

Perancangan Sistem *Monitoring* Tekanan pada *Fly Ash System* Berbasis *Internet Of Things*

Raka Maulana Putera^a, Ojo Kurdi^{b,*}, Agus Suprihanto^b, Susilo Adi Widyanto^b, Yusuf Umardani^b,

^aMahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^bDosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof Soedarto, SH Kampus UNDIP Tembalang Semarang 50239

*E-mail: ojokurdi@ft.undip.ac.id

Abstract

Ash handling system has two main systems named fly ash system and a bottom ash system. Magnitude of pressure of each component was monitored using an installed pressure gauge. Exceeded pressure magnitude received by each component can cause a damage in the workflow of the combustion ash handling system. The overall process of power plant system will be disturbed. Therefore a pressure monitoring system is needed to monitor ash handling system directly and ensure whether the pressure received by each component still in the standard range. The use of one of the pillars of industrial technology 4.0, namely the Internet of Things, was used to fulfill the requirement. This monitoring was designed to monitor pressure via a server that contains data from sensors in real time, stores, manages, and evaluates data already stored on the server. The objective of using this monitoring system is to minimize work accidents due to components damage.

Keywords: *Monitoring System, Pressure, Industry 4.0, Technology.*

Abstrak

Ash handling system memiliki dua sistem utama yaitu fly ash system dan bottom ash system. Tekanan pada setiap komponen dipantau menggunakan pressure gauge yang telah terpasang. Kelebihan nilai tekanan yang diterima oleh tiap komponen dapat menyebabkan kerusakan yang merusak alur kerja dari sistem pengolahan limbah abu pembakaran. Hal ini akan menghambat keseluruhan proses pembangkitan listrik di PLTU. Oleh karena itu dibutuhkan sistem monitoring tekanan untuk dapat memonitor langsung dan memastikan apakah tekanan yang dialami setiap instrumen masih sesuai standar. Penggunaan salah satu pilar teknologi industri 4.0 yaitu Internet of Things digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pemantauan ini dirancang untuk memantau tekanan melalui server yang berisi data dari sensor secara real time, menyimpan, mengelola, dan mengevaluasi data yang sudah tersimpan di server. Tujuan dari penggunaan sistem monitoring ini adalah untuk meminimalisir kecelakaan kerja akibat kerusakan komponen.

Kata kunci: *Sistem Monitoring, Tekanan, Industri 4.0, Teknologi.*

1. Pendahuluan

Kehadiran teknologi internet dalam era globalisasi telah terbukti membantu dan mempermudah pekerjaan yang terkait dengan kemudahan akses, jarak dan waktu. Semakin terjangkaunya internet di Indonesia menciptakan peluang pengembangan beragam *system* informasi perusahaan sehingga mendorong berbagai pelaku bisnis baik di kalangan pemerintah maupun swasta untuk berlomba memanfaatkannya.

Monitoring dapat didefinisikan sebagai suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan. Sistem informasi *monitoring* adalah sebuah aplikasi untuk mengetahui perubahan – perubahan yang terjadi akibat pergerakan variabel secara kontinu dalam kurun waktu tertentu. Informasi yang di tampilkan merupakan kombinasi dari teks, grafik, *chart* [1].

Ash handling system memiliki dua sistem utama yaitu *fly ash system* dan *bottom ash system*. Yang dimana, setiap komponen itu dipantau menggunakan *pressure gauge* yang telah terpasang. Kelebihan nilai tekanan yang diterima oleh tiap komponen dapat menyebabkan kerusakan yang merusak alur kerja dari sistem pengolahan limbah abu pembakaran yang berujung dapat menghambat proses pembangkitan listrik di PLTU.

Tujuan dari konsep perancangan ini adalah untuk merancang sistem *monitoring* tekanan berbasis IoT untuk menghindari kelebihan tekanan yang dapat merusak komponen. Revolusi industri 4.0 memiliki potensi untuk meningkatkan pendapatan global dan meningkatkan kualitas hidup bagi masyarakat dunia dan juga Indonesia. Mudahnya akses data terhadap data-data teknis mempermudah para pekerja untuk melakukan *monitoring* terhadap tiap

komponen tanpa harus melihat ke tempat setiap saat. Selain itu, dari data yang diperoleh para peneliti juga dapat mengembangkan penelitiannya, sehingga diharapkan kualitas penelitian dan hasil produk menjadi lebih baik dan dapat langsung diimplementasikan ke sektor industri yang lain.

2. Material dan metode penelitian

2.1 Tinjauan Pustaka

a. Limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Batubara sebagai bahan bakar akan menimbulkan efek berupa emisi pencemar. Emisi-emisi yang dihasilkan dapat berupa SO₂, NO₂, CO, CO₂, VHC (*Volatine Hydrocarbon*) dan SPM (*Suspended Particulate Matter*). Polusi ini akan menyebar dari sumbernya melalui proses dispersi dan deposisi, yang dapat menurunkan kualitas udara, tanah dan air. Polutan-polutan yang dihasilkan energi fosil yang berakibat buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Terdapat pula logam berat seperti Pb, Hg, Ar, Ni, Se yang kadarnya jauh dari ambang batas khususnya yang berada disekitar pembangkit listrik tenaga uap. Selain itu PLTU menghasilkan sisa pembakaran berupa limbah padat abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*) [2].

b. Fly Ash (Abu Terbang)

Abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan elektrostatis presipitator. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batubara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan presipitator elektrostatis. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas gas buangan, maka partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat [3].

c. Bottom Ash

Bottom ash adalah abu yang dihasilkan pada proses pembakaran batubara sebagai sumber energi pada unit pembangkit uap (*boiler*) pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Bottom ash* berbentuk partikel halus dan bersifat *pozzolan*. Terdapat tiga tipe metode pembakaran pada proses penghasilan energi, yaitu *dry bottom boilers*, *wet bottom boilers* dan *cyclon furnace*. Apabila batubara dibakar dengan *type dry bottom boiler*, maka kurang lebih 80% dari abu meninggalkan pembakaran sebagai *fly ash* dan masuk dalam corong gas. Apabila batubara dibakar dengan *wet-bottom boiler* sebanyak 50% dari abu tertinggal di pembakaran dan 50% lainnya masuk dalam corong gas. Pada *cyclon furnace*, dimana potongan batubara digunakan sebagai bahan bakar, 70-80 % dari abu tertahan sebagai *boiler slag* dan hanya 20-30% meninggalkan pembakaran sebagai *dry ash* pada corong gas [4].

d. Ash Handling Plant

Ash Handling Plant adalah peralatan bantu dari sebuah PLTU berbahan bakar batubara. *Ash Handling Plant* berada dalam sistem aliran gas buang, memiliki peralatan penangkap abu yang dibangun menyatu dengan aliran bahan bakar/ gas buang.

Ash Handling Plant mempunyai alat yang berfungsi sebagai penangkap abu sisa pembakaran, *Electrostatic Precipitator* (ESP). Batubara yang dialirkan ke dalam ruang bakar sebagai bahan bakar PLTU akan menghasilkan gas buang yang mengandung partikel abu. Sebelum dibuang ke atmosfer, gas buang yang mengandung partikel abu tersebut akan melewati suatu ruang yang di dalamnya terdapat pelat-pelat yang dapat menangkap partikel abu. Pelat tersebut dialiri listrik searah (DC). Abu hasil tangkapan ESP disalurkan melalui *doom valve* ke pembuangan terakhir /ditampung di dalam penampung (*Silo*) [5].

e. Fly Ash System

Fly Ash system adalah peralatan *Ash Handling* yang berfungsi menyalurkan abu sisa pembakaran yang berasal dari ruang bakar. Bahan bakar (batubara) yang sudah dihaluskan dimasukkan ke dalam ruang bakar dengan cara dihembus oleh *PA Fan* dan dihisap oleh *ID Fan* untuk selanjutnya dibuang ke Atmosfir melalui cerobong asap (*stack*). Sisa pembakaran yang mengandung partikel-partikel abu dialirkan ke atmosfer melalui ruang yang telah dipasang ESP (*Electrostatic Precipitator*). Partikel abu yang terdapat dalam sisa pembakaran akan ditangkap oleh ESP dan disalurkan ke pembuangan melalui *doom valve* yang tersambung dengan pipa-pipa [5].

f. Internet of Things

Internet of Things (IOT) adalah struktur di mana objek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. *Internet of Things* merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerjasama melalui jaringan internet. *Internet of Things* dalam penerapannya juga dapat mengidentifikasi, menemukan, melacak,

memantau objek dan memicu *event* terkait secara otomatis dan *real time*. Pengembangan dan penerapan komputer, *Internet* dan teknologi informasi dan komunikasi lainnya (TIK) membawa dampak yang besar pada masyarakat manajemen ekonomi, operasi produksi, sosial manajemen dan bahkan kehidupan pribadi.

Tantangan utama dalam IOT adalah menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. Sensor mengumpulkan data mentah fisik dari skenario *real time* dan mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data [5].

g. *Sistem Monitoring*

Sistem *monitoring* merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang *real-time*. Secara garis besar tahapan dalam sebuah sistem *monitoring* terbagi ke dalam 3 proses, yaitu :

- Proses di dalam pengumpulan data *monitoring*.
- Proses di dalam analisis data *monitoring*.
- Proses dalam menampilkan data hasil *monitoring*.

Penerapan sistem *monitoring* pada suatu perusahaan atau pabrik sudah banyak dilakukan untuk mendukung kegiatan-kegiatan dan untuk memaksimalkan sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan tersebut. *Monitoring* secara umum dapat dikatakan sebagai pemantau dari hasil *plant* yang dikontrol, dimana hasil *monitoring* merupakan hasil yang sesuai dengan fungsi web yaitu *real-time* dan jarak jauh [6].

h. *Gateway Internet of Things*

Gateway IoT adalah perangkat perantara antara sensor, perangkat, dan aplikasi yang menciptakan nilai dari data dan akses mereka. *Gateway* memungkinkan untuk secara efisien mengumpulkan dan mengamankan proses pengangkutan data dari perangkat, pengguna jarak jauh, dan aplikasi untuk melayani kebutuhan tertentu [7].

i. *Cloud Server*

Cloud server adalah layanan teknologi yang menggabungkan komputer dan jaringan yang berbasis internet. Teknologi ini memanfaatkan media internet sebagai pusat server untuk pengelolaan data. Sehingga data-data yang Anda perlukan dapat dengan mudah diakses dan tidak perlu lagi menyimpan data melalui alat penyimpanan seperti *Flashdisk*, *Harddisk*, CD maupun DVD. Tentu hal ini akan sangat mempermudah bila seseorang memiliki data yang tersimpan di suatu perangkat penyimpanan dan perangkat itu hilang, maka data yang tersimpan pasti ikut hilang. Namun, data di *cloud server* akan tetap aman [8].

j. *Human Machine Interface*

(HMI) *Human Machine Interface* adalah suatu sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. Sistem HMI sebenarnya sudah cukup populer di kalangan industri. Pada umumnya HMI berupa komputer dengan *display* di monitor CRT/LCD dimana kita bisa melihat keseluruhan sistem dari layar tersebut. Layaknya sebuah komputer, HMI biasanya dilengkapi dengan *keyboard* dan *mouse* dan juga bisa berupa *touch screen*. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer serta memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang sedang berlangsung. Terdapat banyak cara untuk membuat sebuah tampilan HMI seperti dengan aplikasi *Visual Studio* hingga dengan *Hardware Touch Screen Panel*. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa video, grafik, lampu dan lain-lain. Dimana pada tampilan tersebut operator dapat melihat parameter suatu sistem yang sedang beroperasi [9].

k. *Pressure Transmitter*

Pressure transmitter merupakan alat yang berguna untuk mengubah perubahan *sensing element* dari sebuah sensor menjadi sinyal yang mampu diterjemahkan oleh *controller*. *Transmitter* sendiri pasti berhubungan antara satu sama lainnya dengan komponen sensor. Sensor yang berguna untuk mengukur besaran tekanan akan memberikan keluaran berupa sinyal elektrik yang selanjutnya oleh *transmitter* akan dikirim menuju *controller*. Standar sinyal *output transmitter* adalah 3 sampai 15 psig (0,2 – 1 kg/cm²), 4 – 20 mA ataupun 1 sampai 5 Volt [10].

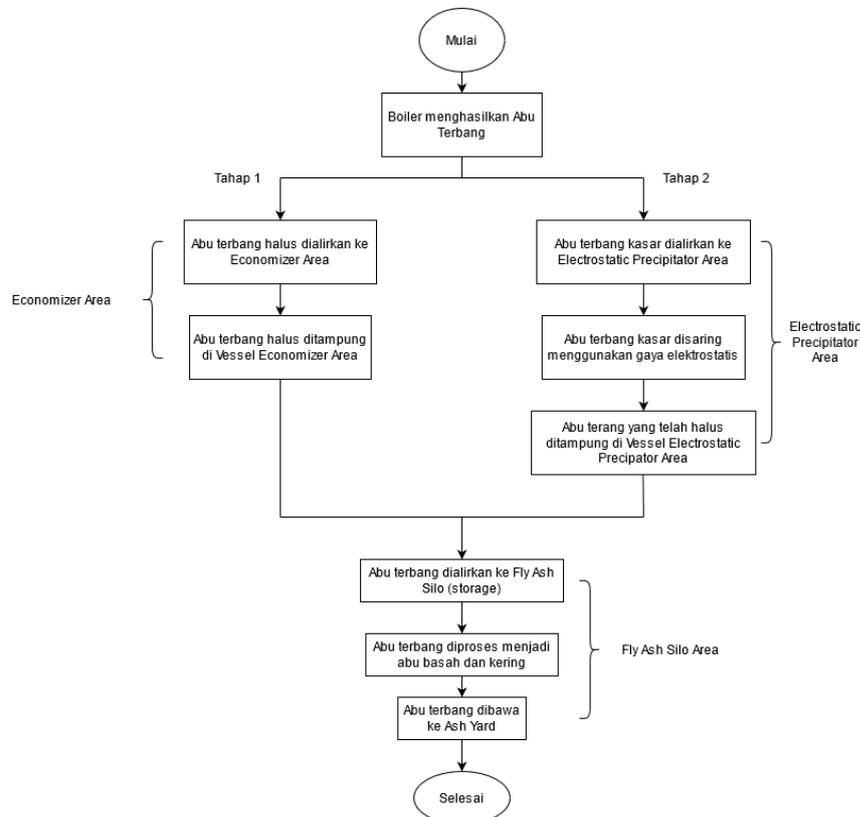
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Alur Kerja *Fly Ash System*

Pada *fly ash system*, terdapat dua jenis proses yang dialami oleh abu hasil pembakaran. Untuk proses yang pertama, abu akan mengalir ke *Economizer area* yang berada di bangunan boiler. Di *economizer area* tidak terjadi proses penyaringan, sehingga abu hasil pembakaran langsung mengalir ke *hooper*, lalu ditampung pada *vessel* yang tersedia tepat di bawah *hooper*. Setelah ditampung, abu tersebut akan dialirkan menuju *fly ash silo* berbarengan dengan abu yang telah disaring di *Electrostatic precipitator area* menggunakan udara yang dihasilkan dari kompresor.

Pada proses kedua, abu terbang dialirkan ke *Electrostatic precipitator area* untuk disaring menggunakan prinsip elektrostatik. Partikel – partikel abu dari boiler yang belum bermuatan, akan diberi muatan – (*negative*) oleh *Electroda* dan selanjutnya dengan teori *Electromagnet* akan ditangkap oleh *Collecting Plate*. Abu pada *Collecting Plate* akan jatuh ke *Hopper* setelah proses *rapping*. Setelah itu abu yang telah disaring akan tertampung di vessel yang tersedia tepat dibawah *ESP hooper*. Abu dialirkan bersamaan dengan abu yang berasal dari *economizer area* ke *fly ash silo* menggunakan udara yang dihasilkan oleh kompresor.

Melalui pipa yang telah disediakan, udara dari kompresor menggerakkan abu tersebut ke *fly ash silo* untuk ditampung dan diproses. Setelah ditampung, abu tersebut akan diproses menjadi abu basah dan abu kering menggunakan instrumen yang bernama *wet ash unloader* dan *dry ash unloader*. Setelah itu, abu yang telah diproses akan dipindahkan menggunakan truk ke *ash yard*.



Gambar 1. Diagram Alir Fly Ash System.

3.2 Komponen Penyusun Sistem Monitoring

Pada kegiatan ini, dirancang dan dibuat sistem *monitoring* temperatur tuang dan konsumsi daya listrik penggunaan tungku pengecoran induksi secara *real time* berbasis IoT [10]. Komponen-komponen yang digunakan dalam sistem *monitoring* ini secara garis besar adalah sebagai berikut.

- Sensor tekanan menggunakan *Pressure Transmitter*, yaitu alat untuk mengukur temperatur logam cair pada proses penuangan logam cair saat pengecoran.
- *Gateway* atau MTU, yaitu perangkat yang bertugas menghubungkan dan mengolah data yang masuk dari sensor ke *cloud*. Dalam hal ini, data yang dikirim adalah data-data dari *Pressure Transmitter* sesuai kebutuhan.
- *Monitor embedded PC* sebagai perangkat penyimpan data digital *Pressure Transmitter* serta monitor di lapangan.

a. *Pressure Transmitter*

Pressure transmitter merupakan gabungan antara sensor pengukur tekanan dengan *transmitter* atau pemancar sinyal. Alat ini menghasilkan *output* sinyal digital yang nantinya akan diterima oleh *receiver* yang diletakkan pada ruang kontrol. Selain mengirimkan berupa sinyal digital, *pressure transmitter* juga dapat menampilkan hasil pengukurannya secara langsung. *Pressure transmitter* yang digunakan ialah Yokogawa seri EJX530B.



Gambar 2. Yokogawa seri EJX530B.

b. *Signal Receiver*

Signal Receiver merupakan alat yang berfungsi menangkap sinyal yang telah dipancarkan oleh *pressure transmitter*. Alat ini akan diletakkan di ruang kontrol dan akan dihubungkan dengan gateway IoT menggunakan kabel. Untuk *signal receiver* yang akan digunakan ialah *Field Wireless access point* YFGW510.



Gambar 3. *Field Wireless access point* YFGW510.

c. *Gateway IoT*

Gateway IoT adalah gerbang masuk berupa peralatan dan *software* yang menghubungkan *cloud* dengan sensor. Sensor akan mengirimkan data berupa sinyal analog yang diterima oleh *gateway* dan kemudian akan diolah menjadi data digital.

Gateway yang digunakan adalah Ewon Flexy 205, perangkat ini dipilih karena dapat terhubung ke *signal receiver* dan juga dapat terhubung ke berbagai konektivitas internet. Selain itu perangkat ini juga dilengkapi dengan aplikasi support HMI berbasis web yang dapat *dicustom* dan diakses lewat browser. Perangkat ini juga bisa mengirimkan data yang didapat saat monitoring ke server perusahaan



Gambar 4. Ewon Flexy 205.

Ewon Flexy 205 harus dipasang Wifi agar dapat terhubung dengan internet. Untuk terhubung ke jaringan internet perangkat ini membutuhkan extension card FLB 3271 untuk Wifi.

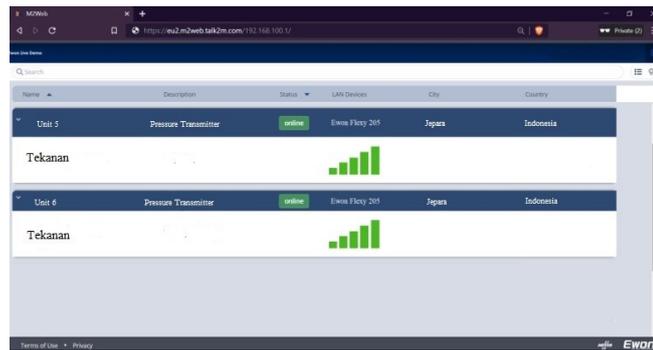


Gambar 5. Ewon Flexy Wifi.

d. *Human Machine Interface*

HMI adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. Sistem HMI berupa *Graphic user interface* (GUI) pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin atau pengguna yang akan memonitor tekanan.

Untuk HMI dapat digunakan fasilitas bawaan dari ewon flexy yaitu dengan <https://m2web.talk2m.com>, *software* untuk aplikasi HMI ini dapat dicustom sendiri melalui aplikasi *support* dari Ewon yang bernama viewON. Web HMI yang digunakan untuk memonitoring nilai tekanan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Web HMI.

Pada HMI juga dibutuhkan sebuah *device*. HMI *Device* bisa disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan, bisa menggunakan komputer biasa ataupun monitor *embedded* PC yang nantinya akan diletakkan pada *control room*. Komputer yang akan digunakan ialah ASUS PC ALL IN ONE V222GAK. Gambar dari *device* yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7. ASUS PC all in one V222GAK.

e. *Application Programming Interface*

Application programming interface (API) merupakan suatu dokumentasi yang terdiri dari *interface*, fungsi, kelas, struktur, dan sebagainya untuk membangun sebuah perangkat lunak. Ewon Flexy memiliki API sendiri yang berbasis web dan dapat diakses melalui browser pada link <https://m2web.talk2m.com>, *software* untuk API ini dapat dicustom sendiri melalui aplikasi *support* dari Ewon yang bernama viewON. Pada aplikasi tersebut menu dan *display* dapat diatur sesuai kebutuhan.

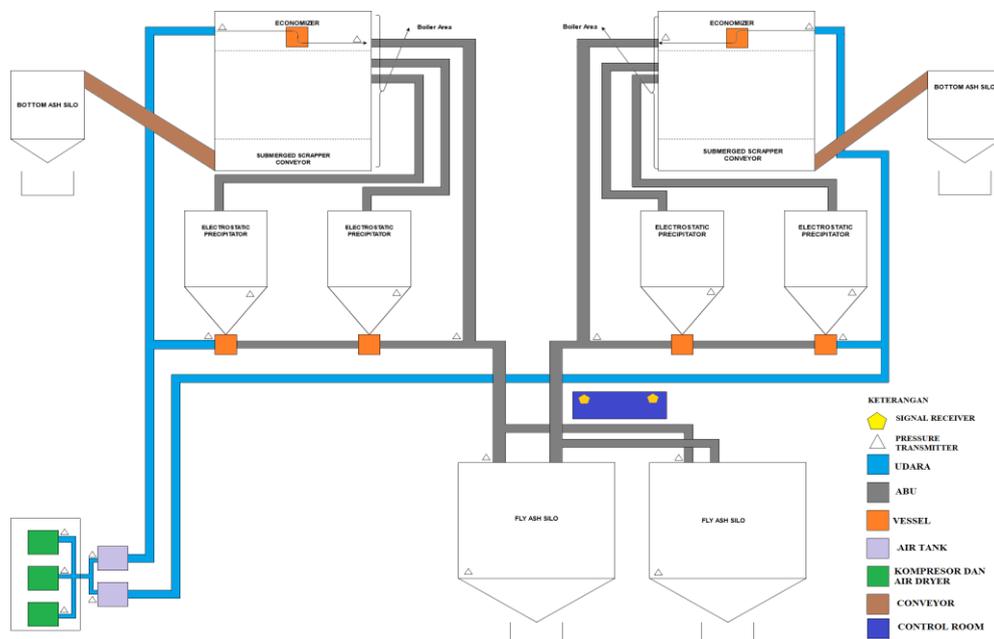
f. *Cloud Server*

Cloud server merupakan layanan teknologi yang menggabungkan komputer dan jaringan yang berbasis internet. Pada intinya, teknologi ini memanfaatkan media internet sebagai pusat server untuk pengelolaan data. Salah satu *Cloud*

Server yang dapat digunakan salah satunya ialah dari Mastereb yang dapat diakses melalui <https://www.masterweb.com/>, dengan spesifikasi 1vCPU, 1 GB RAM, 20 GB Disk space, 1 IP address dapat digunakan untuk menyimpan data hasil *monitoring* tekanan dari setiap *instrument*.

3.3 Layout Monitoring Tekanan Pada Fly Ash System

Gambar 9 menggambarkan *layout* ruang *monitoring* sistem tekanan pada *fly ash system*. Ruang *monitoring* dibuat di area sekitar *fly ash silo* karena terdapat lahan kosong untuk membangun ruang *monitoring*. Selain itu ruang *monitoring* juga cukup dekat dengan area dari *Fly ash system* dari unit 5 dan 6, agar tidak terjadi hambatan saat proses pemancaran dan penerimaan sinyal.

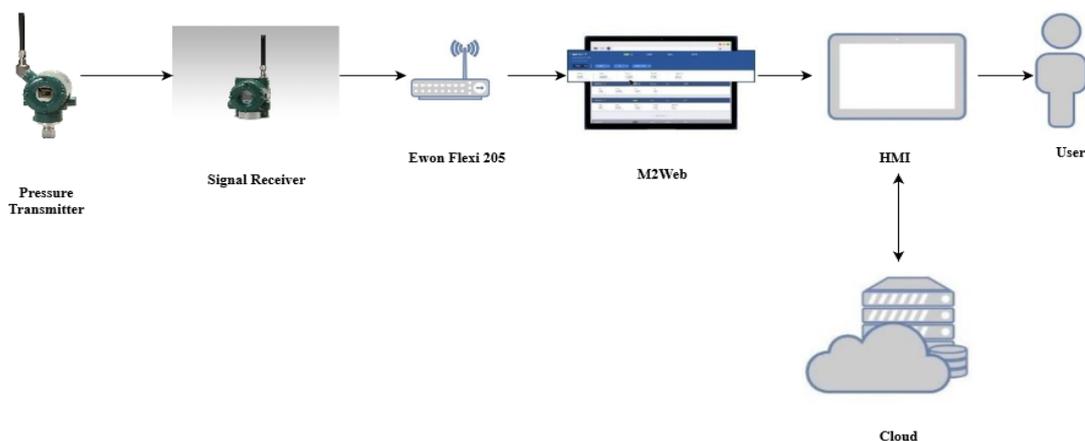


Gambar 8. Layout monitoring tekanan.

Tata letak ruang *monitoring* ditempatkan tidak jauh dari *fly ash system* unit 5 dan 6, dengan memanfaatkan lahan kosong yang berada di sekitar *fly ash silo*. Ruang *monitoring* akan diisi seperangkat komputer untuk HMI, Gateway IoT, dan *Signal receiver*. Tekanan akan diukur menggunakan *Pressure Transmitter*, alat ini akan diletakkan pada instrumen-instrumen dan alat seperti yang digambarkan. *Pressure Transmitter* akan mengirimkan data hasil ukur berupa sinyal digital ke *signal receiver*. Lalu *signal receiver* akan mentransfer sinyal yang diperoleh ke Gateway IoT dan kemudian diolah menjadi data digital ke *cloud server* secara *realtime*, *User* dapat melihat data melalui perangkat HMI yang ada di dalam ruang *monitoring*.

3.4 Sistem Monitoring Tekanan

Proses pengiriman data pada sistem monitoring tekanan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Sistem monitoring tekanan.

Proses pengiriman data pada sistem ini berawal dari *Pressure Transmitter*. Pertama-tama *Pressure Transmitter* dioperasikan untuk mengukur nilai tekanan yang dialami oleh instrumen maupun tekanan udara yang mengalir ke area tertentu.

Kemudian data hasil pengukuran berupa sinyal digital dikirim menuju *Signal Receiver* YFGW510 untuk dialirkan ke Ewon Flexy 205 yang sudah dilengkapi dengan FLB 3271 untuk wifi, Ewon Flexy 205 yang lengkap dengan ekstensinya berfungsi sebagai *Gateway* yang memungkinkan sinyal digital dari *transmitter* bisa diolah menjadi data digital dan bisa diterima oleh server.

Setelah server menerima data dari *Gateway* User bisa mengakses data dari server yang akan dipantau melalui komputer/monitor yang disebut *Human Machine Interface* (HMI). Dari data-data tersebut nilai tekanan dapat dilihat, dimonitor secara *real time*, dan juga bisa disimpan dalam *cloud server*. Sehingga melalui data yang termonitor secara langsung, para pekerja tidak harus selalu ke lapangan untuk melihat nilai tekanan yang dialami dari tiap instrumen.

4. Kesimpulan

Berdasarkan paparan diatas, maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal antara lain nilai tekanan dan kapasitas kerja dari setiap instrumen tidak boleh melebihi kapasitas maksimalnya agar tidak mudah rusak. Perancangan sistem monitoring ini dapat membantu untuk memonitor nilai tekanan dari tiap alat atau komponen agar tidak terjadi kerusakan ataupun kecelakaan kerja. Server bisa digunakan untuk menyimpan data *monitoring*.

Daftar Pustaka

- [1] Saraswati, N. W. S., I. W. A. Saputra, “*Sistem Monitoring Tekanan Air pada PDAM Gianyar Berbasis Web*,” MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput., vol. 18, no. 2, pp. 302–312, 2019.
- [2] Lestiani, D. D., Muhayatun, N. Adventini, “*Karakteristik Unsur pada Abu Dasar dan Abu Terbang Batu Bara Menggunakan Analisis Aktivasi Neutron Instrumental*,” Sains dan Teknol. Nukl. Indones., vol. 11, no. 1, pp. 27–34, 2010.
- [3] Wardani, S., “*Pemanfaatan Limbah Batu Bara (Fly Ash) Untuk Stabilitas Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Manggurangi Pencemaran Lingkungan*,” Pengukuhan Guru Besar Fak. Tek. Univ. Diponegoro, pp. 1–71, 2008.
- [4] Singh, M., R. Siddique, “*Effect of coal bottom ash as partial replacement of sand on workability and strength properties of concrete*,” J. Clean. Prod., vol. 112, pp. 620–630, 2016.
- [5] A. Sood, *STUDY OF ASH HANDLING SYSTEMS IN THERMAL POWER PLANTS*. .
- [6] Junaidi, A., “*Internet Of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review*,” J. Ilm. Teknol. Inf., vol. 1, no. 3, pp. 62–66, 2015.
- [7] Wicaksana, A., B. A. Ardi Sumbodo, “*Rancang Bangun Platform Intel Edison Sebagai IoT Gateway Berbasis Protokol MQTT*,” IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst., vol. 10, no. 2, p. 109, 2020.
- [8] Patel, K. K., S. M. Patel, P. G. Scholar, “*Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges*,” Int. J. Eng. Sci. Comput., vol. 6, no. 5, pp. 1–10, 2016.
- [9] Haryanto, H., S. Hidayat, “*Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC*,” Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer, vol. 1, no. 2, p. 58, 2016.
- [10] Fadholi, A., “*Studi Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat Di Bandara Sultan Babullah Ternate (1981-2008)*,” vol. 10, 2013.