

RANCANG BANGUN ALAT EARLY WARNING SYSTEM UNTUK PEMELIHARAAN MESIN CHILLER DI GEDUNG PERKANTORAN

Juahar Mamduh Atiq¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

Jauhaarr@gmail.com

Ilham Taufik Maulana²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

ilham.tmaulana@gmail.com

Keywords :

Arduino, Early Warning System, Maintenance, IoT

Abstract :

Chiller machine is a crucial element in an office building's cooling system. Maintenance of the chiller is essential to ensure optimal performance and prevent undesirable operational disruptions. Effective monitoring of the chiller's condition is key to maintaining the reliability of the building's cooling system. With proper monitoring, potential damages to the chiller can be detected early, allowing for repairs to be made before the issues become more serious. Therefore, research and improvement solutions are needed, such as designing an Early Warning System (EWS) and adding a mobile application to monitor temperatures as part of the chiller maintenance efforts in office buildings, using the PDCA (Plan-Do-Check-Action) method. This approach aims to maximize the efficiency and effectiveness of chiller maintenance. The implementation of this solution is expected to significantly contribute to improving the quality of services and facilities management in office environments.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam lingkungan perkantoran modern, kenyamanan dan produktivitas penghuni menjadi hal yang sangat penting. Salah satu komponen krusial dalam memastikan kenyamanan di gedung perkantoran adalah sistem pendingin udara yang sering kali menggunakan mesin *chiller* untuk menurunkan suhu udara di dalam ruangan. Mesin *chiller* berperan sebagai pusat pendingin utama, yang mengatur suhu udara untuk menjaga kondisi yang nyaman bagi penghuni serta menjaga kinerja optimal peralatan elektronik yang sensitif terhadap suhu.

Dalam konteks pemeliharaan mesin *chiller*, pentingnya pemantauan dan pemeliharaan *maintenance* menjadi sangat nyata. Mesin *chiller* rentan terhadap berbagai masalah, seperti kebocoran, kerusakan komponen, peningkatan biaya cost pada listrik, penumpukan kotoran yang dapat mengganggu kinerja pendinginan, dan bahkan menyebabkan

gangguan operasional yang serius. Program perawatan dan pemeliharaan bertujuan agar mesin *chiller* dapat beroperasi dengan baik sehingga peran gedung sebagai penunjang aktivitas kantor dapat berjalan secara optimal dan pengguna dapat merasa nyaman, yang selanjutnya akan membantu dalam meningkatkan aktivitas pekerjaan [1].

Tujuan Kajian

Adapun tujuan kajian membuat laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan sistem *Early Warning System (EWS)* yang efektif dan handal untuk memantau kondisi mesin *chiller* di gedung perkantoran menggunakan teknologi sensor suhu sebagai alat utama pemantauan.
2. Menyelidiki efektivitas dan kinerja sistem *EWS* dalam mendeteksi perubahan suhu signifikan atau kondisi tidak normal pada mesin *chiller*, sehingga

memungkinkan tindakan perbaikan atau pemeliharaan yang cepat dan tepat.

3. Meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional mesin *chiller* melalui analisis data sebelum dan sesudah penerapan sistem *EWS*, dengan fokus pada pengurangan *waste* dan perbaikan kondisi mesin. **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dalam konteks perancangan *Early Warning System (EWS)* untuk pemeliharaan mesin *Chiller* di gedung perkantoran menggunakan metode PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendeteksi masalah pada mesin *chiller*?
2. Apa saja risiko dan konsekuensi dari ketidakmampuan mendeteksi perubahan suhu secara *real-time* pada mesin *chiller*?
3. Apa potensi kerusakan yang mungkin timbul pada mesin *chiller* karena kurangnya pemantauan suhu dan keterlambatan dalam pelaksanaan *maintenance*?
4. Bagaimana cara meningkatkan ketepatan waktu dalam menjadwalkan dan melaksanakan *maintenance* pada mesin *chiller*?

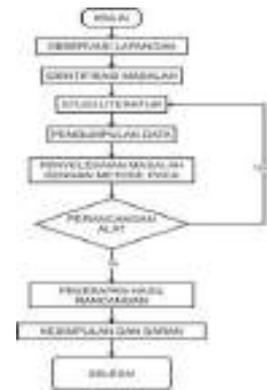
Batasan Masalah

Penelitian akan berfokus pada mesin *chiller 1* yang digunakan dalam lingkungan perkantoran.

1. Analisis akan difokuskan pada kerusakan yang terkait dengan perubahan suhu yang signifikan pada mesin *chiller*.
2. Keterbatasan sumber daya dan waktu penelitian dapat membatasi dalam pengumpulan data dan analisis yang mendalam.
3. Penelitian tidak akan mempertimbangkan aspek biaya dan implementasi solusi secara detail, fokusnya lebih pada identifikasi masalah dan solusi potensial.

METODE PENELITIAN

Rancang bangun alat mengikuti tahapantahapan yang ada pada alur penelitian. Untuk memudahkan proses penelitian, maka dibuatlah *flow* proses seperti Gambar 1



Gambar 1 Flow proses rancang bangun *early warning system*

Observasi Lapangan

Tahap ini merupakan tahap observasi yang digunakan untuk mengetahui keadaan atau proses kegiatan yang terjadi pada area tersebut. Tempat pelaksanaan observasi adalah pada Mesin *Chiller Head Office Gajah Tunggal Hayam Wuruk Jakarta*. Mesin *chiller* adalah salah satu jenis mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan media yang perlu didinginkan. Media yang digunakan biasanya berupa fluida cair dan proses pendinginan terjadi di bagian evaporator, kemudian fluida cair yang dingin tersebut dialirkan menuju FCU (Fan Coil Unit) dan AHU (Air Handling Unit) dan kemudian udara dingin yang melewati FCU di suplai ke penghuni gedung [2]. digunakan untuk mendinginkan air atau cairan lainnya dalam skala besar dengan cara menghilangkan panas dari fluida tersebut. Jumlah mesin *Chiller* terdapat 2 mesin yang dimana salah satu diantaranya menjadi cadangan, hanya satu mesin yang beroperasi setiap harinya. Kegiatan observasi juga digunakan untuk mengamati proses yang terjadi pada mesin *chiller* dan proses pemeriksaan suhu untuk menjaga suhu agar tetap optimal oleh inspektor.

Mesin *Chiller* memiliki nilai suhu yang perlu diperhatikan, seperti pada mesin *chiller* PT. ASY :

$$\text{Approach} < 1,6 \text{ } ^\circ\text{C} = \text{ok}$$

$$1,6 \leq \text{approach} < 2 \text{ } ^\circ\text{C} = \text{warning}$$

$$\text{Approach} \geq 2 \text{ } ^\circ\text{C} = \text{danger}$$

Jika hal tersebut dibiarkan, maka cost Listrik pengoperasian mesin *chiller* akan meningkat. Selanjutnya akan dijelaskan rincian perhitungan cost Listrik mesin *chiller*. Namun, Sebelum melanjutkan ke perhitungan daya listrik mesin *chiller*. Pemahaman mengenai tarif listrik pada periode LWBP dan WBP

sangat penting untuk mengetahui penggunaan energi dan biaya operasional.

Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) adalah periode di mana penggunaan listrik tidak berada pada puncak tertinggi permintaan. Pada periode ini, tarif listrik yang dikenakan lebih rendah, yaitu Rp. 1.035,78 per kWh. Tarif yang lebih rendah ini bertujuan untuk mendorong konsumen menggunakan listrik saat permintaan rendah, sehingga membantu mengurangi beban pada jaringan listrik.

Waktu Beban Puncak (WBP) adalah periode di mana permintaan listrik mencapai titik tertinggi dalam sehari. Biasanya, periode ini terjadi pada jam-jam ketika aktivitas industri, komersial, dan rumah tangga berada pada puncaknya. Tarif listrik pada periode WBP lebih tinggi, yakni Rp. 1.553,67 per kWh. Tarif yang lebih tinggi ini dimaksudkan untuk mengelola permintaan listrik secara lebih efisien dan mendorong konsumen mengurangi penggunaan listrik pada saat puncak permintaan.

Gambar 2 Pemakaian Listrik PT.ASY

LWBP (Luar Waktu Beban Puncak):

- Berlaku pada jam-jam di luar waktu beban puncak.
- Jam LWBP adalah dari pukul 22.00 hingga 17.00.

WBP (Waktu Beban Puncak):

- Berlaku pada jam-jam di mana permintaan listrik sangat tinggi.
- Jam WBP adalah dari pukul 17.00 hingga 22.00.

Ketika kita menghitung daya listrik mesin *chiller*, perlu juga mengetahui CT mesin *chiller* untuk mengetahui biaya serta penggunaan dayanya. CT pada mesin *chiller* memiliki nilai 320 kwh. Selain mengetahui CT, perlu juga mengetahui jam operasional

gedung. Jam operasional gedung PT.ASY pukul 07.00-17.00 atau 10 jam kerja. Oleh karena itu, perhitungan daya listrik menggunakan LWBP atau per 1 kwh Rp. 1.035.78.

Perhitungan Daya Listrik Mesin Problem

Perhitungan daya listrik mesin *chiller* adalah langkah krusial dalam menentukan efisiensi operasional dan biaya energi yang terkait dengan penggunaan *chiller*. Mesin *chiller* merupakan perangkat penting dalam sistem pendinginan, terutama di lingkungan industri dan komersial. Efisiensi dan produktivitas mesin *chiller* sangat bergantung pada berbagai faktor, termasuk kapasitas pendinginan, konsumsi energi, dan kondisi operasional.

Untuk membandingkan biaya cost listrik dalam analisis waste, kita harus mengetahui biaya ketika mesin problem dan mesin dalam keadaan normal.

Berikut adalah biaya listrik mesin *chiller* 1 periode bulan oktober-november 2023 :

Tabel 1. Data schedule produktivitas mesin *chiller* 1 pada bulan Oktober-November 2023

TANGGAL	KWH METER CHILLER (START)	KWH METER CHILLER (END)	TOTAL KWH PERHARI	CT MESIN CHILLER	LWBP	BIAYA LISTRIK PERJAM
23/10/2023	24389,9	24403,9	14	4480	Rp4.640.294	Rp464.029
24/10/2023	24403,9	24416,3	12,4	3968	Rp4.109.975	Rp410.998
25/10/2023	24416,3	24428,6	12,3	3936	Rp4.076.830	Rp407.683
26/10/2023	24428,6	24441,5	12,9	4128	Rp4.275.700	Rp427.570
27/10/2023	24441,5	24454,5	13	4160	Rp4.308.845	Rp430.884
30/10/2023	24454,5	24468,7	14,2	4544	Rp4.706.584	Rp470.658
31/10/2023	24468,7	24481,8	13,1	4192	Rp4.341.990	Rp434.199
01/11/2023	24481,8	24494,5	12,7	4064	Rp4.209.410	Rp420.941
02/11/2023	24494,5	24507,1	12,6	4032	Rp4.176.265	Rp417.626
03/11/2023	24507,1	24521	13,9	4448	Rp4.607.149	Rp460.715
TOTAL KWH			131,1	41952	Rp43.453.043	

Tabel 1 data schedule dan actual di bulan Oktober-November 2023 pada mesin *chiller*

Perhitungan Daya Listrik Mesin Normal

Tabel 2. Data schedule produktivitas mesin *chiller* 1 pada bulan Februari-Maret 2024

TANGGAL	KWH METER CHILLER (START)	KWH METER CHILLER (END)	TOTAL KWH PERHARI	CT MESIN CHILLER	LWBP	HARGA KWH PERJAM
26/02/2024	24863,3	24875,3	12	3840	Rp.3.977.395	Rp.397.740
29/02/2024	24900,8	24911,4	10,6	3392	Rp.3.513.366	Rp.351.337
01/03/2024	24911,7	24922,9	11,2	3584	Rp.3.712.236	Rp.371.224
12/03/2024	24922,9	24934,9	12	3840	Rp.3.977.395	Rp.397.740
14/03/2024	24934,9	24945,1	10,2	3264	Rp.3.380.786	Rp.338.079
18/03/2024	24945,1	24955,1	10	3200	Rp.3.314.496	Rp.331.450
19/03/2024	24955,1	24966,6	11,5	3680	Rp.3.811.670	Rp.381.167
20/03/2024	24966,6	24975,4	8,8	2816	Rp.2.916.756	Rp.291.676
21/03/2024	24976,8	24986,2	9,4	3008	Rp.3.115.626	Rp.311.563
22/03/2024	24987,6	24998,1	10,5	3360	Rp.3.480.221	Rp.348.022
TOTAL KWH			106,2	33984	Rp.35.199.948	

Tabel 2 merupakan data schedule dan aktual di bulan Oktober-November 2023 pada mesin *chiller*

Identifikasi Masalah

Pada tahap ini identifikasi masalah diperoleh dengan cara pengamatan yang dilakukan di lapangan. Pemantauan yang efektif terhadap kondisi mesin *chiller* menjadi kunci dalam menjaga keandalan sistem pendingin di gedung perkantoran. Dalam hal ini, pengembangan *Early Warning System (EWS)* menjadi sangat relevan. *EWS* adalah sistem yang dirancang untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi masalah atau kondisi abnormal pada mesin *chiller*, sehingga operator atau teknisi dapat merespon dengan cepat dan mengambil tindakan yang diperlukan. Adapun analisa *why* Mesin *Chiller* yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 3 Analisa *why* mesin *chiller*

Berdasarkan **Gambar 2** Dari analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa akar permasalahan penyebab biaya listrik mesin *chiller* tinggi adalah tidak ada indikator yang menunjukkan mesin sedang mengalami *problem* sehingga membutuhkan *maintenance*. Tidak tersedianya sensor yang mendeteksi kerusakan juga menjadi urgensi dalam penelitian ini. Sensor merupakan komponen yang penting untuk mendeteksi kerusakan secara dini dalam perkembangan mesin yang akan dilakukan. Permasalahan yang ada selalu menyebabkan konsumsi energi yang tinggi. Hal ini terjadi karena jika target suhu sulit tercapai, kinerja kompresor mesin *chiller* akan terus berada di intensitas tinggi. sehingga, jika hal tersebut terjadi akan menyebabkan kenaikan daya yang dibutuhkan mesin *chiller*. Apabila tidak dilakukan *maintenance* segera pada mesin *chiller*, baik penambahan *freon* atau *scalling*, maka konsumsi daya listrik makin tinggi. Oleh karena itu, pemantauan yang efektif serta adanya indikator yang dapat mendeteksi kerusakan atau *troubleshoot* terhadap kondisi mesin *chiller* menjadi kunci dalam menjaga keandalan sistem pendingin di gedung perkantoran. Penyebab timbulnya gangguan yang berulang pada mesin dan peralatan yang terjadi Ada beberapa faktor, yaitu operator mesin, teknisi mesin, sistem manajemen, dan kondisi mesin. Dari masalah yang sudah diuraikan, penyebabnya adalah kondisi mesin itu sendiri yang tidak memiliki indikator *maintenance*. kegagalan mesin *chiller* ditandai dengan naiknya angka *approach* di tabung *evaporator* atau tabung kondensor pada mesin *chiller*. *Approach* adalah selisih dari *saturated* dengan suhu air *output*. Sehingga, mesin akan bekerja lebih keras dan konsumsi daya meningkat.

Studi Literatur

Pada tahap Studi Literatur, dilakukan pencarian literatur yang berhubungan Tujuan penelitian yaitu pembuatan alat pendeteksi indikator kerusakan (*Early Warning System*) untuk menjaga kehandalan mesin *chiller* agar suhunya selalu optimal sesuai standar serta mencegah kerusakan yang fatal. Literatur yang digunakan oleh peneliti terdiri atas jurnal-jurnal, buku, dan literatur ilmiah lain yang menyangkut *Early Warning System* pada Mesin *Chiller*. Peneliti menggunakan literatur yang terdaftar secara nasional maupun internasional, sehingga kredibilitas penulisan ini dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan peneliti adalah metode pengumpulan data kuantitatif, *survey* dan *interview*. *Survey* penelitian dilakukan dengan menganalisis setiap proses yang menyebabkan permasalahan di lapangan dapat terjadi. Salah satu aktivitas yang menyebabkan kerusakan yang tidak terdeteksi secara cepat. Peneliti juga mengumpulkan data terkait dengan suhu mesin *chiller* untuk melihat nilai suhu berapa yang menjadi faktor kehandalan pada mesin *chiller* dan sebaliknya. Sementara itu, kegiatan *interview* dilakukan oleh peneliti kepada inspektur dan operator terkait kesulitan pada proses *maintenance* karena inspektur masih melakukan inspeksi secara manual untuk mendeteksi kerusakan. Hal ini yang menjadi penentuan urgensinya alat yang dibuat.

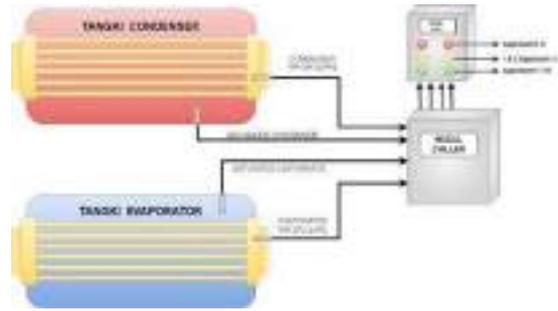
Penyelesaian masalah dengan metode PDCA

Penyelesaian masalah dengan metode PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) merupakan pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memperbaiki masalah atau kelemahan dalam suatu proses atau sistem.

Perancangan Alat

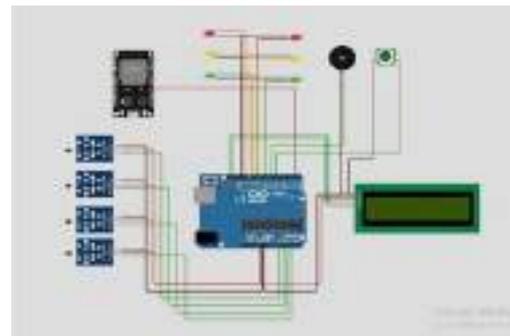
Tahap ini merupakan tahap perancangan secara desain menggunakan *software* wokwi. Pada *software* tersebut juga akan dilakukan simulasi pada desain, karena fitur-fitur yang berada pada *software* tersebut sudah diakui secara internasional untuk dilakukan simulasi. Dalam hal ini, peneliti juga menentukan komponen yang akan digunakan pada alat inspeksi nantinya. Desain alat akan disesuaikan dengan fungsi dan prinsip kerja alat. Berikut ini

adalah skema rangkaian *Early Warning System* yang akan dibuat:



Gambar 4 perencanaan instalasi rangkaian

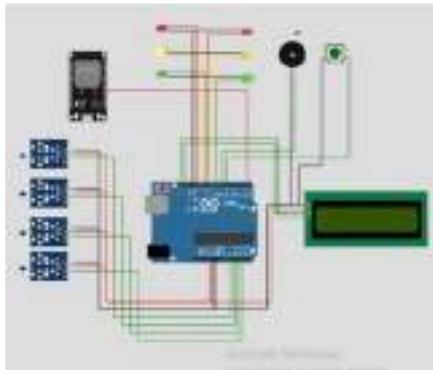
Rangkaian *Early Warning System* mengambil daya dari modul mesin *chiller* agar menjadi satu rangkaian. Jika tidak dibuat seperti ini, *Early Warning System* yang kita buat akan tetap beroperasi meskipun mesin sudah dimatikan.



Gambar 5 Wiring diagram early warning system

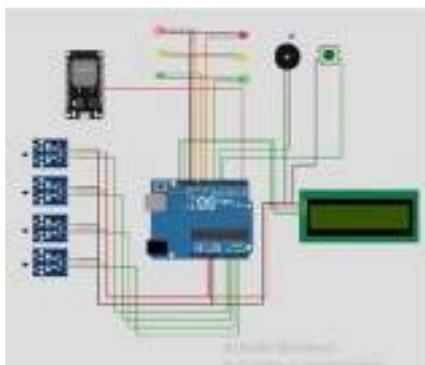
Cara kerja system *EWS* yang dibuat:

- Sensor suhu mengukur temperatur air yang keluar dari tangki *chiller*, dan temperatur *freon* yang berada didalam tangki *chiller*.
- Nilai *approach* didapatkan dari nilai selisih suhu air keluar dengan *freon*.
- Jika nilai *approach* berada dibawah 1,6 °C, maka lampu hijau menyala menandakan mesin *chiller* berjalan dengan normal (dalam kondisi ini teknisi bisa langsung mengetahui bahwa mesin normal dan tidak sedang butuh perawatan).



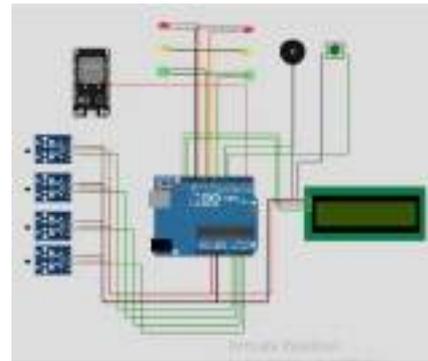
Gambar 6 Kondisi *Approach* normal

- d. Jika nilai *approach* berada diatas 1,6 °C, dan dibawah 2 °C, maka lampu kuning menyala menandakan mesin *chiller* kondisinya akan bermasalah dalam waktu dekat (dengan begini teknisi bisa langsung mempersiapkan perawatan yang dibutuhkan mesin *chiller* tanpa perlu melihat monitor *panel*)



Gambar 7 Kondisi *Approach* Warning

- e. Jika nilai *approach* berada diatas 2 °C, maka lampu merah menyala menandakan mesin *chiller* kondisinya sedang bermasalah (dengan begini teknisi bisa langsung mengetahui bahwa mesin *chiller* segera membutuhkan penanganan tanpa perlu melihat monitor panel mesin *chiller*)



Gambar 8 Kondisi *Approach* Danger

- f. Kemudian nilai *evaporator water leave*, *evaporator saturated*, *evaporator approach*, *condenser water leave*, *condenser saturated*, dan *condenser approach* akan ditransfer menuju Arduino esp32 untuk di unggah ke website dan aplikasi Blynk IoT.



Gambar 9 Proses transfer data nilai temperatur

Sensor NTC yang ditempatkan dalam lingkungan untuk memonitor suhu akan membaca perubahan suhu yang ada. Sensor NTC ini memiliki resistansi yang berubah sesuai dengan suhu lingkungan. Sensor ini terhubung ke Arduino Uno, di mana Arduino akan mengonversi perubahan resistansi menjadi nilai suhu dalam derajat Celcius atau Fahrenheit melalui pin analog.

Setelah Arduino Uno memperoleh nilai suhu dari sensor NTC, data suhu ini dikirimkan ke modul WiFi ESP32 melalui komunikasi serial. ESP32 yang telah dikonfigurasi dan terhubung ke jaringan WiFi akan menerima data suhu tersebut.

Selanjutnya, ESP32 mengirimkan data suhu ke server Blynk melalui internet. Di aplikasi Blynk yang sudah diinstal di smartphone, data suhu ini akan diterima dan ditampilkan dalam bentuk grafik, indikator suhu, atau format lain sesuai pengaturan pengguna. Dengan demikian, pengguna dapat memonitor suhu secara real-time melalui aplikasi Blynk dari mana saja.

Proses ini memastikan bahwa nilai suhu yang dibaca oleh sensor NTC dapat dipantau secara online dan real-time melalui aplikasi Blynk IoT, memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam pemantauan suhu.

EWS dibutuhkan agar teknisi mesin bisa segera melaksanakan penanganan. Karena jika tidak, mesin *chiller* bekerja lebih keras dan mengonsumsi daya yang lebih banyak.

Penyebab kenaikan nilai *approach* pada mesin *chiller* ada 2 yaitu:

1. Turunnya temperatur *freon*: kondisi ini bukan kondisi yang baik karena jika suhu *freon* turun berarti *freon* yang ada didalam tangki terlalu sedikit. Jika kondisi ini terjadi maka artinya mesin *chiller* butuh **penambahan *freon***.
2. Naiknya temperatur air keluar: jika temperatur air yang keluar dari tangki melebihi yang sudah di atur, artinya *freon* tidak mentransfer suhu dengan baik ke air. Hal ini terjadi karena *cubing* yang berada didalam tangki (yang dilewati air) sudah kotor sehingga menghalangi *transfer* suhu dari *freon* ke air. Jika terjadi kondisi seperti ini, maka perlu perawatan berupa *scaling* (membersihkan *cubing* yang berada di dalam tangki).

Penerapan Hasil Rancangan

Penerapan hasil rancangan melibatkan implementasi solusi atau perbaikan yang telah dirancang dalam lingkungan nyata. Setelah penerapan hasil rancangan, tentu selalu ada evaluasi perbaikan sebagai langkah-langkah korektif. Kinerjanya dievaluasi untuk menentukan apakah telah mencapai tujuan yang diinginkan. Evaluasi ini mencakup analisis terhadap data yang terkumpul selama proses implementasi, membandingkan hasil dengan tujuan yang telah ditetapkan, dan mengidentifikasi area-area yang masih memerlukan perbaikan atau penyempurnaan.

Pemilihan material yang akan diterapkan saat melakukan *manufacturing* alat inspeksi dapat dilakukan dengan menggunakan *morphology chart*. Penggunaan *morphology chart* membantu peneliti dalam membandingkan antar karakteristik material. Dengan adanya *morphology chart* peneliti dapat menyesuaikan dengan fungsi, karakteristik, dan

anggaran dalam pembuatan alat. Adapun morfologi *chart* dalam pembuatan alat dapat dilihat pada **Tabel 3**.

No	Fungsi/komponen	Solusi1	Solusi2	Solusi3
1	Microcontroller	 Arduino Uno	 Arduino Mega	 Arduino Nano
2	Software	 Arduino IDE		
3	Sensor Suhu	 DS18B20	 LM35-DZ	 Thermistor NTC
4	Komunikasi Nirkabel	 ESP 8266 Wi-Fi Modul	 ESP32	 HC-05 Bluetooth Modul
5	Penggunaan aplikasi	 Blynk App		
6	display	 LCD 16x2	 LCD 20x4	 OLED Display
7	I2C interface	 I2C Modul		
8	alarm	 Buzzer		

Tabel 3 Morfologi chart untuk memilah komponen yang akan digunakan dalam rancang bangun *EWS*

Kesimpulan dan Saran

Dengan adanya Pembuatan alat ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kinerja inspektor dan operator, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Selain itu, peneliti juga memberikan saran kepada peneliti selanjutnya demi kesempurnaan alat inspeksi *maintenance* ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di Departemen

Building Manajemen PT ASY pada bulan Maret 2024 sampai dengan bulan Juli 2024, dengan objek penelitian yaitu mengamati mesin *Chiller 1* yang tidak memiliki indikator yang dapat mendeteksi masalah pada mesin tersebut. Dimana objek penelitian tersebut memerlukan rancang bangun agar proses kehandalan mesin tersebut dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

Dalam melakukan penelitiannya, penulis akan menghitung produktivitas dari hasil data *inspection* yang dilakukan oleh operator menggunakan metode analisis *waste*, analisis *before after*, serta rancang bangun dengan metode *Deming Cycle* PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), sehingga diharapkan rancang bangun ini dapat meningkatkan kehandalan pada mesin.

Jenis data yang digunakan terdiri dari:

1. Data kuantitatif yaitu data yang diperoleh dari perusahaan dalam bentuk angka-angka mengenai jumlah konsumsi daya listrik pada mesin *chiller*. Data ini mencakup kwh yang digunakan, biaya listrik, dan efisiensi energi yang diperoleh
2. Data kualitatif yaitu data yang diperoleh dalam bentuk informasi baik lisan maupun tulisan yang sifatnya bukan angka, yaitu informasi mengenai jenis-jenis pemborosan yang terjadi dalam sistem dan penyebabnya. Data ini diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan operator, dan catatan *inspection log* operasional.

sumber data yang digunakan berupa:

1. Data Primer: Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari objek penelitian dengan melakukan observasi langsung atau wawancara terkait informasi dan hal-hal yang berkaitan dengan kinerja dan kondisi mesin *chiller*. Dalam hal ini, data primer berhubungan dengan operator yang bertanggung jawab atas pengoperasian dan pemeliharaan mesin *chiller*.

Data Sekunder: Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung, melalui manajemen fasilitas mengenai informasi yang disimpan dalam sistem dan berhubungan dengan penelitian ini. Data ini mencakup catatan operasional, laporan pemeliharaan, dan dokumentasi historis mengenai performa mesin *chiller*.

Dalam penulisan ini, metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Observasi, enelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan atau peninjauan langsung pada objek penelitian, yaitu mesin *chiller* di fasilitas yang sedang diteliti. Teknik observasi merupakan teknik yang sangat lazim dipakai dalam penelitian kualitatif, penelitian berbasis teknik observasi dalam kancah penelitian dunia telah lama didominasi oleh observasi dengan mengandalkan indra penglihatan (visual) sebagai alat superior dibanding indra pendengaran (auditif) yang sampai saat ini masih inferior dan minim dilakukan [3]. Observasi ini bertujuan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan mengenai kondisi dan operasi mesin *chiller* secara nyata.
2. *Interview*, Wawancara merupakan salah satu cara untuk mendapatkan data atau informasi dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan individu yang memiliki pengetahuan tentang objek yang diteliti [4]. Dalam hal ini, wawancara dilakukan dengan pihak manajemen atau karyawan di departemen yang bertanggung jawab atas operasi dan pemeliharaan mesin *chiller* untuk mengumpulkan informasi mengenai masalah dan kerusakan yang sering terjadi pada mesin tersebut.

Pengolahan Data

Hasil dari rancang bangun *EWS* yang sudah diterapkan pada mesin *chiller 1* Gedung *head office* dilampirkan pada table 9. Kemudian Data schedule tersebut dibandingkan dengan data kondisi mesin *chiller 1* ketika terjadi trouble.

TANGGAL	WAKTU	EVAPORATOR		SATURATED EVAPORATOR (FREON)	EVAPORATOR APPROACH
		ENTER	LEAVE		
23/10/2023	08.00	10,9	6,8	3	3,8
	10.00	10,7	6,5	4,8	1,7
	12.00	10,1	6,5	3,4	3,1
	14.00	10,1	6,4	3	3,4
	16.00	10,2	6,5	3,3	3,2

24/10/2023	08.00	11	6,9	2,8	4,1 X
	10.00	10,1	6,4	2,9	3,5
	12.00	10,3	6,4	3,1	3,3
	14.00	10,2	6,5	3,2	3,3
	16.00	10,2	6,4	3,4	3
25/10/2023	08.00	12,5	8,9	4,1	4,8
	10.00	12,5	8,9	4,1	4,8
	12.00	9,8	6,3	3,5	2,8
	14.00	10,2	6,4	3,3	3,1
	16.00	10,2	6,5	3,5	3
26/10/2023	08.00	10,8	6,9	2,9	4
	10.00	10,1	6,4	2,9	3,5
	12.00	10,1	6,6	3,6	3
	14.00	10	5,9	2,8	3,1
	16.00	9,4	5,9	3,2	2,7
27/10/2023	08.00	10,6	6,6	2,7	3,9
	10.00	9,2	6	2,5	3,5
	12.00	10	6,4	3,5	2,9
	14.00	10,4	6,5	3,3	3,2
	16.00	9,7	6,4	3,8	2,6
30/10/2023	08.00	10,2	6,4	2,4	4
	10.00	10,1	6,5	3	3,5
	12.00	10	6,4	3,5	2,9
	14.00	10,1	6,5	3,1	3,4
	16.00	10,3	6,6	3,4	3,2
31/10/2023	08.00	12,5	8,9	4,1	4,8
	10.00	10,6	6,7	3,2	3,5
	12.00	10,2	6,5	2,8	3,7
	14.00	10,2	6,4	2,7	3,7
	16.00	10	6,4	3	3,4

01/11/2023	08.00	12,1	8,5	3,6	4,9
	10.00	10,5	6,4	2,7	3,7
	12.00	10	6,5	3,1	3,4
	14.00	10,4	6,6	3,1	3,5
	16.00	10	6,4	2,9	3,5
02/11/2023	08.00	11,7	8	3	5
	10.00	10,2	6,5	2,3	4,2
	12.00	9,8	6,5	2,9	3,6
	14.00	10,3	6,7	2,6	4,1
	16.00	9,9	6,4	2,7	3,7
03/11/2023	08.00	11,6	8	3	5
	10.00	10,3	6,7	2,3	4,4
	12.00	9,8	6,5	2,7	3,8
	14.00	10,2	6,6	2,9	3,7
	16.00	9,5	6,4	2,4	4

Tabel 4 Data schedule produktivitas mesin chiller 1 sebelum dipasang EWS pada bulan Oktober- November 2023

Untuk melihat produktivitas mesin *chiller* dapat dilihat dengan menghitung nilai *approach* pada mesin dengan perhitungan:

$$\text{Approach evaporator} = \text{water leave evaporatorsaturated evaporator}$$

$$\text{Approach evaporator} = 6,8 \text{ }^\circ\text{C} - 3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Approach evaporator} = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dilihat dari data diatas, nilai *approach* menunjukkan suhu >2 °C sehingga dapat dilihat bahwa *evaporator* beroperasi tidak normal. Hal tersebut yang menyebabkan *cost* Listrik mesin *chiller* meningkat.

TANGGAL	WAKT U	EVAPORATOR		SATURATED EVAPORATOR (FREON)	EVAPORATOR APPROACH
		ENTER	LEAVE		
26/02/2024	08.00	11,3	6,9	5,8	1,1
	10.00	11,2	6,9	5,7	1,2
	12.00	10,8	6,9	5,9	1
	14.00	11,2	7,1	6	1,1
29/02/2024	16.00	10,8	6,9	5,9	1
	08.00	12	7,1	5,8	1,3
	10.00	11	7	5,9	1,1
	12.00	10,5	6,8	5,8	1
01/03/2024	14.00	10,8	6,9	5,9	1
	16.00	10,6	7	6	1
	08.00	11,3	6,9	5,6	1,3
	10.00	11,1	6,9	5,6	1,3
12/03/2024	12.00	10,6	6,9	5,9	1
	14.00	11	7	5,9	1,1
	16.00	10,8	7	5,9	1,1
	08.00	10,6	6,5	5,4	1,1
	10.00	10,5	6,5	5,5	1
14/03/2024	12.00	10,2	6,4	5,3	1,1
	14.00	11,6	7	6,2	0,8
	16.00	10,5	7	6,1	0,9
	08.00	11,1	6,9	5,6	1,3
	10.00	11,3	7,4	6,1	1,3

14/03/2024	12.00	10,3	6,4	5,4	1
	14.00	10,5	6,5	5,4	1,1
	16.00	10	6,4	5,4	1
	08.00	11,1	6,9	5,9	1
18/03/2024	10.00	10,3	6,4	5,9	0,5
	12.00	11,5	7	6,1	0,9
	14.00	11	7,1	6	1,1
	16.00	10,4	6,9	5,9	1
	08.00	10,9	6,9	5,8	1,1
19/03/2024	10.00	11	7	5,9	1,1
	12.00	10,4	7	6	1
	14.00	11,3	7,5	6,5	1
	16.00	10,7	7,4	6,5	0,9
20/03/2024	08.00	11	6,9	5,6	1,3
	10.00	10,7	6,9	5,8	1,1
	12.00	10,7	7,4	6,4	1
	14.00	10,9	7,4	6,3	1,1
21/03/2024	16.00	11,1	7,5	6,4	1,1
	08.00	11,3	7,4	6,2	1,2
	10.00	11,3	7,5	6,3	1,2
	12.00	11,1	7,4	6,3	1,1
	14.00	11,2	7,5	6,4	1,1
22/03/2024	16.00	11	7,4	6,3	1,1
	08.00	11,7	7,3	6	1,3
	10.00	11,2	7,4	6,1	1,3
	12.00	11,2	8	7	1
	14.00	11,4	8	6,9	1,1
14/03/2024	16.00	11,4	8,1	6,9	1,2

Tabel 5 Data schedule produktivitas mesin chiller 1 setelah dipasang EWS pada bulan Febuari-Maret 2024

PDCA

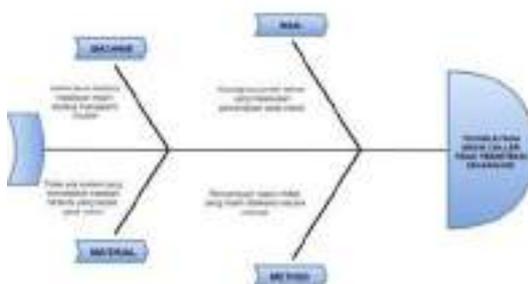
PDCA merupakan suatu siklus manajemen berkelanjutan yang terdiri dari empat langkah utama yaitu perencanaan (*Plan*), pelaksanaan (*Do*), pemeriksaan (*Check*), dan tindakan (*Action*). Dengan menggunakan siklus PDCA, pengembangan dan implementasi EWS dapat dilakukan secara sistematis dan te

rukur, sehingga memungkinkan untuk peningkatan kontinu dalam pemeliharaan dan kinerja mesin *chiller*. Metode PDCA berguna untuk melakukan perbaikan berkelanjutan yang pada prinsipnya lebih berorientasi ke masa depan, fleksibel, kinerja mesin an masuk akal untuk dilakukan serta mengandung deskripsi semua rencana yang disusun [5]

Plan

Plan merupakan langkah awal dari sebuah rencana perbaikan, tahap ini merupakan tahap identifikasi apa yang harus dilakukan dan bagaimana melakukannya dengan menggunakan bantuan beberapa alat bantu *seven tools*.

Pada tahap ini Menentukan Pokok Permasalahan yang ada pada departemen produksi *Building Manajemen* di PT.ASY adalah menurunnya produktivitas mesin yang disebabkan karena belum adanya indikator yang mendeteksi kerusakan mesin (EWS), Kemudian proses penelusuran dilakukan menggunakan *fishbone diagram* agar diperoleh gambaran komprehensif dari susunan hubungan sebab akibat. *Fishbone diagram* ini berfungsi untuk mengetahui penyebab-penyebab dari pokok permasalahan yang ada. Data dan informasi yang diperoleh dari analisa kondisi menjadi dasar dalam pengelompokan penyebab timbulnya persoalan dan identifikasi penyebab utama, dilihat dari efek yang ditimbulkan. Berikut merupakan *fishbone* diagram yang dapat menjabarkan penyebab dari menurunnya produktivitas dapat dilihat pada Gambar 32.



chiller. Metode PDCA berguna untuk melakukan perbaikan berkelanjutan yang pada prinsipnya lebih berorientasi ke masa depan, fleksibel,

pemeriksaan (*Check*), dan tindakan (*Action*). Dengan menggunakan siklus PDCA, pengembangan dan implementasi EWS dapat dilakukan secara sistematis dan terukur, sehingga memungkinkan untuk peningkatan kontinu dala

m pemeliharaan dan kinerja mesin *chiller*. Metode PDCA berguna untuk melakukan perbaikan berkelanjutan yang pada prinsipnya lebih berorientasi ke masa depan, fleksibel,

Gambar 10. Diagram *Fishbone*

Dari Gambar 32 dapat disimpulkan yang menyebabkan *trouble* pada mesin *chiller* tidak terdeteksi secara dini adalah dari *man*, *method*, *machine*, dan *material*

Do

Langkah kedua dalam perbaikan adalah *do* yaitu mengimplementasikan rencana yang sudah dibuat. Tindakan yang dilakukan pada langkah ini didasari dengan tahapan manajemen proyek yaitu:

1. Desain

Desain dalam manajemen proyek adalah fase kritis yang memastikan bahwa proyek dapat dilaksanakan dengan efisien, tepat waktu, dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Kesalahan atau kelalaian dalam fase desain dapat menyebabkan masalah signifikan selama pelaksanaan, termasuk peningkatan biaya, dan penundaan pengerjaan. Oleh karena itu, perhatian terhadap detail dan perencanaan yang matang sangat penting dalam fase ini.

a. Desain panel *Early Warning System* :

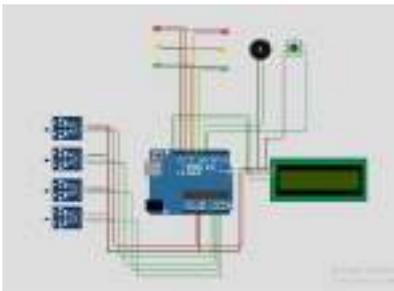
Berikut adalah hasil desain panel *Early Warning System* yang nantinya akan menjadi alat guna:



Gambar 11. Desain panel *Early Warning System*

b. Desain rangkaian Arduino:

Susunan komponen elektronik yang digunakan bersama dengan papan mikrokontroler Arduino untuk membuat proyek elektronik interaktif. berikut adalah rangkaian yang dapat digunakan untuk membuat alat *Early Warning System*:



Gambar 12. Desain Rangkaian Arduino

2. *Procurement*

Procurement adalah proses pengadaan barang dan jasa yang dilakukan oleh suatu organisasi atau perusahaan untuk memenuhi kebutuhan operasionalnya. Proses ini mencakup berbagai kegiatan mulai dari identifikasi kebutuhan, pemilihan pemasok, negosiasi harga dan syarat kontrak, pembelian, serta pengelolaan dan pemantauan.

3. Pelaksanaan proyek

Pelaksanaan proyek adalah fase krusial dalam membuat *Early Warning System* yang melibatkan eksekusi dari rencana yang telah disusun untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tahap ini mencakup berbagai aktivitas seperti alokasi sumber daya, koordinasi

tim, pemantauan progres, dan penanganan masalah yang mungkin muncul. Kesuksesan pelaksanaan proyek bergantung pada perencanaan yang baik, komunikasi yang efektif, dan kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan.

Pemilihan dan penerapan metode yang tepat juga sangat penting untuk kesuksesan pelaksanaan proyek. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan, serta konteks penggunaannya masing-masing. Penting untuk memahami kebutuhan spesifik proyek, lingkungan kerja, dan preferensi tim sebelum memilih metode yang paling cocok. Dengan menerapkan metode yang tepat, proyek dapat dijalankan dengan lebih efisien, menghadapi perubahan dengan lebih fleksibel, dan mencapai tujuan dengan lebih efektif.

Check

Setelah proyek selesai, dilakukan demonstrasi terhadap alat yang sudah dibuat. bertujuan untuk mengevaluasi apakah implementasi rencana yang telah dilakukan pada tahap "*Do*" telah berhasil mencapai hasil yang diinginkan atau tidak. Ini dilakukan dengan membandingkan hasil aktual dengan standar atau target yang telah ditetapkan sebelumnya di tahap "*Plan*"

Action

Action merupakan tahap terakhir yang sangat penting untuk menyelesaikan rancang bangun *Early Warning System*. Tahap ini berkaitan dengan tindakan atau langkah-langkah yang diambil berdasarkan hasil evaluasi dari tahap "*Check*". bertujuan untuk melakukan tindakan korektif atau perbaikan berdasarkan temuan dari tahap "*Check*". Ini berarti mengambil langkah konkret untuk mengatasi masalah yang diidentifikasi atau meningkatkan kinerja yang sudah ada pada alat yang dibuat. pada tahap *action*, alat *Early Warning Sistem* yang dibuat harus sudah

sesuai dengan standar yang diinginkan tanpa adanya kesalahan. Karena ini adalah langkah di mana diterapkannya perbaikan nyata untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

1. Sistem Early Warning System (EWS) yang dikembangkan menggunakan teknologi sensor suhu terbukti efektif dan handal dalam memantau kondisi mesin chiller di gedung perkantoran. Sistem ini mampu mendeteksi perubahan suhu secara akurat dan memberikan peringatan dini, sehingga memungkinkan tindakan pencegahan atau perbaikan yang cepat dan tepat.
2. Penyelidikan terhadap efektivitas dan kinerja sistem EWS menunjukkan bahwa sistem ini dapat mendeteksi perubahan suhu signifikan dan kondisi abnormal dengan cepat dan tepat. Hal ini memungkinkan tim pemeliharaan untuk segera mengambil tindakan yang diperlukan, sehingga dapat menghindari kerusakan yang lebih besar dan biaya perbaikan yang tinggi.
3. Analisis data operasional mesin chiller sebelum dan sesudah penerapan sistem EWS menunjukkan peningkatan keandalan dan efisiensi mesin. Dengan adanya sistem EWS, waste dapat dikurangi dan kondisi mesin dapat diperbaiki melalui tindakan pemeliharaan yang lebih proaktif, sehingga operasional mesin chiller menjadi lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. P. Khalilah, Christian Wiradendi Wolor, and Marsofiyati, "Analisis Manajemen Pemeliharaan Gedung Kantor (Studi Kasus PT AST)," *Apl. Adm. Media Anal. Masal. Adm.*, vol. 26, no. 2, pp. 146–153, 2023, doi: 10.30649/aamama.v26i2.216.
- [2] A. Pranoto, H. Al Kindi, and G. E. Pramono, "Analisis Pengaruh Cleaning Tubing Kondensor Terhadap Performa Sistem Refrigerasi Mesin Water Cooled Chiller Kapasitas 650Tr," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 351–362, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1337.
- [3] I. Ichsan and A. Ali, "Metode Pengumpulan Data Penelitian Musik Berbasis Observasi Auditif," *Musik. J. Pertunjuk. dan Pendidik. Musik*, vol. 2, no. 2, pp. 85–93, 2020, doi: 10.24036/musikolastika.v2i2.48.
- [4] I. Firdaus, R. Hidayati, R. S. Hamidah, R. Rianti, R. Cahyuni, and K. Khotimah, "Model-Model Pengumpulan Data dalam Penelitian Tindakan Kelas," *J. Kreat. Mhs.*, vol. 1, no. 2, p. 2023, 2023.
- [5] S. Isniah, H. Hardi Purba, and F. Debora, "Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 72–81, 2020, doi: 10.30656/jsmi.v4i1.2186.