

PEMBUATAN TREPOS (*TRAVEL PROTECTION SYSTEM*) SEBAGAI UPAYA PENURUNAN *TRAVEL DISPATCH* PADA *SMALL EXCAVATOR*

Muhamad Sandi Isyanto¹, Sugiyanto¹✉, Irfan Bahiuddin¹, Andhi Akhmad Ismail¹, Arif Khaerudin², Imam Muslih²

¹ Department of Mechanical Engineering, Vocational College, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281, Indonesia

² United Tractors Site Bendili, Sangatta, Kalimantan Timur, Indonesia

✉sugiyanto@ugm.ac.id

Received 29 May 2024, Revised 31 January 2025, Accepted 11 February 2025

ABSTRAK

Excavator pada dasarnya melakukan operasi penggalian, pemuatan, dan *swing*, sedangkan operasi *travel* dimaksudkan untuk mendukung mobilitas di area kerja dan tidak melebihi operasi utama. Data operasional dari *excavator* PC210-10M0, yang dapat diakses melalui KOMTRAX digunakan dalam studi ini layanan pemantauan oleh Komatsu. Tujuannya adalah merancang, mengembangkan, dan memasang *travel protection system* (TREPOS) serta menganalisis data *travel dispatch* sebagai indikator operasi *travel*. Proses pengembangan TREPOS meliputi desain sistem, pembuatan *wiring diagram*, perakitan, pemasangan, dan pengujian sistem. TREPOS menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) untuk memproses *input* dan *output*. Fungsinya adalah memberikan peringatan suara dan mengurangi kecepatan mesin menjadi *low idle* apabila operasi *travel* melebihi 15 menit. Metode PDCA digunakan dalam analisis data *travel dispatch* sebagai alat evaluasi untuk pengembangan TREPOS. Hasil awal menunjukkan tidak ada pengurangan durasi *travel* yang melebihi 20 menit, sehingga diperlukan perbaikan. Instalasi kedua menunjukkan penurunan jumlah kejadian durasi *travel* yang melebihi 20 menit dari 13 menjadi 8 kejadian.

Kata Kunci: *Undercarriage*, *Sistem Travel Excavator*, *Programable Logic Controller*, *Travel Protection System*

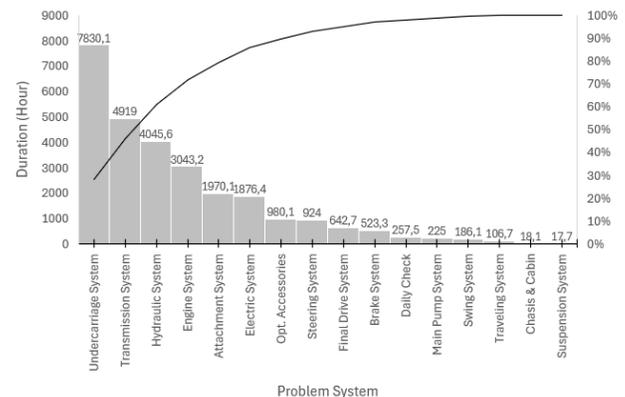
1. PENDAHULUAN

Excavator menjadi alat serbaguna pilihan untuk melakukan beberapa pekerjaan seperti penggalian tanah (*digging*), memuat material (*loading*), dan mengangkat material (*lifting*). Fungsi lain dapat ditambahkan melalui penggantian pada bagian *front attachment*. *Excavator* banyak digunakan pada industri pertambangan dan konstruksi. *Excavator* yang digunakan pada industri pertambangan memiliki beberapa klasifikasi. *Small excavator* mendapatkan pekerjaan pendukung dalam produksi hasil tambang. Pekerjaan pendukung yang dilakukan biasanya

memiliki tempat kerja yang selalu berpindah mengikuti daftar pekerjaan yang tersedia. *Excavator* menggunakan *undercarriage system* untuk berpindah tempat kerja.

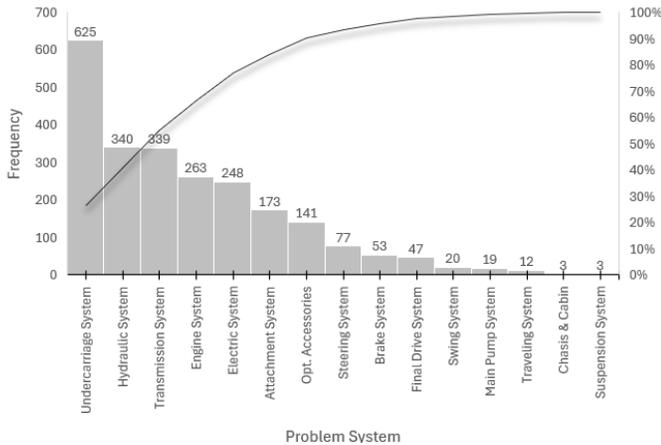
Undercarriage merupakan komponen *excavator* sebagai penampang beban yang terus kontak dan bergesekan mengikuti kontur tanah selama operasi *travel* berlangsung [1]. Berdasarkan kondisi operasi *travel*, potensi kerusakan dan keausan pada *undercarriage* tidak dapat dihindari baik oleh faktor internal maupun eksternal [1]. Keausan pada komponen *undercarriage* terjadi akibat adanya gesekan komponen yang bersentuhan pada saat unit beroperasi [2]. Biaya perbaikan pada *undercarriage excavator* memakan hingga 45% dari total biaya perawatan unit [3].

Berdasarkan *pareto diagram* pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa *undercarriage* merupakan permasalahan yang sering terjadi dengan frekuensi dan *breakdown time* yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan pentingnya melakukan peningkatan perawatan dan upaya lain untuk menurunkan frekuensi dan *breakdown time* pada *undercarriage*. Operasi *travel* yang melebihi batas pada *excavator* akan memberikan dampak bagi umur komponen *undercarriage*. Akibatnya



Gambar 1. Diagram pareto permasalahan pada *small excavator* di PT XYZ berdasarkan *breakdown time*.

komponen *undercarriage* cepat mengalami kerusakan sebelum memasuki waktu penggantian komponen.



Gambar 2. Diagram pareto permasalahan pada *small excavator* di PT XYZ berdasarkan frekuensi.

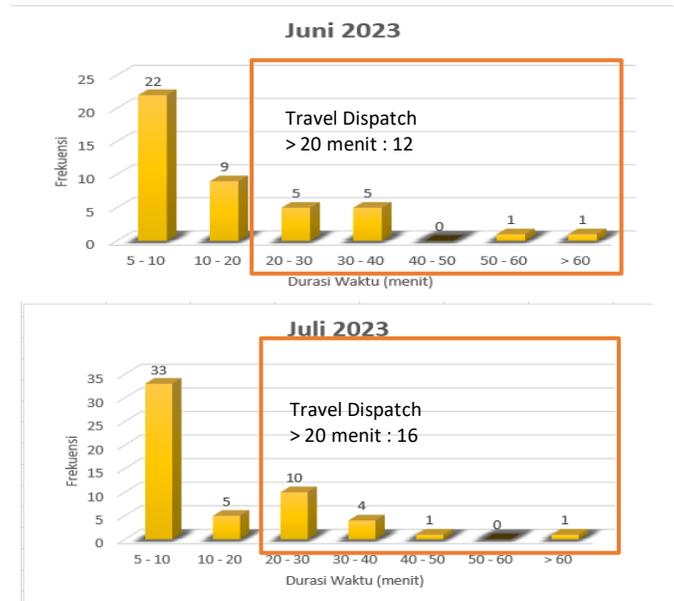
Operasi yang dilakukan pada *excavator* meliputi *bucket crawl*, *buect dump*, *arm in*, *arm out*, *boom raise*, *boom lower*, *swing right*, *swing left*, *travel forward*, dan *travel backward* [4]. Operasi *travel* pada *excavator* dibatasi penggunaannya untuk mobilitas jarak dekat. Apabila unit *excavator* dibutuhkan di tempat kerja yang jauh maka dibutuhkan alat transportasi bantu untuk berpindah [5]. Hal tersebut dilakukan karena tujuan utama penggunaan *excavator* tidak untuk melakukan operasi *travel* [3]. Namun, penggunaan operasi *travel* belum dapat dibatasi oleh sistem kontrol di *excavator*.

Sistem kontrol yang ada di *small excavator* saat ini tidak dapat membatasi operasi *travel* [4]. Operasi *travel* dipengaruhi langsung oleh kemampuan dan pengetahuan operator dalam mengoperasikan unit. Operasi *travel* yang menempuh jarak yang jauh dengan durasi yang lama dilakukan oleh operator yang tidak mengaplikasikan panduan dalam buku manual operasi.

Pendeteksian kesalahan operasi *travel* pada *small excavator* pernah dilakukan dalam penelitian [1]. Pada penelitiannya dilakukan pembuatan alat pemantauan kesalahan operasi pada operasi *travel small excavator* menggunakan teknologi LoRa. Penelitian tersebut didasarkan pada aktivitas operasi *travel* yang tinggi [1]. Alat pemantauan tambahan yang dibuat hanya memberikan peringatan kepada supervisor terkait adanya kesalahan operasi *travel* dan tidak memberikan intervensi untuk membatasi waktu operasi *travel*. Hal tersebut mengakibatkan masih terdapat operasi *travel* yang tidak sesuai dengan buku pedoman pengoperasian *travel* pada *small excavator*.

Penggunaan operasi *travel* yang tidak sesuai dibuktikan dalam Gambar 3. Durasi *travel dispatch* adalah lama waktu yang ditempuh oleh unit pada operasi *travel* saat berpindah posisi. Durasi didapatkan dari hasil perhitungan pengambilan waktu *end of movement* dikurangi *travel dispatch* pada data hasil pemantauan unit. Diagram tersebut memberikan informasi terdapat operasi *travel* yang cukup lama melebihi 20 menit dengan frekuensi yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah

sistem yang dapat membatasi atau mengurangi frekuensi *travel dispatch* yang memiliki durasi lebih dari 20 menit.



Gambar 3. Diagram batang jumlah frekuensi terhadap durasi *travel dispatch*

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan memasang alat yang dapat membatasi durasi operasi *travel* sebagai upaya menurunkan *travel dispatch* pada *small excavator*. Penurunan *travel dispatch* diharapkan dapat memperpanjang *life time* komponen *undercarriage* sehingga tercipta optimalisasi biaya dalam perawatan unit *excavator*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

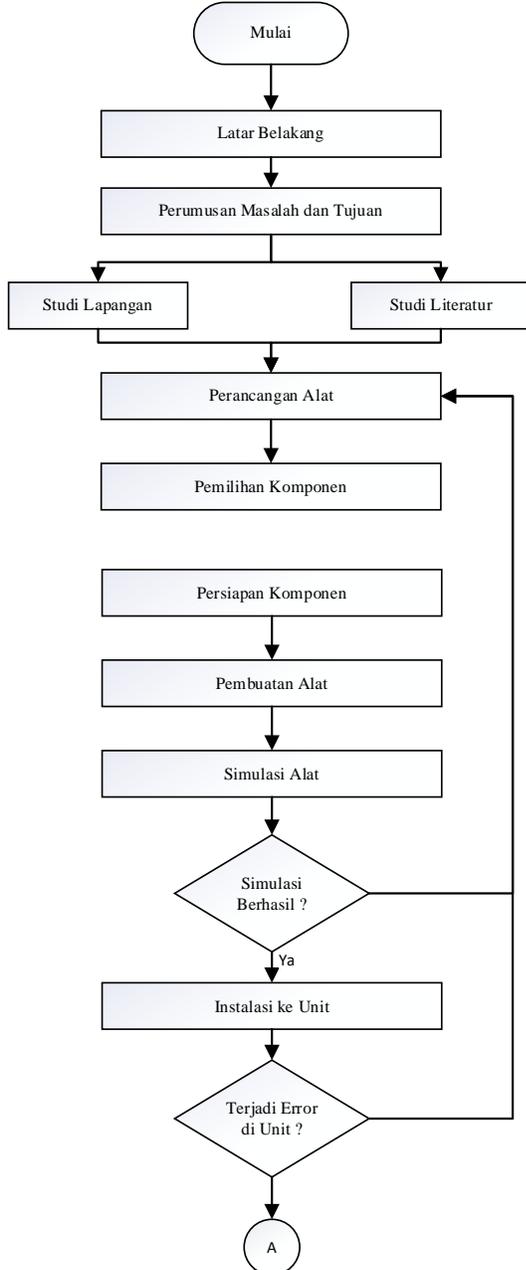
Penelitian ini berfokus pada sistem kerja *travel* pada *small excavator*. Topik yang akan dibahas terkait dengan dasar sistem kerja *travel*, perancangan, pembuatan, dan pemasangan alat *Travel Protection System (TREPOS)*. Metode penelitian yang digunakan adalah PDCA (*plan, do, check, act*). Metode tersebut digunakan sebagai penjamin kualitas alat dalam proses pengembangannya.

2.1. Metode Penelitian

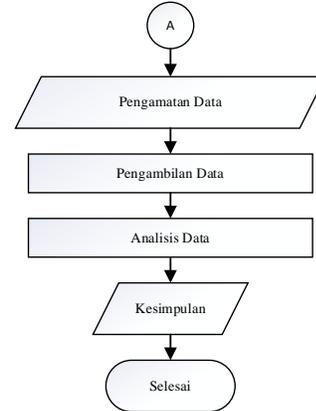
Metode yang digunakan dalam pembuatan *travel protection system* adalah metode penjamin mutu PDCA. PDCA adalah sebuah sistem penjamin mutu yang berkelanjutan dilakukan secara terus menerus dalam proses pengembangan alat atau proses dan banyak digunakan dalam sektor industri seperti manufaktur, jasa, proyek, dan lainnya [6]. PDCA terbagi menjadi 4 tahapan pemecahan masalah dan dilakukan secara berulang yaitu *plan, do, check, act* [7].

Tahap *plan* peneliti mulai merencanakan konsep alat untuk memecahkan permasalahan tingginya frekuensi dan durasi *travel dispatch* berdasarkan hasil data dari *Komatsu Machine Tracking System (KOMTRAX)*. Tahap *plan* juga mempersiapkan

perancangan sistem, kelistrikan, dan rencana pemasangan alat. Tahap *do* dilakukan untuk dapat merealisasikan konsep dan perancangan yang telah dibuat pada tahap *plan*. Proses pembuatan, perakitan, dan pemasangan alat dilakukan pada tahapan *do*. Proses selanjutnya adalah pemantauan data *travel dispatch* melalui KOMTRAX, proses ini termasuk ke dalam tahap *check*. Hasil data *travel dispatch* dianalisis dan dievaluasi untuk mengetahui kinerja alat yang telah dipasang. Apabila hasil analisis data *travel dispatch* masih tinggi maka dilakukan perbaikan dan evaluasi terhadap alat. Proses perbaikan alat termasuk ke dalam tahapan *act*.



Gambar 4. Diagram alir penelitian dan pembuatan TREPOS



Gambar 4. Diagram alir penelitian dan pembuatan TREPOS (lanjutan)

Keempat tahapan tersebut dilakukan secara berulang hingga pengembangan alat dirasakan manfaatnya untuk memecahkan permasalahan di lapangan. Berikut dijelaskan diagram penelitian dan pembuatan *travel protection system* pada Gambar 4.

2.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini memerlukan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan alat *travel protection system*. Alat dan bahan penelitian ini direncanakan berdasarkan kebutuhan dalam sistem dan ketersediaan komponen. Berikut ini adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan penelitian

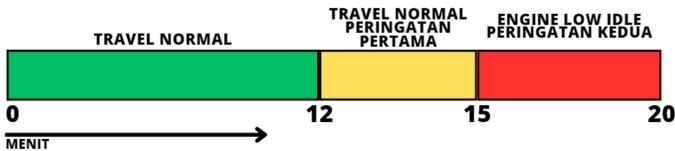
Alat dan Bahan Penelitian	
Alat	Bahan
Solder	<i>Electrical Box</i>
Gerinda tangan	Baut dan mur
Bor tangan	PLC Siemens LOGO!
Jangka Sorong	<i>Heavy duty connector</i>
Mistar	<i>RS2EDG connector</i>
Setrika	<i>Buzzer</i>
Wadah Air	<i>Relay NO/NC</i>
	<i>Dioda</i>
	Potensiometer
	<i>Fuse</i>
	Papan PCB polos
	Feriklorida
	Kabel
	Pelindung kabel
	Tirap
	Kertas foto

2.3. Proses Pembuatan Travel Protection System

2.3.1. Pengembangan Program PLC

Penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) dalam penelitian ini didasari oleh ketahanan dan pemenuhan standar dalam dunia industri. PLC dalam penelitian ini berfungsi sebagai kontroler yang mengatur *input* dan *output* yang diperlukan [8].

Proses pemrograman dilakukan menggunakan *software* LOGO!SoftComfort untuk PLC Siemens LOGO!. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu *ladder diagram* dan *function block diagram*. Program PLC yang dikembangkan akan merujuk pada Gambar 5.



Gambar 5. Perencanaan program *travel protection system*

2.3.2. Perancangan Kelistrikan Alat

Proses instalasi kelistrikan alat meliputi pembuatan *wiring diagram*, desain PCB, pembuatan PCB, dan perakitan komponen kelistrikan. Tahapan awal dalam sistem kelistrikan alat adalah perancangan, dimulai dengan pembuatan *wiring diagram* yang menjadi acuan dalam pemilihan komponen dan desain PCB. Pembuatan PCB dilakukan secara manual dengan melarutkan papan PCB polos yang sudah ditemplei desainnya menggunakan feriklorida. Proses desain dilakukan menggunakan *computer aided design* (CAD) untuk hasil yang lebih baik [9]. Setelah PCB selesai, proses dilanjutkan dengan perakitan komponen, menghubungkan kabel antar komponen sesuai dengan *wiring diagram* yang telah dibuat. Penting untuk memastikan kontinuitasnya menggunakan multimeter agar semua koneksi berfungsi dengan baik dan tidak ada jalur yang terputus.

2.3.3. Pemasangan Alat di Excavator

Proses instalasi alat di unit *excavator* meliputi modifikasi konektor, instalasi *bracket* alat, dan instalasi kabel di unit. Ketiga proses tersebut dilakukan dengan tetap memperhatikan fungsi kelistrikan utama dari unit untuk mencegah eror pada monitor panel unit. Modifikasi konektor dilakukan karena alat yang dipasang merupakan komponen non-genuine, sehingga memerlukan penyesuaian pada beberapa instalasi kelistrikan [10]. Proses ini memperhatikan kualitas konektor yang digunakan dan dilakukan dengan membuat paralel pada konektor *fuel control dial* dan konektor *travel alarm*.

Instalasi *bracket* alat pada unit dilakukan di dalam kabin, tepatnya di belakang kursi operator, dengan pemilihan letak berdasarkan fungsinya sebagai peringatan kepada operator dan memastikan tempat tersebut aman dari debu dan air. Instalasi kabel alat pada unit dilakukan dengan memperhatikan ketahanan komponen, menggunakan proteksi kabel untuk menghindari kerusakan akibat gesekan dan getaran unit. Proteksi ini penting untuk mencegah kabel terkelupas yang dapat menyebabkan *short circuit* dan membahayakan operasional unit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan dan Sistem Kerja *Travel Protection System*

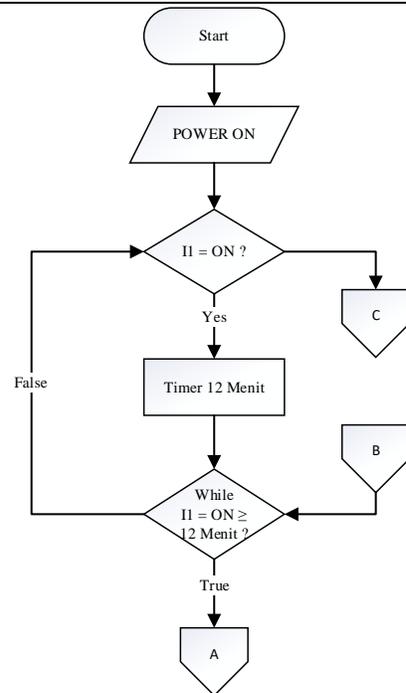
Sistem yang ingin dibuat pada alat *travel protection system* yaitu sebuah sistem yang dapat membatasi operasi *travel* pada

excavator dengan memberikan peringatan dan aksi yang dapat memberikan efek kepada operator yang mengoperasikan unit. Proses perancangan dan pengembangan sistem menggunakan PLC Siemens LOGO! dengan perangkat lunak LOGO!SoftComfort. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam proses pengembangan sistem menggunakan dua bahasa pemrograman yaitu *ladder diagram* dan *function block diagram* [11]. *ladder diagram* tersusun dari kontak-kontak dalam satu grup perintah secara horizontal dari kiri ke kanan [12]. Program yang akan dirancang akan berfokus pada *off delay*, *on delay*, AND logic, OR logic, dan NOT logic. Berikut tabel *input* dan *output* yang digunakan dalam perancangan program.

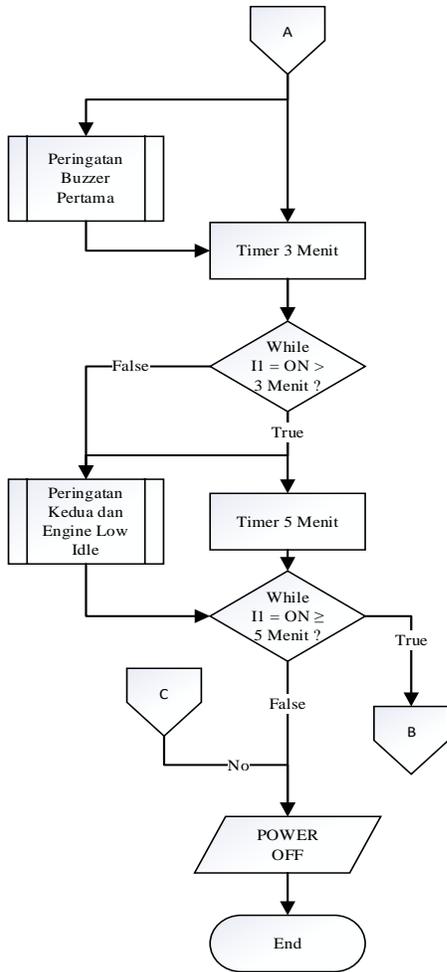
Program yang dirancang akan memaksa operator tidak melakukan operasi *travel* lebih dari 12 menit. Apabila operator melakukan operasi *travel* lebih dari 12 menit maka akan ada peringatan selama tiga menit untuk melakukan reposisi unit ke tempat yang aman dan melakukan istirahat selama lima menit dengan kondisi putaran mesin *low idle*.

Tabel 2. *Input* dan *output* PLC

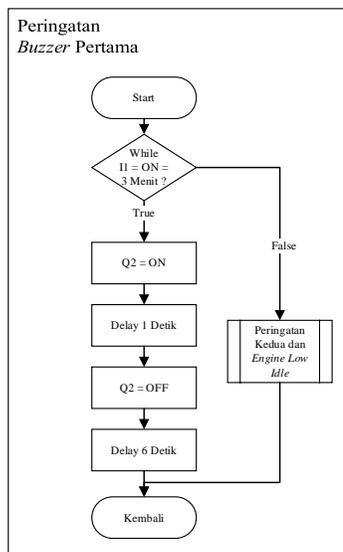
Input / Output	Keterangan
Input	
I ₁ (alarm)	Input signal travel alarm
Output	
Q ₁ (RFCD)	Output coil switch relay FCD unit ke FCD TREPOS
Q ₂ (BP1)	Output buzzer peringatan pertama
Q ₃ (BP2)	Output buzzer peringatan kedua
Q ₄ (BRFCD)	Output back up switch relay FCD unit ke FCD TREPOS



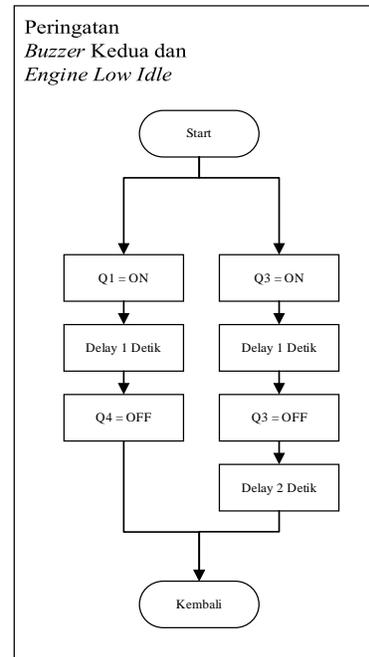
Gambar 6. Diagram alir perancangan program PLC TREPOS



Gambar 6. Diagram alir perancangan program PLC TREPOS (lanjutan)



Gambar 7. Sub-proses peringatan



Gambar 8. Sub-proses peringatan buzzer kedua dan engine low idle

Berdasarkan penelitian [10] waktu maksimal untuk kondisi mesin diesel *low idle* adalah lima menit agar tidak terjadi kerusakan pada komponen *turbocharger*. Gambar 6 merupakan diagram alir yang digunakan dalam perancangan program *travel protection system*.

Setelah melakukan perancangan program *travel protection system* tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap program yang telah dirancang. Proses pengujian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi melalui perangkat lunak LOGO!SoftComfort. Berikut ini adalah hasil pengujian program yang telah dirancang.

Tabel 2. Tabel pengujian perencanaan program PLC TREPOS

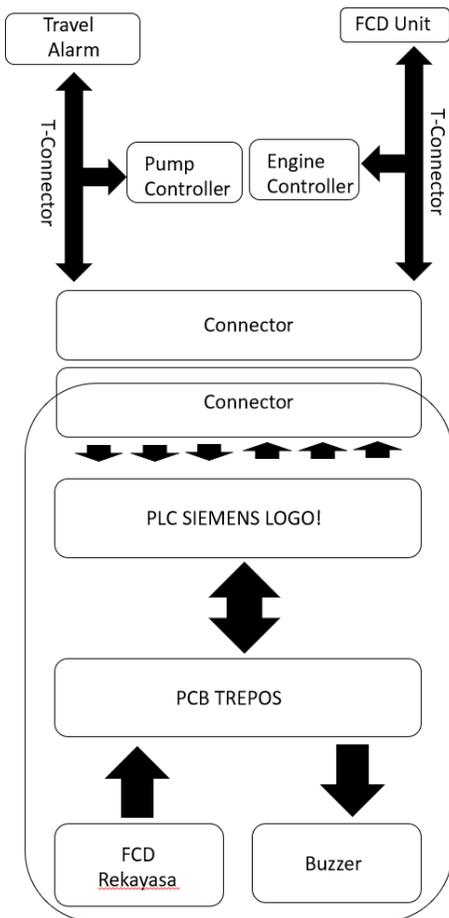
No.	Waktu (Menit)	Perubahan				
		Input	Output			
		I ₁ (alarm)	Q ₁ (RFCD)	Q ₂ (BP1)	Q ₃ (BP2)	Q ₄ (BRFCD)
1.	0 –	0 → 1	0	0	0	1
2.	11.59	1 → 0	0	0	0	1
3.	12.00 –	1 → 1	0	1	0	1
4.	14.59	1 → 0	1	0	1	0
5.	15.00 –	1 → 1	1	0	1	0
6.	20.00	1 → 0	1	0	1	0

3.2. Perancangan *Wiring Diagram Travel Protection System*

Perancangan *wiring diagram* mengikuti hasil perancangan program PLC dan penyesuaian *wiring harness* unit PC210-10. *Input* dan *output* PLC tidak boleh mengganggu *wiring harness* unit. Tahapan perancangan *wiring diagram* dimulai dari *input*

dan *output* yang akan dilakukan rekayasa di unit. Proses rekayasa ini dilakukan dengan cara menambahkan *connector* pada setiap rangkaian yang beririsan antara modul TREPOS dengan unit. TREPOS menggunakan *T-connector* yang disesuaikan dengan kabel pada unit. *Input* yang digunakan dalam TREPOS adalah *travel alarm* yang menandakan unit sedang melakukan operasi *travel*. Pada penelitian [1] melakukan pengambilan sinyal dari PPC (*Proportional Pilot Control*) *travel lever* sebagai indikator operasi *travel* pada alat yang dibuat.

Setelah melakukan perancangan *wiring diagram* yang terhubung dengan kelistrikan unit, tahapan selanjutnya adalah melakukan perancangan *wiring diagram* yang berada di dalam *box* TREPOS. *Wiring diagram* di dalam *box* TREPOS menggunakan PCB yang diberi konektor untuk memudahkan proses perawatan dan perbaikan alat ke depannya. Proses perancangan juga tetap memperhatikan faktor keamanan dengan menambahkan *fuse* atau sekering guna mencegah terjadinya *short circuit* yang berdampak pada rangkaian.

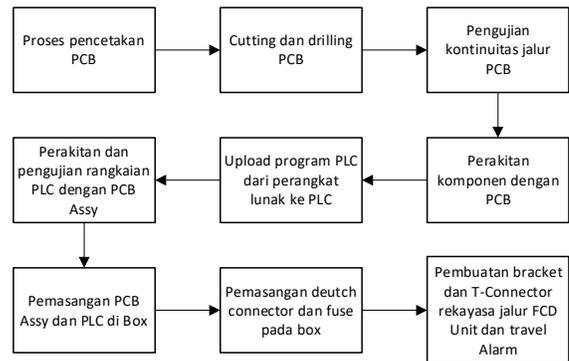


Gambar 9. Perancangan komponen TREPOS

3.3. Perakitan dan Pemasangan *Travel Protection System*

Penambahan *fuse*, *dioda*, dan beberapa *relay* juga digunakan dalam penelitian [10] dalam mengembangkan kontroler *engine cutt off*. Perancangan *layout* PCB juga termasuk ke dalam salah satu tahapan perancangan *wiring diagram travel protection system*. Perancangan PCB menggunakan sudut 45° untuk menghindari terjadinya *over etching* atau *less etching* pada jalur tembaga [13].

Tahapan perakitan merupakan proses penggabungan seluruh komponen yang diperlukan sesuai dengan perancangan *wiring diagram*. Proses perakitan ini dilakukan secara bertahap dimulai dari pembuatan PCB, perakitan rangkaian PCB dengan PLC, penyesuaian posisi komponen, dan pembuatan *T-Connector* untuk pemasangan TREPOS di unit *excavator*. Seluruh proses perakitan rangkaian listrik wajib dilakukan uji kontinuitas untuk memastikan seluruh jalur kelistrikan tidak mengalami kebocoran listrik, terutama pada PCB. Berikut ini merupakan rangkaian proses perakitan TREPOS.



Gambar 10. Rangkaian proses perakitan *travel protection system*

Box travel protection system dipasang di dalam *cabin* tepat di belakang kursi operator. Pemasangan *box* menggunakan *bracket* yang di baut pada bagian *compartement cabin*. *Power supply travel protection system* diambil dari *power supply lighter* sebesar 24V [14]. *T-connector* dipasang pada bagian FCD unit yang berada di sebelah kanan kursi operator dan pada bagian *travel alarm* yang kemudian dihubungkan dengan *box travel protection system*. Penggunaan *T-connector* pada instalasi TREPOS ini berbeda dengan penelitian [15] yang tidak menggunakan konektor untuk proses instalasi dari modul anti maling ke *wiring harnes* unit. Pastikan seluruh kabel telah tersimpan di tempat yang aman untuk menghindari adanya potensi kerusakan fisik.

Setelah semua komponen telah terpasang terdapat salah satu komponen yang harus dilakukan pengaturan agar sistem berjalan sesuai dengan perancangan. Komponen tersebut adalah FCD TREPOS yang harus disesuaikan nilainya agar dapat mengatur kecepatan *engine* menjadi *low idle*. Pengaturan ini harus dilakukan saat *test running* dan masuk ke durasi waktu peringatan kedua. Penggunaan FCD tambahan berfungsi untuk memanipulasi nilai sinyal ke *engine controller* sehingga dapat

menurunkan putaran mesin menjadi *low idle*. Proses manipulasi sinyal untuk menurunkan putaran mesin juga pernah dilakukan pada penelitian dengan merekayasa sinyal pada sensor temperatur *coolant* [10].

Pengaturan FCD TREPOS diatur menjadi *low idle* dengan rentang 950-1200 rpm [4]. Pengaturan FCD TREPOS juga dapat mengatur voltase dari FCD TREPOS ke arah *engine controller* dengan rentang voltase untuk *low idle* sekitar 4.0 – 4.5V [4]. Pada instalasi TREPOS ini, pengaturan FCD TREPOS diatur pada 1035 rpm dengan voltase 4.2V.

3.4. Pengujian Sistem Kerja *Travel Protection System*

Proses pengujian sistem kerja *travel protection system* dilakukan dengan melakukan *running test* pada unit setelah *travel protection system* telah terpasang. Pengujian dilakukan dengan bantuan *technical team* untuk melakukan beberapa operasi dalam pengujian. Tujuan dilakukan pengujian yaitu melakukan pengecekan terhadap rangkaian *travel protection system* yang berfungsi sesuai sistem yang telah dirancang. Berikut ini adalah hasil dari pengujian sistem kerja *travel protection* pada beberapa kondisi.

Tabel 3. Hasil pengujian sistem kerja *travel protection system* pada unit

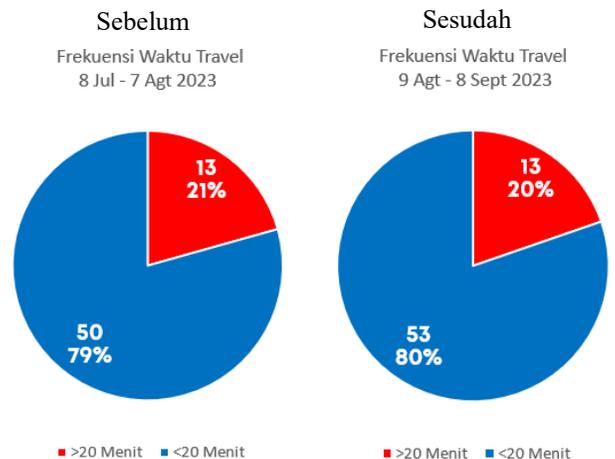
No.	Kondisi Operasi	Hasil Pengujian			
		TREPOS ON/OFF	Error System Unit	Buzzer Peringatan 1/2	RPM Engine (rpm)
1.	Kunci kontak ON	ON	Tidak ada	Tidak ada	0
2.	5 menit	ON	Tidak ada	Tidak ada	1730
3.	8 menit 30 detik	ON	Tidak ada	Tidak ada	1732
4.	11 menit	ON	Tidak ada	Tidak ada	1730
5.	11 menit 41 detik.	ON	Tidak ada	Peringatan 1	1738
6.	12 menit 30 detik	ON	Tidak ada	Peringatan 1	1735
7.	13 menit	ON	Tidak ada	Peringatan 1	1734
8.	14 menit 30 detik	ON	Tidak ada	Peringatan 1	1735
9.	14 menit 41 detik	ON	Ada	Peringatan 2	1035
10.	15 menit 10 detik	ON	Tidak ada	Peringatan 2	1033

Tabel 4. Hasil pengujian sistem kerja *travel protection system* pada unit (lanjutan)

No.	Kondisi Operasi	Hasil Pengujian			
		TREPOS ON/OFF	Error System Unit	Buzzer Peringatan 1/2	RPM Engine (rpm)
11.	20 menit 15 detik	ON	Tidak ada	Peringatan 1	1732
12.	23 menit 15 detik	ON	Tidak ada	Peringatan 2	1035
13.	Kunci Kontak OFF	OFF	Tidak ada	Tidak ada	0

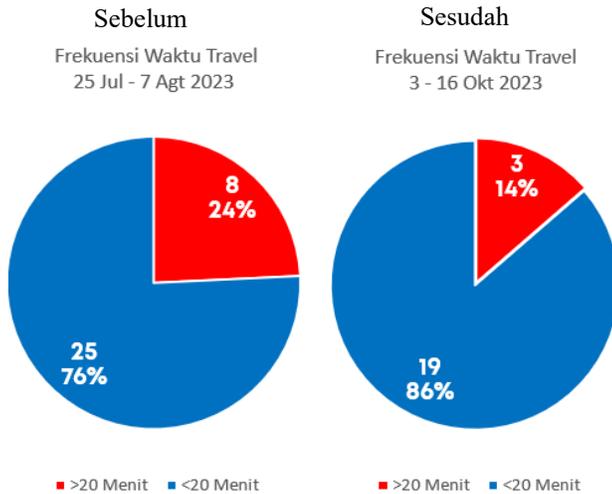
3.5. Analisis *Travel Dispatch*

Data *travel dispatch* digunakan untuk mengevaluasi efektivitas alat TREPOS dalam mengurangi frekuensi perjalanan yang melebihi waktu yang ditentukan. Berdasarkan desain alat, durasi perjalanan maksimum adalah 15-20 menit. Data *travel dispatch* diperoleh dari waktu dan posisi unit yang tercatat di KOMTRAX, yang kemudian diolah untuk menentukan durasi operasi perjalanan unit. Pengolahan data dilakukan dengan metode perbandingan waktu yang sama. Pembuatan alat TREPOS mengikuti metode PDCA, memungkinkan adanya perbaikan dari hasil evaluasi. Dalam proses ini, dilakukan satu kali perbaikan sehingga ada dua kali instalasi alat pada unit. Hal ini menyebabkan perbedaan data *travel dispatch* antara instalasi pertama dan kedua. Berikut adalah hasil pengolahan data *travel dispatch* untuk instalasi pertama dan kedua.



Gambar 11. Pie diagram analisis data *travel dispatch* pemasangan TREPOS pertama

Instalasi pertama dilakukan pada tanggal 8 Agustus 2023. Hasil dari proses instalasi pertama ini belum ada perubahan secara signifikan. Setelah diolah lebih lanjut pada data setelah pemasangan terlihat adanya peningkatan frekuensi dari sebelumnya 4 frekuensi menjadi 10 frekuensi pada rentang durasi 10,1 – 20 menit. Namun secara umum belum ada perubahan pada frekuensi *travel* dengan durasi di atas 20 menit.



Gambar 12. Pie diagram analisis data *travel dispatch* pemasangan TREPOS kedua

Instalasi kedua dilakukan pada tanggal 2 Oktober 2023. Frekuensi *travel* sebelum dan sesudah pemasangan pada rentang waktu yang sama menunjukkan penurunan pada durasi *travel* >20 menit. Penurunan tersebut mengindikasikan keberhasilan alat TREPOS yang semakin efektif dalam menurunkan durasi *travel* unit. Selain itu, penurunan frekuensi durasi *travel* juga ditunjukkan dengan tidak adanya frekuensi waktu *travel* >30 menit.

Proses analisis menggunakan data *travel dispatch* ini lebih rinci dibandingkan dengan melihat data akumulasi waktu *travel*. Dalam penelitiannya [1] menggunakan data akumulasi waktu *travel* pada KOMTRAX selama satu bulan sebagai dasar penelitiannya. Data akumulasi waktu *travel* selama satu bulan tidak dapat menunjukkan aktivitas *travel* per frekuensi. Oleh karena itu, penggunaan data *travel dispatch* sangat tepat untuk menunjukkan secara spesifik kondisi sebelum dan sesudah pemasangan TREPOS.

4. KESIMPULAN

Perancangan sistem TREPOS dilakukan melalui riset literatur dan analisis kondisi lapangan, menggunakan PLC sebagai kontroler *input* dan *output*. PCB digunakan untuk mempermudah perawatan dan perbaikan alat, sedangkan *T-connector* menghubungkan rangkaian TREPOS dengan *wiring harness* unit, memudahkan pemasangan tanpa mengganggu kelistrikan unit. Metode PDCA diterapkan dalam pembuatan TREPOS, yang mencakup satu kali perbaikan dan dua kali pemasangan. Perbaikan didasarkan pada analisis pemasangan

pertama, di mana TREPOS gagal menurunkan kecepatan *engine* dan muncul *error CA 131* serta *throttle high sensor error* pada *machine monitor*. Setelah perbaikan, pemasangan kedua berhasil menurunkan kecepatan *engine* menjadi 1035rpm atau *low idle* selama lima menit ketika *travel alarm* aktif lebih dari 15 menit.

Hasil analisis data *travel dispatch* pada pemasangan pertama menunjukkan bahwa durasi *travel* >20 menit tidak mengalami perubahan, dengan peningkatan frekuensi pada durasi 15,1-20 menit, menandakan TREPOS belum optimal. Namun, setelah perbaikan dan pemasangan kedua, TREPOS berhasil menurunkan frekuensi *travel* >20 menit dan tidak ada *travel* >30 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa pada pemasangan kedua, TREPOS efektif dalam mengurangi durasi *travel* tanpa kesalahan fungsi dan tanpa mengganggu sistem utama unit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilakukan dengan baik berkat bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada penanggung jawab operasional, jajaran manajer dan *staff* PT United Tractors Site Bendili yang telah mendukung dan bekerja sama dengan baik dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Prasetyo, H. Berchmans, dan C. S. Ali Nandar, "Travel Mis-Operation Prevention Using Automatic Warning System for Excavator," Mei 2021, hlm. 5–9. [Daring]. Tersedia pada: <https://proceedings.sgu.ac.id/>
- [2] M. Adhe Suradi, "Analisis Track Roller Dan Carrier Roller Excavator PC-200LC." 2020. [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.usd.ac.id/id/eprint/38259>
- [3] T. T. Departement, *Basic Mechanical Course Final Drive & Undercarriage*. PT United Tractors Tbk, 2011.
- [4] Komatsu, *Shop Manual Hydraulic Excavator PC210-10M0 PC210LC-10M0 Serial Number C00001 and up*, Form No. SEN06701-C0. Komatsu, 2018.
- [5] Komatsu, *Operation Maintenance & Manual Hydraulic Excavator PC210-10M0 PC210LC-10M0 Serial Number C00001 and up*, Form No. PEN00633-01. Komatsu, 2018.
- [6] S. Isniah, H. Hadi Purba, dan F. Debora, "Plan Do Check Action (PDCA) method: Literature Review and Research Issues," *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, vol. 4 no. 1, hlm. 72–81, Mei 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.30656/jsmi.v4i1.2186>.
- [7] E. Wirawan dan Minto, "Penerapan Metode PDCA dan 5 Why Analysis pada WTP Section di PT Kebun Tebu Mas," *Jurnal Penelitian Bidang Inovasi & Pengelolaan Industri*, vol. 1, hlm. 1–10, Mei 2021, doi: [10.33752/invantri.v1i01.1825](https://doi.org/10.33752/invantri.v1i01.1825).
- [8] B. CahyoWibowo dan F. Nugraha, "Kendali Kecepatan Motor Stepper Mengguna (1)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 10, no. 3, hlm. 213–220, 2021, Diakses: 30 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom>

- [9] I. W. Sukadana dan I. M. P. Darma Yuda, "Prototyping PCB Menggunakan Computer-Aided Design," *TIERS Information Technology Journal*, vol. 2, no. 2, hlm. 37–43, Des 2021, doi: 10.38043/tiers.v2i2.3310.
- [10] I. Masykuri dan A. Prayitno, "Pengembangan Kontroler Pada Excavator Komatsu Pc130f-7 Untuk Fungsi Engine Cut Off," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, vol. 5, hlm. 1–5, 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/22677>
- [11] F. Glover, "LOGO! PLC Learning a Programmable Logic Controller." 2008. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.academia.edu/>
- [12] Febriyanto, *PLC dan HMI SIEMENS*. Universitas Negeri Yogyakarta, 2015.
- [13] P. S. Maria dan E. Susianti, "Analisis Karakteristik Elektrik Bentuk Geometri Jalur PCB Menggunakan Pendekatan Finite Element," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, hlm. 11–17, Mei 2018, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.unnes.ac.id/nju/jte/article/view/13826/7868>
- [14] A. Faridh dan A. Dalman, "Rancang Bangun Alat Monitoring Kemiringan pada Ekskavator Berbasis PLC (Programmable Logic Controller) dan HMI (Human Machine Interface)," *JUS TEKNO (Jurnal Sains dan Teknologi)*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [15] R. Baharuddin dan T. Hidayat, "Atmega Microcontroller 2560 Based Safety System of Monitor Panel and Controller on a Small Excavator," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 11, hlm. 367–374, Mei 2020, doi: 10.21776/ub.jrm.2020.011.03.8.