTIFIKASI RISIKO		Halaman	1 dari 1								
AKTIVITAS	SASARAN	RISIKO INHERENT/RISIKO MULA/RISIKO AWAL			RISIKO CONTROL/RISIKO PADA SAAT INI			RISIKO RESIDUAL/RISIKO YANG DI HARAPKAN							
		RISIKO	PENYEBAB	DAMPAK	TINGKAT (K)	TINGKAT (D)	LEVEL RISIKO INHERENT (K,D)	DESKRIPSI CONTROL	TINGKAT (K)	TINGKAT (D)	LEVEL RISIKO RESIDUAL (K,D)				
Operasi & Pemeliharaan Unit	Meningkatkan Maintainability IAC sehingga dapat menjaga availability unit (24x7)	1. Ketersediaan IAC karena sering terjadi trouble shooting 2. Instrument air pressure drop menyebabkan unit trip	Kondisi saat ini status dan parameter IAC tidak bisa dipantau oleh operator CCR secara real time sehingga gejala - gejala masalah yang akan terjadi tidak bisa diketahui oleh operator	Service IAC terhadap unit berkurang (History gangguan dalam satu tahun mulai 2014 - 2019 sepag 28x)	D	3	D.3	1. Meningkatkan kuantitas dan kualitas patrol check 2. Meningkatkan Preventive Maintenance 3. Meningkatkan IS dan PLM	D	3	D.3	1. Monitoring status IAC secara real time oleh operator CCR 2. Menanggapi trouble shooting yang akan terjadi dengan mengacu gejala - gejala yang ada	C	1	(C.1) Rendah

Gambar 2. 6 Identifikasi Risiko *Instrument Air Compressor*

Gambar 2.6 menjelaskan tentang identifikasi risiko *Instrument Air Compressor* (gambar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran 2). Identifikasi risiko *Instrument Air Compressor* terbagi menjadi 3 risiko yaitu risiko awal, risiko pada saat ini, risiko yang diharapkan.

a. Risiko awal

Risiko awal adalah risiko ketika *Instrument Air Compressor* belum dilakukan perbaikan untuk mengurangi risiko. Risiko awal *Instrument Air Compressor* adalah ketidaksiapan *Instrument Air Compressor* karena sering terjadi *trouble shooting* dan *Instrument air pressure drop* yang berpotensi menyebabkan unit pembangkit *trip*. Penyebabnya adalah kondisi saat ini status dan parameter IAC tidak bisa dipantau oleh *operator CCR* secara *real time* sehingga gejala - gejala masalah yang akan terjadi tidak bisa diketahui oleh *operator* yang berdampak *service IAC* terhadap unit berkurang. Tingkat kemungkinan risiko terjadi adalah D (besar) , skala dampak adalah 3 (*mayor*) dan level risiko yang terjadi adalah D.3 (tinggi).

b. Risiko pada saat ini

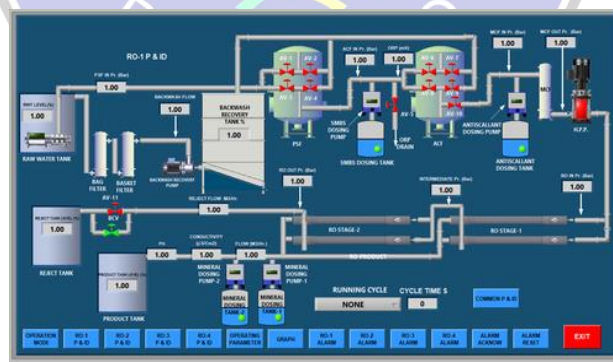
Risiko pada saat ini adalah risiko yang sudah dilakukan mitigasi risiko dimana aktivitas yang dilakukukan untuk deskripsi kontrol adalah meningkatkan kuantitas dan kualitas *patrol check*, meningkatkan *Preventive*

Maintenance dan meningkatkan 5S dan *First Line Maintenance* (FLM). Namun, setelah dilakukan aktivitas tersebut tingkat kemungkinan risiko terjadi, skala dampak dan level risiko yang terjadi masih sama. Ini terjadi karena *Instrument Air Compressor* belum bisa dimonitor oleh *operator* secara *real time* sehingga gejala – gejala *troubleshooting* yang terjadi tidak bisa diketahui lebih awal. Oleh sebab itu diperlukan alat yang mampu menampilkan semua parameter *Instrument Air Compressor* di CCR.

c. Risiko yang di harapkan

Risiko yang diharapkan adalah risiko yang di ingin dicapai setelah dilakukan *action plan*. *Action plan* yang dilakukan adalah *monitoring* status *Instrument Air Compressor* secara *real time* oleh *operator* CCR dan mencegah *trouble shooting* yang akan terjadi dengan mengacu gejala - gejala yang ada. Diharapkan setelah melakukan *monitoring* semua parameter *Instrument Air Compressor* secara *realtime* tingkat kemungkinan risiko yang terjadi adalah C (sedang), skala dampak 1 (rendah) dan level risiko residual C.1 (Rendah). (Identifikasi Risiko *Instrument Air Compressor* PLTU Pacitan)

2.4 SCADA



Gambar 2. 7 SCADA

(Sumber : Victor,2019)

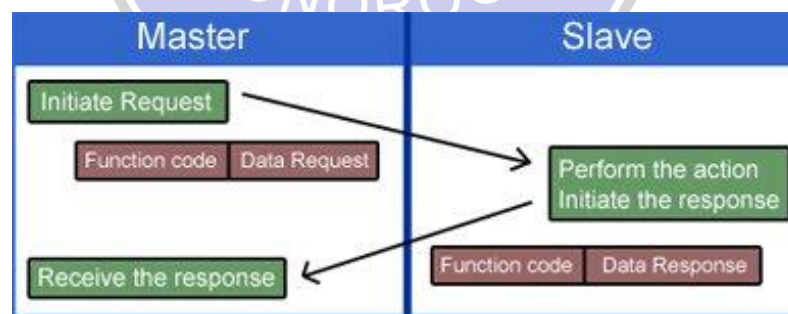
SCADA memiliki tiga sistem. Sistem tersebut diantaranya adalah :

- a. Pengawasan
- b. Pengambilan dan perekaman data
- c. Pengendalian

Hardware dan *software* adalah alat yang dibutuhkan untuk merealisasikan tiga fungsi diatas. *Software* berfungsi sebagai *Human Machine Interface* (HMI). *Human Machine Interface* adalah alat yang menjembatani manusia dengan peralatan. Suatu HMI memiliki *hardware* dan *software*. *Hardware* dan *software* membuat HMI dapat saling berinteraksi dengan manusia seperti melakukan pengontrolan dan pemantauan peralatan. Instruksi yang diberikan manusia dikonversi menjadi sinyal *input* yang akan dikerjakan oleh mesin kemudian mesin memberikan *feed back* berupa *output* yang dikonversi menjadi sinyal informasi yang mudah dipahami oleh manusia. Didalam *display* HMI terdapat gambar dan parameter yang menjelaskan kepada *operator* tentang kondisi peralatan seperti *flow diagram*, status peralatan *running* atau *stop*, dan parameter lain seperti *pressure*, *temperature*, *flow*, dan lain – lain. Masing – masing parameter menggunakan satuan tertentu yang sesuai dengan kondisi peralatan tersebut seperti *pressure* dalam satuan MPa, bar, kPa, dan lain – lain. Secara umum satuan tekanan adalah *Pa* (*Pascal*). *Pascal* adalah satuan internasional untuk tekanan dan tegangan. Satu *Pascal* setara dengan satu *Newton* per meter persegi. Parameter *temperature* memiliki skala ukur dalam derajat *Celcius*, *Reamur*, *Fahrenheit*, ataupun *Kelvin*. Satuan internasional *temperature* adalah derajat *Kelvin* ($^{\circ}\text{K}$). *Kelvin* adalah skala suhu termodinamika (mutlak). Namun, di Indonesia skala ukur yang biasa digunakan adalah derajat *Celcius* ($^{\circ}\text{C}$). *Celcius* adalah suatu sklala ukur suhu yang didesain titik beku air adalah 0 derajat dan titik didih air adalah 100 derajat. Laju aliran fluida memiliki satuan internasional m^3/s (meter kubik per sekon) namun pada beberapa negara memiliki satuan yang berbeda misalnya di inggris satuan yang digunakan adalah ft^3/s dan di amerika adalah galon per menit (Q). (Anang Tjahono, dkk, 2010)

2.5 Modbus Protokol

Pengembang PLC pertama didunia *Schneider* memakai protokol komunikasi serial yang di publikasikan oleh PLC Modicon di 1979. Salah satu komunikasi serial yang digunakan adalah Modbus. *Modbus protocol* adalah protokol komunikasi yang digunakan untuk bertukar informasi atau data antar perangkat. Semua perangkat yang mendukung protokol komunikasi Modbus dapat saling terhubung dengan mudah. Perangkat – perangkat yang mendukung komunikasi ini adalah HMI, PLC, komputer, *I/O Device*, *Driver*, dll. *Master* dan *Slave* adalah teknik untuk berkomunikasi di Modbus. *Master* adalah *device* yang meminta informasi (*query*) sedangkan *Slave* adalah *device* yang menyediakan informasi untuk *Master*. Jaringan Modbus dapat menghubungkan 1 perangkat *Master* dengan beberapa perangkat *Slave* dengan alamat masing – masing *Slave* berbeda antara 1 sampai dengan 247. Perintah yang diberikan *Master* biasa disebut dengan “*Queries*”. *Master* hanya dapat melakukan permintaan sedangkan *Slave* hanya mampu memberikan informasi. Didalam jaringan Modbus RTU pasti memiliki minimal satu *Master* dan satu *Slave* didalam. (Nurpadmi, Tanpa tahun ,Vol. 01 No. 2)



Gambar 2. 8 Komunikasi *Master* dan *Slave* pada Modbus RTU

(Sumber : Nurpadmi, Tanpa tahun)

Modbus adalah bentuk jaringan umum yang banyak digunakan yang penerapannya mudah dan sederhana, modbus RS485 banyak digunakan di industri – industri besar seperti industri minyak yang mendominasi dunia. Perangkat dalam jaringan Modbus RS 485 mampu terhubung dengan perangkat lain sejauh 1,2 km dengan 1 Master dan 32 Slave sekaligus hanya menggunakan 2 buah kabel saja. *Ground* pada masing – masing perangkat bisa menggunakan referensi yang berbeda. Semua perangkat yang mendukung standar komunikasi RS485 dapat terhubung dalam jaringan ini seperti mikrokontroller, PLC, komputer, dll. (Rikki V, 2008, pp.67-68)

Function code adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan fungsi protokol Modbus. *Function code* adalah kode fungsi yang menginterpretasikan aksi yang diminta. Contoh *function code* yang sering digunakan dalam dunia industri adalah sebagai berikut

- 01 : *Read DO (Digital Output)*
- 02 : *Read DI (Digital Input)*
- 03 : *Read AO (Analog Output)*
- 04 : *Read AI (Analog Input)*
- 05 : *Write single DO (Digital Output)*
- 06 : *Write Single AO (Analog Input)*
- 15 : *Write multiple DO (Digital Output)*
- 16 : *Write multiple AO (Analog Input)*

(Nurpadmi, Tanpa tahun ,Vol. 01 No. 2)

Komunikasi yang terjadi antara *Master* dengan *Slave* ada 4 kemungkinan yaitu :

- a. Apabila *Slave* memperoleh pesan *query* dari master dengan baik tanpa terjadi kesalahan komunikasi dan *Slave* dapat mengerjakan perintah tersebut maka *Slave* memberikan informasi respon normal

- b. Apabila *Slave* tidak memperoleh pesan *query* dari *Master* karena terjadi kesalahan komunikasi maka *Slave* tidak mengirimkan respon kepada *Master*, dan respon *time-out* diberikan oleh *Master*
- c. Apabila *Slave* memperoleh pesan *query* dari *Master* namun terjadi kesalahan komunikasi (LRC, CRC, atau *parity*), maka *Slave* tidak mengirimkan respon ke *Master*, dan *Master* memberikan kondisi *time-out*.
- d. Apabila *Slave* memperoleh pesan *query* dari *Master* tanpa terjadi kesalahan komunikasi namun *Slave* tidak mampu mengerjakan *query* tersebut (contoh, perintah untuk membaca *coil status*), *Slave* akan memberikan informasi kepada *Master* kesalahan yang terjadi dengan mengirimkan *exception response*.

Ketika *Slave* tidak dapat menangani *query* dari *Master* maka *Slave* akan memberikan kode untuk diterjemahkan *Master*. Ini dinamakan *exception response*. Kode ini berfungsi untuk *Master* mengetahui *exception response* yang terjadi. Beberapa *exception code* dalam *exception response* adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 1 *Exception Code* dalam *Exception Response*

Kode	Nama	Arti
01	<i>Illegal Function</i>	Perintah dalam <i>query</i> yang tidak diizinkan untuk <i>Slave</i>
02	<i>Illegal Data Address</i>	Alamat data dalam <i>query</i> adalah alamat yang tidak diizinkan untuk <i>Slave</i>
03	<i>Illegal Data Value</i>	Nilai yang terdapat didalam <i>field query</i> adalah nilai yang tidak diizinkan oleh <i>Slave</i>

(Agus T, Sudjadi, Iwan S, 2007)

Sistem komunikasi data pasti memiliki gangguan yang mengakibatkan komunikasi data tidak berjalan lancar. Gangguan yang terjadi pada transmisi data adalah :

a. *Attenuation* (pelemahan)

Attenuation adalah gangguan yang mengakibatkan sinyal mengalami pelemahan saat melewati kabel. Hal ini disebabkan karena sinyal berubah bentuk saat melewati kabel. *Attenuation* dipengaruhi oleh panjang kabel.

b. *Distortion* (penyimpangan)

Distortion adalah gangguan yang terjadi karena sinyal transmisi terkontaminasi oleh kontaminan. Akibatnya sinyal ini akan rusak sehingga sinyal yang diterima berbeda dengan sinyal yang dikirimkan. Distorsi bias disebabkan oleh cacat amplitudo dan cacat harmonik prototipe. Filter adalah alat yang digunakan untuk memperbaiki distorsi.

Terdapat dua klasifikasi distorsi diantaranya adalah :

1. Distorsi *Phase*

Distorsi *phase* adalah distorsi yang disebabkan oleh kecepatan sinyal yang berbeda - beda didalam kabel transmisi sehingga penerima membaca sinyal dengan waktu yang berbeda – beda.

2. Distorsi *Nonliner*

Distorsi *nonlinier* disebabkan oleh ketidak linieran rangkaian yang ditandai oleh timbulnya frekuensi lain yang besarnya kelipatan frekuensi semula sehingga memperbanyak frekuensi sinyal yang dikirim.

c. *Noise* (derau)

Noise adalah sinyal gangguan yang bersifat elektronis maupun elektris, suara yang mengganggu sistem rangkaian elektronika dalam bentuk sinyal gangguan yang tidak diinginkan. sumber gangguan *noise* adalah pulsa – pulsa yang tidak beraturan dan elektromagnetik. untuk menanggulangi gangguan ini adalah menjauhkan dari medan listrik, menaikkan SNR dan menggunakan kabel terisolasi. (Teuku Mundasir, 2016)

2.6 Sistem DCS PLTU Pacitan

Distributed Control System (DCS) PLTU Pacitan menggunakan *Foxboro I/A Series*. Sistem I/A (*Intelligent Automation*) *Series* adalah sistem operasi yang menggabungkan dan mengotomatisasi proses operasi *manufacturing*. Ini merupakan sistem distribusi yang berkembang sehingga dapat menyesuaikan dengan kebutuhan sistem. Modul yang membentuk sistem komunikasi I/A *Series* dapat terletak di berbagai lokasi. Tempat ini tergantung kondisi dan *layout* dari *plant process*. Tiap modul memiliki fungsi yang spesifik. I/A *Series* terdiri dari *hardware* dan *software*.

Hardware I/A Series terdiri dari :

- a. *Switch*, berfungsi untuk menghubungkan satu CP dengan CP yang lain dan ke *workstation*
- b. *Workstation*, adalah CPU yang berfungsi untuk menjalankan *software foxboro I/A Series*
- c. CP, *Control Processor* (CP) berfungsi melakukan sistem beberapa pengaturan, sistem *logic* dan *sequence* yang terhubung bersama – sama dengan modul lain (FBM) dan perangkat *interface process*.
- d. FBM, *Field Bus Module* (FBM) digunakan untuk komunikasi dengan peralatan *local* seperti *transmitter*, *sensor*, dll. FBM juga berfungsi sebagai *Analog to Digital Converter*. FBM memiliki berbagai macam tipe dan fungsi,

menyesuaikan dengan peralatan *local*. Contoh : FBM201 untuk 4-20mA 8 chanel input, FBM202 8 thermocouple V/in, dll.

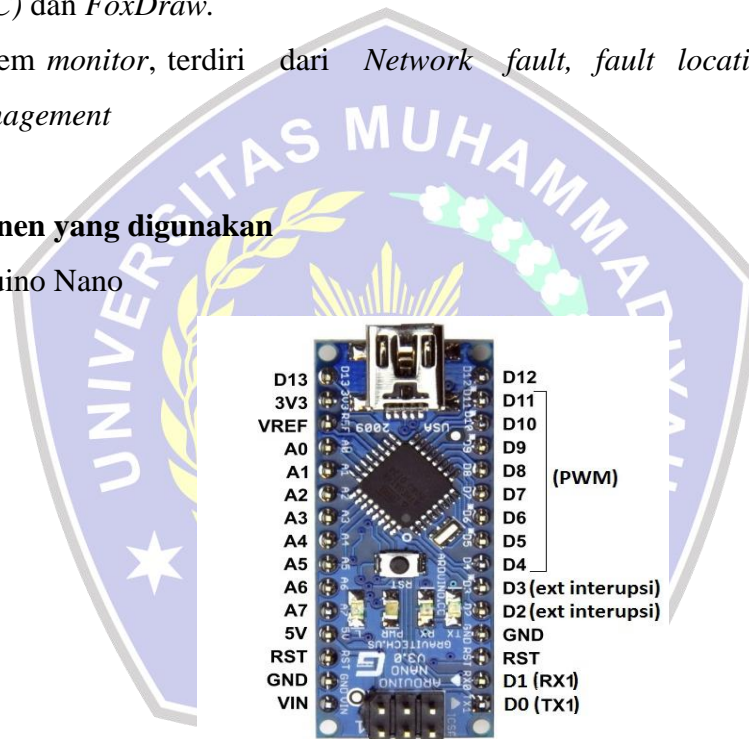
- e. FCM, *Fieldbus Communication Module* (FCM) digunakan untuk komunikasi antara CP dengan FBM

Software I/A Series terdiri dari :

- a. Paket konfigurasi, terdiri *FoxView, Integrated Control Configurator (ICC)* dan *FoxDraw*.
- b. Sistem *monitor*, terdiri dari *Network fault, fault location, hardware management*

2.7 Komponen yang digunakan

- a. Arduino Nano



Gambar 2. 9 *Board* Arduino Nano

(Sumber : Djukarna,2015)

Board arduino yang paling kecil diantara yang lain adalah arduino nano. Mikrokontroler ATmega328 adalah basis dari arduino nano. *Port USB Mini atau USB micro* adalah *port* yang menghubungkan komputer dengan

arduino nano. Perancangan dan produksi arduino nano dilakukan oleh perusahaan Gravitech. (Arduino Nano V.23 User Manual)

Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan Operasi	5V
Tegangan masuk (disarankan)	7 – 12 Volt
Tegangan masuk (batas akhir)	6 – 20 Volt
<i>Digital I/O Pin</i>	14 (6 <i>Pin PWM</i>)
<i>Analog Input Pin</i>	6
Arus DC per <i>pin I/O</i>	40 mA
Arus DC untuk 3.3 V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB(ATmega328) 0,5 KB untuk <i>bootloader</i>
<i>SRAM</i>	2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16MHz

b. RS485 Module



Gambar 2. 10 Modul RS485
(Sumber : Fnugrahendi, 2016)

Modul RS485 adalah standar industri yang digunakan untuk berkomunikasi jarak jauh, andal dan anti interferensi. Modul RS485 diciptakan untuk papan pengontrol arduino. Modul RS485 membuat Arduino mengakses protokol standar industri dengan mudah. Teknik komunikasi RS485 adalah *multipoint master slave* yaitu komunikasi dengan jarak 1200 meter dan terhubung dengan 32 perangkat sekaligus. (Rikki V, 2008, p.67)

c. USB to RS485 Converter

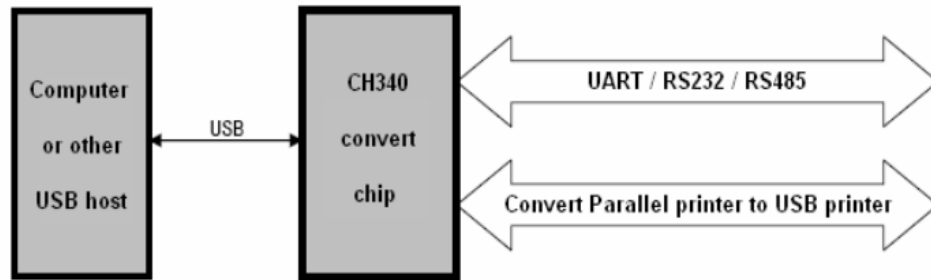


Gambar 2. 11 USB to RS485 Converter

(<https://m.reichelt.com/de/en/raspberry-pi-usb-rs485-interface-ch340c-rpi-usb-rs485-p242783.html>,2020)

CH340 adalah chip konversi bus USB, dapat mewujudkan antarmuka USB ke *printer* atau ke UART. Dalam mode serial UART, CH340 menyediakan sinyal penghubung MODEM yang umum, digunakan untuk memperluas antarmuka komputer UART atau memutakhirkan perangkat serial umum ke bus USB secara langsung. CH340 membuat komputer dengan USB dapat saling berkomunikasi dengan bermacam – macam sistem mesin dengan protokol RS485 seperti sistem otomasi, akses kontrol, *barrier gate*. RS485 tidak memerlukan catu daya eksternal sehingga penggunaannya sangat

mudah. RS485 Converter kompatibel dengan standart USB 2.0 atau 1.1. (Data sheet USB to Serial Chip CH340)



Gambar 2. 12 Blok Diagram USB to RS 485 Converter

(Sumber : <http://wch.cn>, 2020)

d. Komputer



Gambar 2. 13 Komputer di ruang CCR

(Sumber : CCR PLTU Pacitan, 2020)

Komputer adalah sebuah perangkat elektronik yang terintegrasi yang digunakan untuk pengolahan data sesuai dengan prosedur yang telah dirumuskan sebelumnya untuk mendapatkan informasi. Komputer dapat menyimpan perintah yang diberikan dan memprosesnya kemudian memberikan output dalam bentuk informasi. Dalam jaringan modbus komputer berperan sebagai *master* dan arduino nano berperan sebagai *slave*. Layar komputer berperan sebagai HMI. HMI menampilkan menampilkan semua parameter kompresor termasuk *fault alarm* yang terjadi. Kedua perangkat ini terhubung dengan protokol Modbus RTU RS485. (Xuyue, 2010)



