



Implementasi *Pre-Collision Prevention Drive Assist (PRECISE)* pada *Heavy Dump Truck* di PT Putra Perkasa Abadi Jobsite PT Bukit Asam Tbk

Djoko Prasadjo¹, Muhibbudin Ikhwan²

¹Department Plant, PT Putra Perkasa Abadi

²Department Safety, Health and Environment, PT Putra Perkasa Abadi

Email: djoko.pradsojo@ppa.co.id, muhibbudin.ikhwan@ppa.co.id

ABSTRAK

Kata kunci:

kecelakaan kendaraan berkapasitas besar, inovasi, pre-collision prevention drive assist, heavy dump truck

Latar Belakang: Sektor pertambangan merupakan sektor yang memiliki bahaya tinggi dan penyebab utama kematian, sehingga pekerja berisiko mengalami kecelakaan kerja, risiko yang menjadi masalah keselamatan industri pertambangan adalah risiko kecelakaan kendaraan berkapasitas besar, salah satunya adalah heavy dump truck. Faktor yang mempengaruhi kecelakaan antara lain adalah kondisi jalan, kondisi pengoperasian, kondisi cuaca, jarak pandang yang minim, dan perilaku operator yang keliru. Atas dasar tersebut PT Putra Perkasa Abadi jobsite PT Bukit Asam Tbk (PPA-BA) terus melakukan inovasi terutama pada bidang teknologi, untuk membantu perusahaan meningkatkan keselamatan dan produktifitas, salah satu inovasi dibidang teknologi yang diciptakan adalah sistem anti tabrakan heavy dump truk yang disebut *Pre-Collision Prevention Drive Assist (PRECISE)*. PRECISE dapat berfungsi untuk mengurangi frekuensi tabrakan antara kendaraan dan kendaraan, kendaraan dan manusia, dan kendaraan dan infrastruktur.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi implementasi sistem anti tabrakan, yaitu *Pre-Collision Prevention Drive Assist (PRECISE)*, untuk meningkatkan keselamatan kerja di unit heavy dump truck di PT Putra Perkasa Abadi jobsite PT Bukit Asam Tbk.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan studi dokumentasi. Analisis data dilakukan secara induktif.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PRECISE efektif dalam mengurangi frekuensi tabrakan antara kendaraan dan objek lainnya, serta meningkatkan kesadaran situasional operator. Pemasangan sistem ini berhasil meningkatkan keselamatan operasional di lapangan.

Kesimpulan: Penerapan sistem PRECISE pada unit heavy dump truck di PPA-BA terbukti signifikan dalam mengurangi risiko kecelakaan, membantu operator dalam meningkatkan kewaspadaan, dan menekan kerugian material serta non-material akibat kecelakaan.

ABSTRACT

Keywords:

Large Capacity Vehicle Crashes, Innovation, Pre-Collision Prevention Drive Assist Heavy Dump Truck.

Background: The mining sector is a sector that has high danger and the main cause of death, so workers are at risk of work accidents, the risk that is a safety problem in the mining industry is the risk of accidents with large capacity vehicles, one of which is heavy dump trucks. Factors that affect accidents include road conditions, operating conditions, weather conditions, minimal visibility, and erroneous operator behavior. On this basis, PT Putra Perkasa Abadi jobsite PT Bukit Asam Tbk (PPA-BA) continues to innovate, especially in the field of technology, to help companies improve safety and productivity, one of the innovations in the field of technology created is an anti-collision system for heavy dump trucks called Pre-Collision Prevention Drive Assist (PRECISE). PRECISE can serve to reduce the frequency of collisions between vehicles and vehicles, vehicles and people, and vehicles and infrastructure.

Purpose: This study aims to evaluate the implementation of the anti-collision system, namely Pre-Collision Prevention Drive Assist (PRECISE), to improve work safety in the heavy dump truck unit at PT Putra Perkasa Abadi jobsite PT Bukit Asam Tbk.

Methods: This study uses a qualitative descriptive method. Data were collected through observations, interviews, and documentation studies. Data analysis is carried out inductively.

Results: The results show that the PRECISE system is effective in reducing the frequency of collisions between vehicles and other objects, as well as increasing the operator's situational awareness. The installation of this system has succeeded in improving operational safety in the field.

Conclusion: The application of the PRECISE system in the heavy dump truck unit in PPA-BA has proven to be significant in reducing the risk of accidents, assisting operators in increasing vigilance, and reducing material and non-material losses due to accidents.

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 50 Tahun 2012, sektor pertambangan, minyak, dan gas bumi merupakan sektor yang memiliki bahaya tinggi, sehingga pekerja berisiko terhadap kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja, relevan apa yang disampaikan oleh Khamidullina et al., (2017) bahwa frekuensi kecelakaan kerja di pertambangan batubara merupakan salah satu penyebab utama kematian, sehingga risiko terjadinya kecelakaan kerja di pertambangan batubara sangat tinggi. Salah satu penyebabnya adalah faktor lingkungan kerja yang tidak memenuhi persyaratan kesehatan dan keselamatan kerja, proses kerja yang tidak aman serta sistem kerja yang semakin kompleks dan modern dapat menimbulkan ancaman terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja (Abdullah, 2009; Nurdianti et al., 2022; Tarwaka, 2008).

Risiko kecelakaan kendaraan kapasitas besar juga terus menjadi masalah keselamatan bagi industri pertambangan, setiap tahunnya berkontribusi terhadap 50% kecelakaan pada operasi pertambangan (Almberg et al., 2018; Bellanca et al., 2021). Pada tahun 2018 kecelakaan yang melibatkan truk pengangkut adalah yang paling sering terjadi

yaitu 6 dari 27 berakibat pada kecelakaan fatal (Almberg et al., 2018). Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan unit operasional penambangan yaitu kondisi jalan, perilaku operator, kondisi pengoperasian, jarak pandang yang kurang dan kondisi cuaca (Sudiyanto & Susilowati, 2018). Pernyataan senada juga dikemukakan oleh (Santos et al., 2010) bahwa penyebab kecelakaan yang banyak dilaporkan adalah terkait kesalahan operator seperti pelanggaran prosedur dan kelelahan. Sebuah studi yang dilakukan oleh Perry & Embrace (2016) pada tahun 1995 – 2014 menemukan bahwa 11% kematian akibat kecelakaan truk angkut dikarenakan menabrak tanggul dan 42% diakibatkan oleh lepas kontrol yang dikarenakan mengemudi dalam keadaan mengantuk, kecepatan tinggi, dan mundur saat turun.

Akibat dari kecelakaan kerja yaitu dapat menimbulkan kerugian baik bagi pihak yang terkena dampak maupun bagi perusahaan pertambangan (Abdullah, 2009) (Prasodjo & Ikhwan, 2023). Adapun dampak yang diterima pekerja seperti luka ringan, luka berat, sampai kematian, sedangkan dampak yang diterima perusahaan yaitu terganggunya kegiatan operasional, kerugian materil, sampai pada hancurnya reputasi perusahaan. Atas dasar akibat yang ditimbulkan tersebut maka penerapan keselamatan kerja penting untuk dilakukan, keselamatan kerja merupakan serangkaian tindakan untuk menciptakan tempat kerja yang aman dan nyaman bagi karyawan suatu perusahaan (Haidi & Abdullah, 2020; Juliandi et al., 2018) Pengelolaan keselamatan kerja perlu dilakukan dengan serius oleh perusahaan, salah satu upaya pengelolaan yang bisa dilakukan adalah melalui tindakan preventif, untuk mewujudkan upaya tersebut, perusahaan mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam mendukung inovasi. Kemajuan teknologi saat ini khususnya pada bidang industri sangat membantu untuk menunjang kegiatan industri, kemajuan teknologi juga dirasakan pada sektor industri pertambangan yang ditandai dengan modernisasi proses mekanisasi, elektrifikasi, dan transformasi digital (Puspitasari, 2014). Salah satu kemajuan teknologi yang ada saat ini adalah kemajuan teknologi pada alat berat dan kendaraan berkapasitas besar. Teknologi yang ada di kendaraan berkapasitas besar sangat membantu untuk menunjang aspek keselamatan, selain itu inovasi teknologi digital pada industri pertambangan juga dapat meningkatkan produktivitas sehingga berdampak pada arus kas perusahaan (Sari, 2020).

Atas dasar tersebut PT Putra Perkasa Abadi jobsite PT Bukit Asam Tbk (PPA-BA) terus melakukan inovasi terutama pada bidang teknologi, untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan keselamatan kerja dan meningkatkan produktifitas. Salah satu inovasi dibidang teknologi yang diciptakan adalah sistem anti tabrakan heavy dump truk yang disebut *Pre-Collision Prevention Drive Assist* (PRECISE). Penggunaan PRECISE sangat penting untuk mengurangi frekuensi tabrakan. Sistem ini membantu operator meningkatkan kesadaran situasional. PRECISE adalah sistem yang memicu sinyal khusus ke depan (Steven et al., 2020). Ketika sinyal dipantulkan kembali, perangkat mengetahui ada objek di depan, sehingga dapat mengerem secara otomatis. Secara khusus, PRECISE secara efektif mengurangi frekuensi tabrakan antara kendaraan dan manusia, kendaraan dan kendaraan, serta kendaraan dan infrastruktur (gettransportation.com). Tujuan pemasangan pada unit heavy dump truck PPA-BA adalah untuk meningkatkan keselamatan pertambangan dan mengurangi risiko terjadinya insiden heavy dump truck sehingga mencegah dampak negatif yang ditimbulkan, membantu operator heavy dump truck untuk meningkatkan kesadaran situasional, dan menekan kerugian materil dan non materil yang

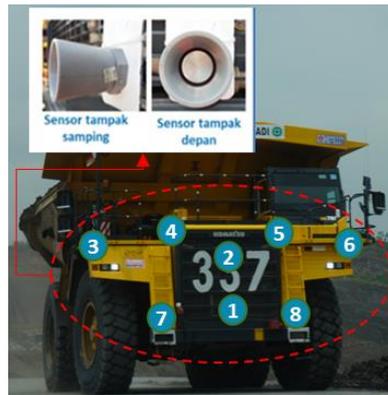
diakibatkan oleh insiden tabrakan heavy dump truck. Studi ini akan membahas mengenai implementasi pemasangan PRECISE yang dilakukan pada unit heavy dump truck PPA-BA.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, penelitian kualitatif merupakan golongan penelitian yang menghasilkan hasil yang tidak bisa diperoleh dengan menggunakan metode statistik atau pengukuran lainnya (Moleong, 2021), dengan pendekatan penelitian lapangan, yaitu suatu kajian sistematis untuk mengumpulkan informasi tentang lapangan (Arikunto, 2006) (Ratnaningtyas et al., 2023). Sumber data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer, yaitu data yang diperoleh dari pribadi atau individu, seperti hasil wawancara atau kuesioner. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi, yaitu metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara observasi yaitu mencatat objek atau beberapa parameter pada unit heavy dump truck PT Putra Perkasa Abadi jobsite Bukit Asam yaitu Komatsu HD 785 dan CAT UHT 777. Analisis yang digunakan menggunakan pendekatan induktif, yaitu jenis analisis yang dilakukan terhadap data yang diperoleh, sehingga dapat dikembangkan pada pola hubungan tertentu. Langkah pertama dalam analisis ini adalah reduksi data, penyajian data, dan verifikasi (Nasution, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama proses pemasangan PRECISE yang dilakukan di unit heavy dump truck di PPA-BA terdapat proses riset selama 4 kali, proses riset tersebut dialami karena terdapat proses pembuatan dan pemasangan alat yang menyesuaikan kondisi di lapangan, adapun peralatan yang digunakan pada PRECISE antara lain sensor ultrasonik/radar, modul controller, lampu signal, dan buzzer. Pada riset pertama sensor ultrasonik dipasang ditengah front cross section setinggi 1,4 meter dan 2,4 meter, hasil dari riset tersebut ditemukan bahwa respon sensor pada posisi 1 dan 2 masih terpengaruh oleh kondisi undulating. Semakin tinggi undulating, respon sensor semakin lambat (terjadi delay). Saat unit trial didahului unit lain sensor sempat merespon tetapi tidak sampai mengaktifkan solenoid (diluar range aktivasi), selain itu objek dengan permukaan tidak beraturan sensor tidak dapat merespon dengan cepat, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Percobaan Pertama Menggunakan Sensor Ultrasonik

Tabel 1. Hasil Percobaan Pertama Menggunakan Sensor Ultrasonik

<i>Logic</i>	Posisi Sensor Ultrasonik (Meter)	Kec Unit (km/jam)	Lokasi	<i>Buzzer Indicator</i> (Meter)	<i>Brake</i> (Meter)	Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)	<i>Result (Technical Instructor Operator)</i>
1	1,4	5 - 10	Workshop	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Respon sensor masih terpengaruh kondisi jalan <i>undulating</i> • Ketika unit <i>trial</i> didahului unit lain sensor merespon namun tidak mengaktifkan <i>solenoid</i> • Pada objek dengan permukaan tidak beraturan sensor tidak dapat merespon dengan cepat
2	2,4	5 - 10	Workshop	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Respon sensor masih terpengaruh kondisi jalan <i>undulating</i> • Ketika unit <i>trial</i> didahului unit lain sensor merespon namun tidak mengaktifkan <i>solenoid</i> • Pada objek dengan permukaan tidak

<i>Logic</i>	<i>Posisi Sensor Ultrasonik (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructur Operator)</i>
							beraturan sensor tidak dapat merespon dengan cepat

Kesimpulan dari riset pertama dapat dilihat pada Tabel 1, riset pertama kurang efektif karena sensor dan media harus sejajar sehingga unit berpotensi menabrak tanggul dan sensor tidak membaca permukaan yang tidak rata.

Riset kedua menggunakan Milimeter Wave Radar dengan jarak aktif 10 meter dan lebar kecepatan radar 4 x 1.3 meter. Hasil dari riset kedua, pada kecepatan 10 km/jam di area front. Obyek (exca dan tebing) terdeteksi pada jarak yang diharapkan. Buzzer dan brake aktif sesuai jarak aktivasi. Pada kecepatan 20 km/jam di Haul Road, objek (tanggul) terdeteksi pada jarak yang diharapkan dan buzzer serta retarder brake aktif sesuai jarak aktivasi dan unit langsung berhenti. Pada kecepatan 25 km/jam dengan objek drum, unit berhenti di jarak <5 M dari objek, lihat Gambar 2.



Gambar 2. Riset Kedua Menggunakan Milimeter Wave Radar dengan Jarak Aktif 10 Meter

Tabel 2. Hasil Riset Kedua Menggunakan Milimeter Wave Radar (Length 10 meter)

<i>Logic</i>	<i>Jarak Radar (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructur Operator)</i>
1	10	25	<i>Workshop</i>	-	-	<5	Unit berhenti di jarak -5 M dari objek
2	10	30	<i>Haul Road</i>	-	-	+1	Unit berhenti +1 M dari objek Objek tertabrak Unit
3	10	20	<i>Haul Road</i>	-	-	±5	Obyek (tanggul) terdeteksi

<i>Logic</i>	<i>Jarak Radar (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructur Operator)</i>
							pada jarak yang diharapkan
4	10	10	<i>Front</i>	-	-	±5	Obyek (tanggul) terdeteksi pada jarak yang diharapkan

Kesimpulan dari riset kedua dapat dilihat pada Tabel 2, riset kedua yaitu Milimeter Wave Radar dengan jarak aktif 10 meter kurang efektif dikarenakan jarak jangkauan radar, sehingga dengan kecepatan tertentu, unit masih menabrak objek walaupun retarder brake sudah aktif. Brake otomatis berfungsi, sehingga unit berhenti secara tiba-tiba ketika mendeteksi benda, sehingga dapat mengganggu operasional. Pada kondisi jalan undulating, retarder brake sering aktif dan pembacaan radar lebih bagus dibandingkan dengan sensor ultrasonik.

Atas dasar hasil kesimpulan dari riset pertama dan kedua, selanjutnya dilakukan riset ketiga yaitu menggunakan Milimeter Wave Radar V1 dengan jarak aktif 50 meter, pada riset ketiga Milimeter Wave Radar V1 diubah dengan jangkauan 50 meter, posisi pemasangan radar juga dinaikan 10 cm dari ketinggian sebelumnya, dan penambahan logic pada controller PRECISE, lihat Gambar 3.



Gambar 3. Riset Ketiga Menggunakan Milimeter Wave Radar V1 dengan Jarak Aktif 50 Meter

Hasil pada riset ketiga didapatkan bahwa jangkauan Milimeter Wave Radar yang lebih jauh yaitu 50 meter dapat membaca serta membuat respon controller menjadi lebih baik, radar juga dapat mengenali kondisi jalan undulating, semua logic dapat berfungsi dengan baik dan normal, dan jarak unit berhenti dari objek ± 1 meter. Hasil dari riset ketiga kemudian dilakukan pencatatan melalui tabel konfigurasi jarak dan kecepatan, lihat Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Riset Ketiga Menggunakan Milimeter Wave Radar V1 (Length 50 meter)

<i>Logic</i>	<i>Jarak Radar (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructor Operator)</i>
1	1 - 3	2 - 5	<i>Workshop/ Front Loading</i>	3	3	-	<i>Groundtest berjalan lancar (no issue) Buzzer aktif ketika melintas di jalan undulating, tanjakan dan tikungan</i>
2	1 - 5	5 - 10	<i>Front Loading/ Disposal</i>	5	5	-	<i>Groundtest berjalan lancar (no issue) Buzzer aktif ketika melintas di jalan undulating, tanjakan dan tikungan</i>
3	1 - 10	10 - 15	<i>Front Loading/ Disposal</i>	10	9	-	<i>Groundtest berjalan lancar (no issue) Buzzer aktif ketika melintas di jalan undulating, tanjakan dan tikungan</i>
4	1 - 12	15 - 20	<i>Tanjakan & Turunan</i>	12	10	-	<i>Groundtest berjalan lancar (no issue) Buzzer aktif ketika melintas di jalan undulating dan tikungan</i>

<i>Logic</i>	<i>Jarak Radar (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructor Operator)</i>
5	1 - 14	20 - 30	PIT 2	14	12	-	<i>Groundtest</i> berjalan lancar (<i>no issue</i>) <i>Buzzer</i> aktif ketika melintas di jalan <i>undulating</i> dan tikungan
6	1 - 20	30 - 35	PIT 2	17	14	-	<i>Groundtest</i> berjalan lancar (<i>no issue</i>) <i>Buzzer</i> aktif ketika melintas di jalan <i>undulating</i> dan tikungan

Berdasarkan Tabel 3, logic pertama diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1-3 meter dengan kecepatan unit 2–5 km/jam serta lokasi riset dilakukan di Workshop/ Front Loading, PRECISE akan mengaktifkan brake pada jarak 3 meter dan buzzer indikator aktif pada jarak 3 meter. Logic kedua diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 5 meter dengan kecepatan unit 5–10 km/jam serta lokasi riset dilakukan di Front Loading/ Disposal, PRECISE akan mengaktifkan brake pada jarak 5 meter dan buzzer indikator aktif pada jarak 5 meter. Logic ketiga diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 10 meter dengan kecepatan unit 10–15 km/jam serta lokasi riset dilakukan di Front Loading/ Disposal, PRECISE akan mengaktifkan brake pada jarak 9 meter dan buzzer indikator aktif pada jarak 10 meter. Logic keempat diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 12 meter dengan kecepatan unit 15–20 km/jam serta lokasi riset dilakukan di tanjakan & turunan, PRECISE akan mengaktifkan brake pada jarak 10 meter dan buzzer indikator aktif pada jarak 12 meter. Logic kelima diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 14 meter dengan kecepatan unit 20–30 km/jam serta lokasi riset dilakukan di PIT 2, PRECISE akan mengaktifkan brake pada jarak 12 meter dan buzzer indikator aktif pada jarak 14 meter. Terakhir pada logic keenam diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 20 meter dengan kecepatan unit 30–35 km/jam serta lokasi riset dilakukan di PIT 2, PRECISE akan mengaktifkan brake pada jarak 14 meter dan buzzer indikator aktif pada jarak 17 meter. Tidak ditemukan masalah pada keenam simulasi yang telah dilakukan dan buzzer aktif ketika melintas di jalan undulating dan tikungan.

Setelah riset ketiga dilakukan selanjutnya untuk penyempurnaan dilakukan riset keempat. Pada riset keempat, PRECISE menggunakan modul *micro controller*, milimeter

wave radar V2 dengan jarak aktif 50 meter, dan logic pada controller. Tujuan dilakukan pemasangan modul micro controller agar respon dari Milimeter Wave Radar dapat ditangkap dengan cepat oleh micro controller sehingga trigger terhadap brake menjadi lebih cepat, yaitu sisa jarak dari unit terhadap objek menjadi > 1 meter. Selanjutnya pemasangan Milimeter Wave Radar V2 dapat meningkatkan responsifitas dan posisi pemasangan radar tetap pada ketinggian 1,8 meter dari permukaan.



Gambar 4. Riset Keempat Menggunakan Milimeter Wave Radar V2 dengan Jarak Aktif 50 Meter Meter

Hasil pada riset keempat didapatkan bahwa responsivitas Milimeter Wave Radar V2 lebih baik. Setelah dilakukan upgrade dengan micro controller, trigger terhadap brake menjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan riset yang dilakukan sebelumnya. Selain itu radar dapat mengenali jalan dengan kondisi undulating. Pada riset keempat juga diketahui semua logic dapat berfungsi dengan baik dan normal.

Tabel 4. Hasil Riset Keempat Menggunakan Milimeter Wave Radar V2 (Length 50 meter)

<i>Logic</i>	<i>Jarak Radar (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructor Operator)</i>
1	1-2	-	-	-	-	-	<i>LED sensor nn jika jarak lebih dari 2m menandakan sensor dalam posisi aktif</i>
2	1-3	N	-	3	3	-	<i>Untuk antisipasi unit mengelundung posisi netral berfungsi dengan bagus</i>
3	1-25	35-40	Jl. Asamuh	25	20	4.8	<i>Groundtest menggunakan objek drum berjalan lancar (no issue)</i>

<i>Logic</i>	<i>Jarak Radar (Meter)</i>	<i>Kec Unit (km/jam)</i>	<i>Lokasi</i>	<i>Buzzer Indicator (Meter)</i>	<i>Brake (Meter)</i>	<i>Sisa Jarak Unit dari Objek (Meter)</i>	<i>Result (Technical Instructor Operator)</i>
4	1-30	40-45	JL. Asamuh	30	25	5.6	Groundtest menggunakan objek drum berjalan lancar (<i>no issue</i>)
5	1-50	45-50	JL. Asamuh	50	50	9.3	Groundtest menggunakan objek drum berjalan lancar (<i>no issue</i>)
6	-	55 up	JL. Asamuh	55	-	-	Groundtest berjalan lancar (<i>no issue</i>) Buzzer aktif ketika kecepatan > 50 km/jam
7	1-50	55 up	JL. Asamuh	50	50	± 3	Menabrak drum

Berdasarkan Tabel 4 pada logic pertama, diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 2 meter, hasilnya LED sensor nn ketika jarak lebih dari 2 meter yang menandakan sensor dalam posisi aktif. Pada logic kedua diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 3 meter, dengan kecepatan unit N km/jam, hasilnya adalah buzzer indikator dan brake aktif pada jarak 3 meter. Pada logic ketiga, diketahui bahwa pada konfigurasi jarak radar 1 – 25 meter dengan kecepatan unit 35 – 40 km/jam, hasilnya adalah buzzer indikator aktif pada jarak 25 meter dan brake aktif pada jarak 20 meter dengan sisa jarak unit dari objek yaitu 4,8 meter. Pada logic keempat, digunakan konfigurasi jarak radar 1 – 30 meter dengan kecepatan unit 40 – 45 km/jam, hasilnya adalah buzzer indikator aktif pada jarak 30 meter dan brake aktif pada jarak 25 meter dengan sisa jarak unit dari objek yaitu 5,6 meter. Pada logic kelima, digunakan konfigurasi jarak radar 1 – 50 meter dengan kecepatan unit 45 – 50 km/jam, hasilnya adalah buzzer indikator aktif pada jarak 50 meter dan brake aktif pada jarak 50 meter dengan sisa jarak unit dari objek yaitu 9,3 meter. Pada logic keenam, dengan kecepatan unit melebihi 55 km/jam, buzzer indikator aktif pada jarak 55 meter. Terakhir pada logic ketujuh, digunakan konfigurasi jarak radar 1 – 50 meter dengan kecepatan unit melebihi 55 km/jam, hasilnya adalah buzzer indikator aktif pada jarak 50 meter dan brake aktif pada jarak 50 meter namun unit menabrak objek yang ada didepannya yaitu drum.

Hasil pada riset keempat berjalan dengan baik, adapun hasil yang diketahui selama riset tersebut yang pertama adalah batas maksimum kecepatan unit agar tidak menabrak objek adalah 50 km/jam dengan syarat kondisi jalan kering dan datar. Kedua yaitu ketika operator mengoperasikan unit melebihi 55 km/jam dengan tanpa objek didepan, maka buzzer akan aktif dan indikator untuk menurunkan kecepatan akan menyala. Terakhir adalah diperlukan penambahan distance monitor agar operator mengetahui jarak objek yang ada di depan unit.

KESIMPULAN

Pre-Collision Prevention Drive Assist (PRECISE) bekerja berdasarkan 2 inputan, yaitu jarak dan kecepatan. Jarak didapatkan dari radar yang terpasang di bagian depan unit, dan kecepatan didapatkan dari transmission output sensor. Jika kombinasi dari kecepatan dan jarak telah memenuhi syarat untuk melakukan perlambatan, maka signal dari kedua sensor tersebut akan mengaktifkan solenoid retarder brake, sehingga oli akan mengalir menuju retarder control valve dan diteruskan menuju piston brake. Sehingga unit akan mulai melakukan pengereman. Ketika PRECISE aktif, maka buzzer yang berada di kabin akan berbunyi sebagai alert, dan juga lampu signal akan menyala. Hasil yang dilakukan pada riset pertama menunjukkan bahwa dari riset pertama yaitu kurang efektif karena sensor dan media harus sejajar sehingga unit berpotensi menabrak tanggul dan sensor tidak membaca permukaan yang tidak rata. Hasil pada riset kedua menunjukkan Milimeter Wave Radar dengan jarak aktif 10 meter, kurang efektif dikarenakan jarak jangkauan radar, sehingga dengan kecepatan tertentu, unit masih menabrak objek walaupun retarder brake sudah aktif. Brake otomatis berhenti secara tiba – tiba ketika mendeteksi benda, sehingga mengganggu operasional. Pada kondisi jalan undulating, retarder brake sering aktif dan pembacaan radar lebih bagus dibandingkan dengan sensor ultrasonik. Hasil riset ketiga didapatkan bahwa jangkauan Milimeter Wave Radar yang lebih jauh yaitu 50 meter dapat membaca serta membuat respon controller menjadi lebih baik, Milimeter Wave Radar juga dapat mengenali kondisi jalan undulating, semua logic dapat berfungsi dengan baik dan normal, dan jarak unit berhenti dari objek ± 1 meter. Hasil pada riset keempat berjalan dengan baik, adapun hasil yang diketahui selama riset tersebut yang pertama adalah batas maksimum kecepatan unit agar tidak menabrak objek adalah 50 km/jam dengan syarat kondisi jalan kering dan datar. Kedua yaitu ketika operator mengoperasikan unit melebihi 55 km/jam dengan tanpa objek didepan, maka buzzer akan aktif dan indikator untuk menurunkan kecepatan akan menyala. Terakhir adalah diperlukan penambahan distance monitor agar operator mengetahui jarak objek yang ada di depan unit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa PRECISE dapat bekerja di unit heavy dump truck PT Putra Perkasa Abadi jobsite Bukit Asam, PRECISE juga diciptakan dengan aman pada kecepatan < 50 km/jam, dan PRECISE dapat mencegah kecelakaan heavy dump truck yang dikarenakan hilangnya kontrol operator.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, R. (2009). Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pertambangan Batubara Bawah Tanah. *Padang: UNP Press Padang*.
- Almberg, K. S., Friedman, L. S., Swedler, D., & Cohen, R. A. (2018). Mine Safety and Health Administration's Part 50 program does not fully capture chronic disease and injury in the Illinois mining industry. *American Journal of Industrial Medicine*, 61(5), 436–443.
- Arikunto, S. (2006). Metode penelitian kualitatif. *Jakarta: Bumi Aksara*, 168.
- Bellanca, J. L., Ryan, M. E., Orr, T. J., & Burgess-Limerick, R. J. (2021). Why do haul truck fatal accidents keep occurring? *Mining, Metallurgy & Exploration*, 38(2), 1019–1029.
- Haidi, H., & Abdullah, R. (2020). Upaya Meminimalisir Kecelakaan Kerja di Area Penambangan PT. Adaro Services Job Site Binungan, Berau Provinsi Kalimantan Timur. *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 5(2), 77–87.

- Juliandi, R., Abdullah, R., & Murad, M. (2018). Analisis Kinerja Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk Mengetahui Penyebab Meningkatnya Kecelakaan Property Damage di PT. Cakra Bumi Pertiwi Site Bengkulu Utara Provinsi Bengkulu. *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 3(1), 646–655.
- Khamidullina, E. A., Timofeeva, S. S., & Smirnov, G. I. (2017). Accidents in coal mining from perspective of risk theory. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 262(1), 12210.
- Moleong, L. J. (2021). *Metodologi penelitian kualitatif edisi revisi*.
- Nurdianti, E. P., Rukmana, C. A., Utami, A. R. H. D. D., & Wena, M. (2022). Analisis Tingkat Kesadaran Pekerja Bangunan Dalam Penerapan K3 Di Proyek Bangunan Tinggi Kota Malang. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, 2.
- Prasodjo, D., & Ikhwan, M. (2023). Efektifitas Penggunaan Collision Avoidance Systems pada Haul Dump Truck untuk Mengurangi Insiden Tabrakan. *Jurnal Sosial Teknologi*, 3(7), 542–547.
- Puspitasari, N. B. (2014). Analisis Traffic Accident di Industri Tambang Batu Bara dengan Metode Human Factor Analysis And Classification System-mining Industry (Hfacsmi)(Studi Kasus di PT X Rantau Distrik Kcmb). *Industrial Engineering Online Journal*, 3(4).
- Ratnaningtyas, E. M., Saputra, E., Suliwati, D., Nugroho, B. T. A., Aminy, M. H., Saputra, N., & Jahja, A. S. (2023). Metodologi Penelitian Kualitatif. *No. Januari. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini*.
- Santos, B. R., Porter, W. L., & Mayton, A. G. (2010). An analysis of injuries to haul truck operators in the US mining industry. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(21), 1870–1874.
- Steven, S., Sari, F. A., Anggraeni, W., & Nasrullah, M. I. (2020). Manajemen Risiko Kegagalan Lereng Pada Tambang Emas Menggunakan Teknologi Slope Stability Radar. *Prosiding Temu Profesi Tahunan Perhapi*, 85–94.
- Sudiyanto, J., & Susilowati, I. H. (2018). Causes of fatal accidents involving coal hauling trucks at a coal mining company in Indonesia. *KnE Life Sciences*, 59–70.
- Tarwaka, M. (2008). *Implementasi K3 di Tempat Kerja, Surakarta*. Harapan Press.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).