

Re-layout Sistem Utilitas (Power, LAN, CDA, Chilled Water dan Exhaust) pada Mesin Die Attach Clip

Ricky Irwayan Syah Putra Hasibuan^{1*}, Andrew William Patria Mantik^{2*}

*** Politeknik Negeri Batam**

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: rickyirwayan14@email.com

Abstrak

Mesin *Die Attach Clip* merupakan salah satu rangkaian mesin produksi dalam industri manufaktur semikonduktor, mesin ini berfungsi untuk menempatkan *die* dan *clip* dengan presisi tinggi ke *leadframe* serta memastikan ketebalan *solder paste* antara *die* ke *die pad* sesuai dalam keperluan produksi pada proses pembuatan micro chip. Dalam prosesnya lini ini terdiri atas empat komponen utama : *die attach* (DA), *clip bonder* (CB), *reflow oven* (RO), dan sistem penanganan *Volatile Organic Compounds* (VOC) berupa *box filter* untuk menangani uap kimia sisa pemanasan pada *reflow oven*, lalu udara yang sudah difilter disalurkan ke saluran pembuangan angin (*exhaust*). Dalam pengoprasian mesin *die attach clip* sangat memerlukan sistem utilitas yang baik, *trunkline* utilitas sebagai sumber daya listrik bagi mesin, jaringan *local area network* (LAN), *compressed dry air* (CDA) untuk mendukung sistem *pneumatic* pada mesin, *chilled water* atau sistem aliran air pendingin mesin dan *exhaust* sebagai jalur pembuangan gas sisa pada proses *reflow oven*. Penataan ulang (*re-layout*) sistem utilitas ini ditujukan untuk memaksimalkan pemanfaatan area *trunkline*, meningkatkan keselamatan kerja, kemudahan akses dalam perawatan, meminimalkan penggunaan *downtime* dan memperhatikan kerapian dari utilitas pendukung. Dilakukannya *re layout* utilitas dimulai dengan indentifikasi masalah pada utilitas yang sudah ada, serta evaluasi dan diskusi antara tim maintenance dan engineer proses untuk menentukan keutuhan utilitas yang baru, hasilnya didapat perubahan jalur yang baru dengan pemanfaatan area dibelakang dan dibawah *box filter* VOC dan penggunaan *cover box* untuk utilitas pendukung seperti *power*, LAN dan CDA. Setelah *re layout* utilitas tercapai hasil yang diinginkan yaitu akses mudah dalam perawatan karena tersedianya jalur alternatif, eliminasi potensi bahaya, serta penurunan *downtime* sebesar 16 menit, data selisih diperoleh dari aplikasi pantauan mesin produksi perusahaan, yaitu dalam pantauan selama 6 minggu pengambilan data, adapun perbandingan nya diambil dengan 3 minggu sebelum dan 3 minggu sesudah dan yang terakhir tercapainya aspek kerapian mesin yang merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam profesionalitas area kerja.

Kata kunci: *re-layout, die pad, die attach, clip bonder, reflow oven, volatile organic compounds, utilitas*

Abstract

The Die Attach Clip Machine is part of the production line in the semiconductor manufacturing industry. This machine is designed to place dies and clips with high precision onto leadframes and ensure that the thickness of the solder paste between the die and the die pad meets production requirements in the microchip manufacturing process. This production line consists of four main components: die attach (DA), clip bonder (CB), reflow oven (RO), and a Volatile Organic Compounds (VOC) handling system in the form of a filter box to manage chemical vapors remaining after heating in the reflow oven; the filtered air is then channeled to the exhaust duct. Operating the die attach clip machine requires a well-functioning utility system, including a utility trunkline as the power source for the machine, a local area network (LAN), compressed dry air (CDA) to support the machine's pneumatic system, chilled water or a machine cooling water system, and an exhaust system to remove residual gases from the reflow oven process. The re-layout of this utility system is intended to maximize the utilization of the trunkline area, improve workplace safety, facilitate access for maintenance, minimize downtime, and ensure the neatness of the supporting utilities. The utility

re-layout process began with identifying issues in the existing utilities, followed by an evaluation and discussion between the maintenance team and process engineers to determine the configuration of the new utilities. The result was a new routing plan that utilizes the space behind and beneath the VOC filter box and employs cover boxes for supporting utilities such as power, LAN, and CDA. After the utility re-layout was completed, the desired results were achieved: easy access for maintenance due to the availability of alternative routes, the elimination of potential hazards, and a reduction in downtime of 16 minutes. The difference in data was obtained from the company's production machine monitoring application, specifically during a 6-week data collection period. The comparison was made using data from the 3 weeks before and the 3 weeks after the redesign. Finally, the machine area was kept tidy an aspect that is essential for maintaining a professional work environment.

Keywords: re-layout, die pad, die attach, clip bonder, reflow oven, volatile organic compounds, utilities

1. Pendahuluan

Pada industri semikonduktor, sistem utilitas merupakan prasyarat dasar bagi operasi mesin yang andal dan konsisten[1], khususnya pada proses-proses kritis seperti *Die Attach*. Ketersediaan dan kestabilan sumber daya listrik, sistem pneumatik dengan tekanan *Compressed Dry Air* (CDA) yang terjaga[2], serta sistem vakum menjadi faktor kunci pengendalian proses. Di sisi lain, sistem pembuangan angin (*exhaust*) yang efektif dan aman diperlukan untuk mengalirkan serta menangani sisa gas kimia yang timbul selama pemanasan *leadframe* sesuai standar keselamatan dan lingkungan[3]. Pengendalian termal melalui sistem pendinginan (*chilled water*) pada berbagai mesin semikonduktor juga penting untuk menjaga temperatur proses dalam batas toleransi, sehingga mutu hasil tetap konsisten dan umur peralatan lebih panjang. Tanpa utilitas yang terstandar, variasi pada tekanan, laju alir, maupun temperatur berpotensi menurunkan stabilitas proses, meningkatkan cacat, dan memicu *downtime*.

Mesin die attach clip adalah peralatan otomatis berpresisi tinggi yang melakukan penempatan *die* dan pemasangan klip pada *leadframe*. [4]Mesin ini mengintegrasikan fungsi penanganan material, dispensi atau aplikasi bahan ikat (*Solder Paste*) [5], penjajaran optik (*vision alignment*), kontrol gaya dan temperatur saat penempelan, serta pencatatan data proses. Tujuan utamanya adalah menghasilkan ikatan mekanik dan elektrik yang konsisten melalui akurasi yang tinggi dan ketebalan *bondline* yang terkontrol [6]. Secara umum, mesin *die attach clip* terdiri atas tiga tahapan proses utama. Pertama, *die attach*, yaitu tahap penempelan chip semikonduktor ke substrat atau *leadframe* menggunakan media ikat seperti *epoxy*, *solder eutektik*, atau *sinter paste*. Kedua, *clip bonder*, yaitu proses pemasangan klip logam (umumnya tembaga) di atas *die* atau antara *die* dan *lead* untuk mengalirkan arus tinggi sekaligus meningkatkan pembuangan panas, dengan kontrol tekanan, temperatur, dan penjajaran yang presisi. Ketiga, *reflow oven*, yaitu peralatan pemanas yang memanaskan rakitan dengan profil suhu terprogram sehingga *solder paste* atau *preform* meleleh, membasahi permukaan, lalu memadat membentuk sambungan yang andal [7]. Di sepanjang tahapan tersebut, perlu diperhatikan pengelolaan emisi *Volatile Organic Compounds* (VOC), yakni senyawa organik mudah menguap yang dilepaskan dari material proses seperti *epoxy*, *adhesive*, *flux*, dan *solvent* saat dispensi, pemanasan, curing, atau reflow. Pengendalian VOC melalui exhaust lokal dan sistem penanganan yang sesuai sangat penting untuk keselamatan kerja, kualitas udara, dan mencegah kontaminasi sisa gas kimia yang dihasilkan pada proses *reflow oven* [8].



Gambar 1: Mesin Die Attach Clip

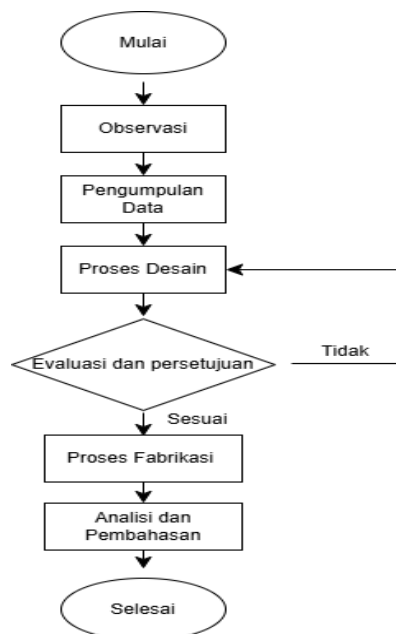
Dalam praktiknya, ketiadaan standarisasi utilitas sering menimbulkan tantangan operasional, spesifikasi utilitas berbeda antar mesin vendor A dan B meskipun memproses produk yang sama *setpoint* di lapangan tidak terdokumentasi rapi dan berubah ketika terjadi *troubleshooting*, utilitas saat pemasangan mesin baru tidak seragam dan *preventive maintenance* terhadap komponen utilitas. Dampak yang diharapkan antara lain, menurunkan *downtime* dengan mempermudah akses *maintenance* dalam perawatan, memaksimalkan area mesin yang tersedia dan mengeliminasi *hazard* pada utilitas dimana akses *maintenance* ke bagian belakang mesin melalui sistem pendinginan atau *chilled water* dimana hal ini sangat beresiko terjadinya *downtime* yang sangat lama [9] akibat potensi *maintenance tim* tersandung parameter suhu pada *chilled water* dan terjadinya kebocoran, sehingga melakukan perbaikan sistem pendingin mesin *reflow oven*.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan *relayout* sistem utilitas pada lini produksi mesin *Die Attach Clip*, dibandingkan seri mesin *Die Attach* lainnya, lini ini memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi dikarenakan adanya proses *reflow oven* dimana pada proses nya dibutuhkan sistem pendingin dan *exhaust* sebagai saluran pembuangan gas kimia sisa pemanasan *leadframe*, secara fisik mesin dan utilitas berada di jalur utama yang sering dilalui pimpinan serta tamu perusahaan, serta pada mesin *Die Attach Clip* memiliki jadwal rutin aktifitas *maintenance* yang dijadwalkan untuk perawatan seminggu sekali pada sistem *Volatile Organic Compounds* (VOC), dengan *relayout* utilitas dapat memberikan akses mudah dalam perawatan, menurunkan resiko *hazard*, menurunkan *downtime* pada proses *maintenance*, dan profesionalitas area kerja dengan memperhatikan aspek kerapian pada mesin produksi[10].

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini *re layout* utilitas hanya berfokus pada satu area produksi saja yaitu *front of line* (FOL) *die attach clip area* dikarenakan dalam industri semikonduktor manufaktur memiliki banyak proses produksi dan disetiap mesin memiliki kebutuhan dan jalur utilitas yang berbeda sehingga standar utilitas dan *hazard* yang dieliminasi hanya berfokus pada *die attach clip area*.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi *re-layout* utilitas dimulai dari observasi lapangan dan diskusi terstruktur dengan tim *maintenance*, *drafter*, dan *engineer* area/proses untuk mengidentifikasi kebutuhan mesin *die attach clip*, hasilnya dirangkum sebagai daftar kebutuhan utilitas beserta pemetaan rute dan titik perbaikan. Tahap berikutnya adalah perancangan konsep dan alternatif menggunakan *SolidWorks* 2025 (layout 3D mesin, penandaan pipa air pendingin, kabel, selang angin dan integrasi *exhaust*), kemudian dilakukan *design review* untuk memverifikasi kesesuaian terhadap kebutuhan proses, kestabilan suplai, kemudahan pemeliharaan, dan keselamatan. Setelah revisi hingga *design final*, disusun dokumen kerja sebagai dasar pemilihan vendor. Implementasi dilaksanakan sesuai jadwal, diikuti *commissioning* dan serah terima sesuai standar *internal*, lalu dilakukan penilaian dan evaluasi *pasca-upgrade* untuk memastikan kinerja dan peluang perbaikan lanjutan.



Gambar 2: Flowchart Tahapan-tahapan pengerjaan

1. Observasi



Gambar 3: Utilitas Mesin *Die Attach Clip*

Pada observasi mesin *Die Attach Clip* ditemukan tiga permasalahan utama. Pertama, pemanfaatan area belum optimal. Kedua potensi *Hazard*, pada utilitas mesin ditemukan dua potensi bahaya yaitu *fleksibel cover* jalur pendingin dari *trunkline* ke *reflow oven* dan *exhaust* masuk ke jalur lewat pekerja, lalu akses tim *maintenance* melewati parameter suhu *chilled water* sehingga beresiko tersandung dan menyebabkan kebocoran pada pipa pendingin, hal ini sangat membuat terjadinya *downtime* mesin yang lama karena perbaikan ulang pipa air dan *set up* ulang pada mesin. Ketiga, aspek kerapian dan estetika perlu diperhatikan karena fisik mesin dan utilitas berada di jalur utama masuk area *Front Of Line*, perlu diperhatikan karena jalur tersebut sering dilewati pimpinan dan tamu perusahaan.

2. Pengumpulan Data

Dilanjutkan dengan mengumpulkan data, dalam *layout* utilitas mesin *Die Attach Clip*, hal pertama dilakukan yaitu menemukan permasalahan yang terjadi pada utilitas sekarang, pengumpulan data dilakukan dengan diskusi bersama tim *preventive maintenance* dan *engineer area* mesin, dari hasil diskusi didapat tiga permasalahan yaitu :

- Keterbatasan akses untuk kegiatan *Preventive Maintenance*
- Ditemukannya *hazard*, pertama selang buang (*exhaust*) dan *chilled water* masuk ke jalur lintas karyawan, sebagai upaya mitigasi resiko *exhaust* dan *chilled water* diberikan pagar pengaman, namun menimbulkan masalah baru yaitu sulitnya akses *maintenance*. Kedua, akses kegiatan *maintenance* di area belakang mesin *clip bond* melalui *chilled water*, hal ini memberikan potensi bahaya tersandung dan terjadinya *downtime* yang sangat lama karena memerlukan waktu perbaikan kebocoran pada *chilled water* serta *set up* ulang pada mesin.
- Ketidaksesuaian estetika, instalasi utilitas berada di jalur utama masuk *Front Of Line* (rute pimpinan dan tamu perusahaan), sehingga mengurangi kerapian dan profesionalitas area.

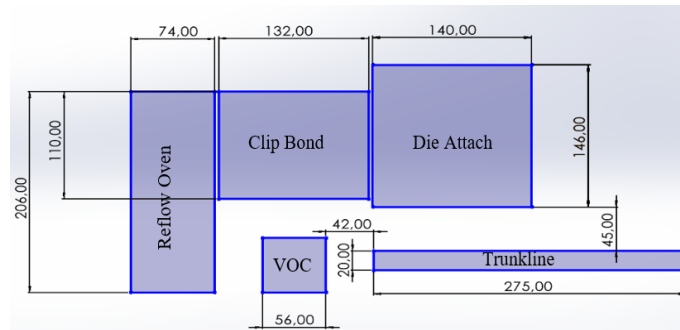


Gambar 4 : Kondisi utilitas yang sekarang

Pada utilitas yang tersedia saat ini terlihat jalur *exhaust* dan *chilled water* tidak beraturan dan juga membahayakan, sebagai mitigasi resiko diberikan pagar pengaman, namun membuat akses dan kegiatan

maintenance terganggu dan yang terakhir kerapian utilitas pendukung yang hanya terhubung ke *trunkline* tanpa perencanaan jalur yang rapi.

Selanjutnya dilakukan pengukuran mesin *Die Attach Clip* menggunakan *measure tape* dengan satuan ukur sentimeter (cm), pengukuran dimensi mesin bertujuan untuk membuat desain 3D dengan ukuran yang sama dengan kondisi lini produksi saat ini, dimulai dengan ukuran mesin *Die Attach*, *Clip Bonder*, *Reflow Oven* dan *Box Filter VOC*. Lalu setelahnya pengukuran jarak mesin terhadap *trunkline*, dan hasil pengukuran sebagai berikut :



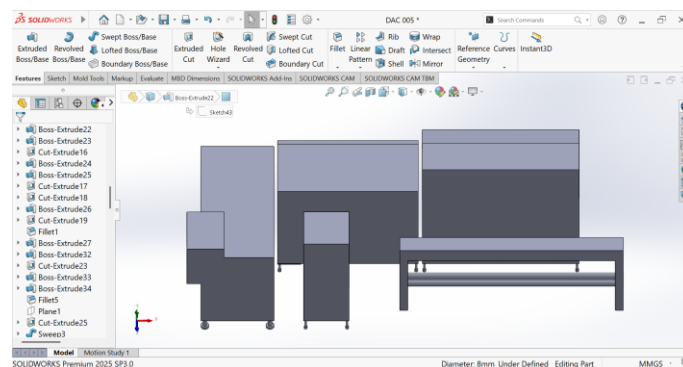
Gambar 5 : Ukuran mesin & *trunkline*

Selanjutnya dilakukan pengukuran jarak lantai ke mesin yaitu 10 cm dan diameter pipa-pipa pada *trunkline* menggunakan *caliper* dengan satuan milimeter (mm), dan didapat ukuran sebagai berikut :

- Pipa CDA & N2 : 48 mm
- Chilled Water : 67,5 mm
- Forming Gas : 12,8 mm
- Pipa exhaust : 102 mm

3. Proses Desain dan Evaluasi

Selanjutnya dilakukan proses desain 3D menggunakan aplikasi *Solidwork*, sebelum memulai desain ditentukan gambar 3D yang akan digunakan untuk mempermudah dalam mengimplementasikan kebutuhan dan mempermudah diskusi evaluasi, dimulai dari desain sederhana *trunkline*, lalu membuat 3D desain mesin *die attach*, *clip bond*, *reflow oven* dan *filter box VOC*.



Gambar 6 : Bangun 3D Mesin Die Attach Clip & Trunkline

Lalu dilanjutkan evaluasi bersama *engineer area* dan tim *maintenance*, dari hasil diskusi maka didapat kebutuhan yaitu posisi jalur *exhaust* dibawah *box filter VOC*, lalu jalur *chilled water* dibelakang *box filter VOC* dan jalur komponen pendukung seperti kabel *power*, kabel LAN, dan selang CDA yang digabung dalam satu jalur serta diberikan *cover box*.

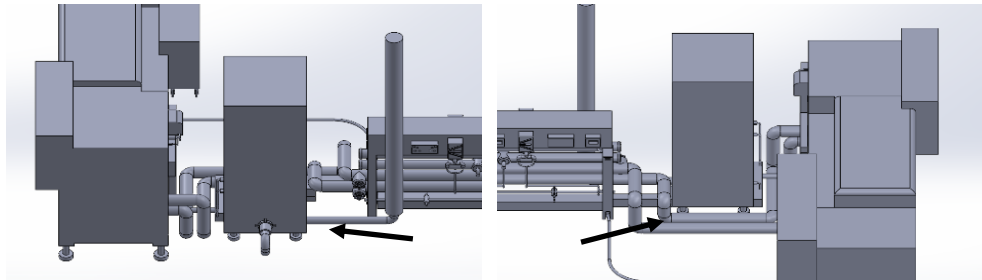
3. Analisa Data dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan dilakukan dengan beberapa tahap yaitu, tahap desain, fabrikasi, percobaan

aktifitas rutin maintenance dengan utilitas yang baru dan diakhiri dengan pembahasan dari hasil *re-layout* utilitas mesin *die attach clip*. Berikut adalah penjelasan dari beberapa tahap analisa & pembahasan :

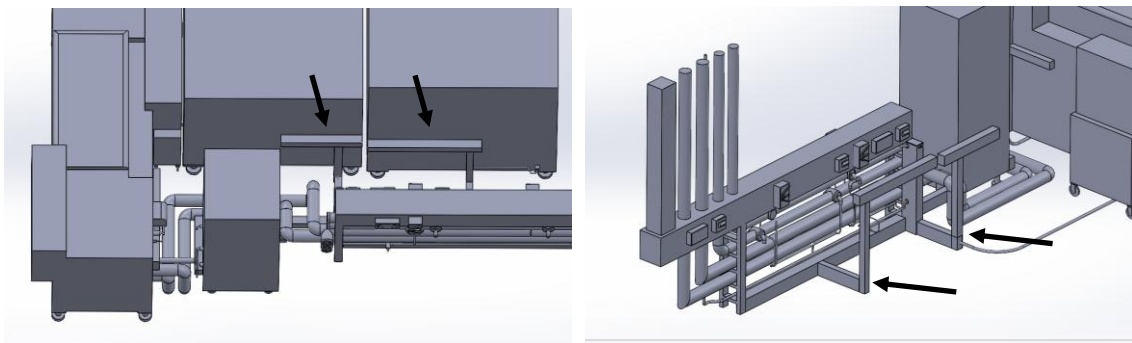
1. Proses Desain

Dilakukannya proses desain untuk improvisasi utilitas yang sudah ada sebelumnya menggunakan aplikasi *Solidwork 2025*, proses desain dilakukan dengan dua tahap, untuk tahap pertama dilakukan perubahan jalur pembuangan angin (*exhaust*) dan sistem pendingin (*chilled water*).



Gambar 7 : Desain jalur Exhaust & Chilled water

Selanjutnya membuat desain jalur sistem pendukung seperti kabel power, kabel LAN dan selang CDA yang disatukan didalam *cover box*.



Gambar 8 : Desain jalur pendukung dengan *cover box*

2. Fabrikasi

Setelah tahap desain selesai, selanjutnya dilakukan proses fabrikasi yang akan dikerjakan oleh PT. Vendor. Sebelum memulai proses fabrikasi ditentukan waktu yang tepat dalam pengerjaan, maka pada prosesnya dikerjakan saat mesin sedang dalam proses *cleaning (schedule down)* hal ini bertujuan untuk meminimalisir *downtime* mesin produksi dalam *re-layout* utilitas. Pada proses pertama dilakukan perubahan jalur *exhaust* dan *chilled water*.



Gambar 9 : Fabrikasi chilled water & exhaust

Pada fabrikasi tahap pertama dimulai dari pembongkaran *exhaust* dan *chilled water*, selanjutnya dilakukan perakitan ulang sesuai hasil dari desain, lalu melakukan dokumentasi dari fabrikasi dan *before after* utilitas.

Setelah proses pertama selesai dilanjutkan tahap selanjutnya, yaitu mengganti utilitas pendukung seperti kabel *power*, kabel LAN dan selang CDA yang akan dibongkar dan diubah jalurnya serta menambahkan *box cover*.



Gambar 10 : Fabrikasi utilitas pendukung

Pada fabrikasi tahap kedua dilakukan pembongkaran utilitas pendukung, selanjutnya menempelkan box cover yang telah disediakan, membuat lubang tambahan sebagai jalur masuk utilitas pendukung ke cover box dan yang terakhir kembali menutup cover box setelah pemasangan.

3. Percobaan Maintenance

Maintenance test dilaksanakan pada area *front of line* (FOL) stasiun *die attach clip*, ruang lingkup kegiatan pemeliharaan rutin mingguan berupa pembersihan *box filter* VOC. Percobaan ini bertujuan memverifikasi aksesibilitas, keselamatan kerja, dan efisiensi waktu pada proses *preventive maintenance*, dan didapat hasil uji :

- Akses jalur dialihkan melalui sisi belakang mesin, sehingga teknisi tidak melewati parameter suhu
- Jarak jangkauan ke penutup (*top cover*) *box filter* lebih pendek, sehingga operasi buka tutup lebih mudah dan terkendali
- Durasi kegiatan pemeliharaan berkurang, panel penutup belakang dari *box filter* dapat ditopang sementara pada mesin *clip bond* dengan aman, sehingga meminimalkan perpindahan komponen ketempat yang jauh

Adapun dalam *maintenance test* juga dilakukan identifikasi serta dokumentasi kontrol hazard yang merupakan salah satu tujuan dari penelitian, berikut tabel hasil identifikasi kontrol hazard :

What is the hazard ?	Who might be harmed ?	How might poeple be harmed	Existing risk control measure	Before	Additional controls	After
1. Thermometer stick, located on the maintenance access route	Maintenance Team	People can fall and trip	none yet		alternate route around the machine	
2. Exhaust pipe crosses the employee walkway	technicians, operators, and the maintenance team	People can fall and trip	installing a safety fence		shorten the exhaust path	

3. Exhaust guard, which increases the opening distance of the top cover	maintenance team	People can fall and trip	none yet		Removing the protective guard	
---	------------------	--------------------------	----------	--	-------------------------------	---

Dalam relay layout utilits berhasil mengeliminasi 3 potensi bahaya yaitu :

1. Jalur masuk aktifitas *maintenance* lebih aman, melalui jalur alternatif.
2. Jalur lintas karyawan lebih aman, setelah melepas pagar pengaman.
3. Kegiatan buka tutup *top cover* lebih aman, setelah melepas pagar pengaman.

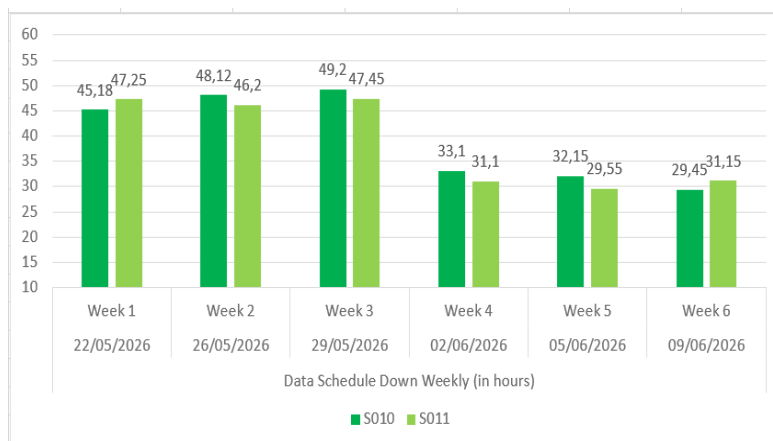
4. Pembahasan

Setelah proses maintenance test selesai, tahap selanjutnya adalah pembahasan dimana pada tahap ini ditampilkan data preventive maintenance dalam waktu 6 minggu terakhir pada mesin Die attach Clip, data tersebut diperoleh dari aplikasi perusahaan pantauan mesin produksi.

Id Machine	Data Schedule Down Weekly (in hours)					
	22/05/2026	26/05/2026	29/05/2026	02/06/2026	05/06/2026	09/06/2026
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6
S010	00.45.18	00.48.12	00.49.20	00.33.10	00.32.15	00.29.45
S011	00.47.25	00.46.20	00.47.45	00.31.15	00.29.55	00.31.15

Gambar 9 : Report data schedule down Weekly

Data diatas menunjukkan adanya perubahan waktu yang dibutuhkan dalam proses maintenance sebelum dan sesudah dilakukan re-layout utilitas. Berdasarkan rata-rata waktu downtime pada minggu ke-1 hingga minggu ke-3, mesin dengan id machine S010 mencatat rata-rata sebesar 47 menit, sedangkan mesin dengan id machine mencatat rata-rata 46 menit. Setelah dilakukan re-layout utilitas, terjadi penurunan waktu downtime pada minggu ke-4 hingga minggu ke-6, yaitu rata-rata mesin S10 membutuhkan waktu 31 menit dan S11 membutuhkan waktu 30 menit untuk proses maintenance



Gambar 9 : Grafik penurunan Downtime

Setelah dilakukan relay layout utilitas, terdapat penurunan downtime sebesar 16 menit dalam proses maintenance. Penurunan downtime ini sangat signifikan bagi operasional mesin produksi, karena memungkinkan waktu set-up mesin menjadi lebih singkat sehingga mesin dapat kembali beroperasi dan memulai produksi lebih awal. Dengan demikian efisiensi waktu pada proses maintenance memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan produktivitas.

Setelah selesai dalam *re layout* utilitas mesin die attach clip, didapati bahwa utilitas yang terstandar mampu mengatasi permasalahan yang ada pada utilitas sebelumnya, mulai dari aktifitas serta akses rutin maintenance yang mudah, berhasilnya mengeliminasi potensi bahaya tanpa mengurangi estetika kerapian dan mampu memberikan penurunan *downtime* selama 16 menit

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa tidak adanya standarisasi utilitas menyebabkan aktivitas maintenance menjadi kurang optimal, baik dalam kegiatan rutin, maupun saat *trouble shooting*. Hal ini juga menimbulkan resiko hazard, yang dapat membahayakan keselamatan karyawan dan mengganggu operasional mesin produksi akibat berhenti bekerja dalam perbaikan kerusakan yang disebabkan hazard. Selain itu, ketiadaan standarisasi utilitas juga berdampak pada waktu kerja tim maintenance yang kurang efisien.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan re-layout utilitas dengan mempertimbangkan kebutuhan tim maintenance serta masukan dari engineer area proses. Hasil dari relay layout utilitas Berhasil mempermudah akses tim maintenance, memberikan jalur alternatif yang lebih aman, serta memudahkan proses pembongkaran mesin berkat tersedianya area penempatan cover mesin. Selain itu relay layout utilitas berkontribusi dalam mengeliminasi resiko hazard tanpa mengurangi estetika mesin. Secara signifikan, waktu downtime mesin dapat dikurangi selama 16 menit, sehingga proses produksi dapat dimulai lebih awal. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa standarisasi utilitas sangat penting dalam industri, karena berdampak positif dalam kegiatan maintenance, keselamatan kerja dan kelancaran dalam produksi.

6. Daftar Pustaka

- [1] D.H. Nugroho, et. Al., *SISTEM UTILITAS*. Widina Media Utama., Jawa Barat, 2025.
- [2] ICHINO RENTO, ALDI PERDANA KUSUMA. *Analisis Penurunan Performa Air Dryer Guna Kelancaran Pengoperasian Pneumatic Valve Actuator di MT. Coral Alicia*. Diss. POLITEKNIK ILMU PELAYARAN SEMARANG, 2024.
- [3] Agung, Dwi Julivan, and Arif Firmansah. "Sistem Automatic Exhaust Fan Menggunakan Sensor DHT11 Dan Sensor MQ-135 Untuk Mendeteksi Kualitas Udara Ruang Industri." *Journal Electric Field* 2.2 (2025): 101-110.
- [4] Efri Elzia P, 2024, "Analysis Process Requirement After Safe Launch at Die Attach Process Focused on Package LDSO-14-2" Politeknik Negeri Batam, Batam.
- [5] A. Dwi Laksono, H. Alpha Dewanto, J. Awali, "Menuju Solder Hemat dan Hijau: Modifikasi Sn-Cu-Zn dengan perak (Ag)", *Laporan Penelitian LPPM Institut Teknologi Kalimantan*, Balikpapan, 2025.
- [6] Sinaga, Daniel Aturman, Aditya Gautama Darmoyono, and Dwi Imam Mulyono. "Optimalisasi Variabel Pick and Place untuk Meningkatkan Output Proses Die Attach pada Fabrikasi Chip RFID." *Journal of Applied Electrical Engineering* 5.1 (2021)
- [7] HEHGERAJ, A. *STUDY OF DEFORMATION AND CRACK PROPAGATION ON COMPONENT DURING REFLOW SOLDERING PROCESS*. Diss. Universiti Sains Malaysia, 2022.
- [8] Ruli Wijayanto.(2022). *EVALUASI KUALITAS UDARA PADA PEKERJAAN RISIKO TINGGI PEKERJAAN TEROWONGAN PENGAMBILAN* [STUDI KASUS K3]. Program Studi Teknik Sipil,, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta.
- [9] Riyanto, Erfin, Hanifudin Hanifudin, and Aris Trimarjoko. (2022)"Analisis Pengaruh Hazard Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Produktivitas di Seksi Assembling Di PT. XYZ." *Journal of Industrial Engineering & Management Research* 3, no. 5
- [10]Triwanto, Eko, and Dyah Palupiningtyas. "Pengaruh Kompetensi dan Lingkungan Kerja Terhadap Profesionalitas Kerja Karyawan di PT Kanzu Permai Abadi Kabupaten Semarang." *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Ekonomi* 1.1 (2022)