

**IMPLEMENTASI USED OIL 100% PADA BAHAN PELEDAK S300 ECO  
DI PT KALTIM PRIMA COAL**

**<sup>1)</sup>Iwan Purba, ST dan <sup>2)</sup>Radja Nove Putra, ST**

*<sup>1)</sup> Departemen Drill & Blast, PT Kaltim Prima Coal*

*<sup>2)</sup> Departemen Technical Services, PT AEL Indonesia*

**ABSTRAK**

*Produksi PT Kaltim Prima Coal (KPC) dimulai sejak tahun 1992 dan menambang rata-rata 450 juta bcm overburden setiap tahunnya. Di tahun 2021, KPC memindahkan 453 juta bcm overburden menggunakan 85.000 ton bahan peledak. Aktivitas penambangan yang masif ini menghasilkan rata-rata 8 juta liter used oil setiap tahun.*

*Secara konsisten KPC terus mengimplementasikan proses peledakan yang efektif dan efisien untuk mengoptimalkan biaya peledakan, salah satunya dengan mengganti bahan bakar (solar) dengan used oil pada bahan peledak. Used oil dikategorikan limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun) yang penanganannya cukup kompleks. Untuk mendapatkan used oil yang memenuhi kualifikasi sebagai campuran bahan peledak, used oil akan ditangani secara khusus sehingga kandungan air dan endapan lain berada di level yang dapat diterima.*

*Untuk memenuhi ekspektasi KPC terkait penggunaan used oil pada bahan peledak, PT AEL Indonesia (AEL) menggunakan bahan peledak seri S300 Eco. Tipe bahan peledak S300 Eco ini didesain khusus agar kompatibel menggunakan used oil dengan tujuan mengurangi penggunaan bahan bakar karbon dan proteksi terhadap lingkungan. Used oil yang memenuhi kualitas digabungkan dengan emulsifier khusus AEL berhasil menunjang penggunaan used oil menggantikan solar 100% pada bahan peledak dengan tetap menjaga kualitas dan performa bahan peledak yang dibuat. Sejak diimplementasikan pada tahun 2011 hingga 2021, KPC telah berhasil menghemat 25,5 juta liter solar yang ekuivalen dengan rata-rata 2,3 juta liter solar per tahun.*

*Kata kunci: used oil, bahan peledak, S300 Eco*

**IMPLEMENTATION OF USED OIL 100% IN EXPLOSIVE S300 ECO  
AT PT KALTIM PRIMA COAL**

**<sup>1)</sup>Iwan Purba, ST and <sup>2)</sup>Radja Nove Putra, ST**

<sup>1)</sup> *Drill & Blast Department, PT Kaltim Prima Coal*

<sup>2)</sup> *Technical Services Department, PT AEL Indonesia*

**ABSTRACT**

*PT Kaltim Prima Coal (KPC) coal production began in 1992 and mines an average of 450 million BCM of overburden material per year. In 2021, KPC mined 453 million BCM of overburden by consuming 85,000 tonnes of bulk explosives. This massive mining activity produces an average of 8 million liters of used oil per year.*

*Consistently, KPC is continuously implementing effective and efficient blasting processes to optimize the blasting cost, one of them is by replacing the fuel (diesel) with used oil in explosive. Used oil is categorized as hazardous and toxic substances which the treatment is challenging. In order to obtain the qualified used oil as the mixtures for explosives, used oil is treated thus water and other sludge are within the acceptable level.*

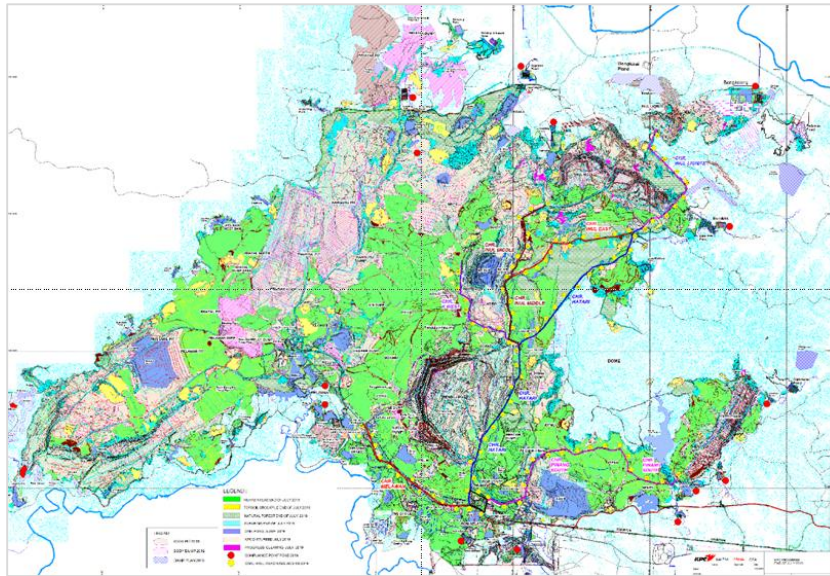
*In order to fulfill KPC's expectations in the use of used oil to manufacture explosive, PT AEL Indonesia (AEL) introduces the S300 Eco Series product. This S300 Eco explosives series is designed to incorporate used oil with the aim to reduce the carbon footprint and protecting the environment. Qualified used oil combined with emulsifier of AEL has allowed for the utilization of used oil to 100% replace diesel in the manufacture of explosives with still maintaining the quality and performance of the manufactured explosives. Since the starting of implementation in 2011 until 2021, KPC successfully managed to save 25.5 million liter of diesel which equivalent to an average 2.3 million liters of diesel per year.*

*Keywords: used oil, explosives, S300 Eco*

**A. PENDAHULUAN**

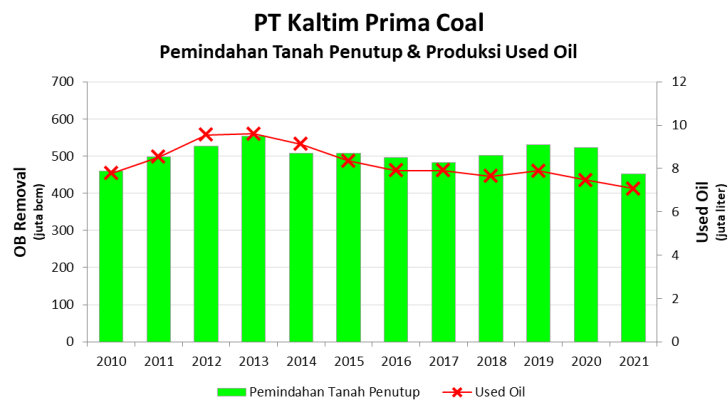
**A.1. Latar Belakang**

PT Kaltim Prima Coal (KPC) adalah perusahaan tambang batubara yang ada di Indonesia yang berlokasi di Kutai Timur, Kalimantan Timur. KPC mengelola konsesi pertambangan dengan luas mencapai 61.543 hektar, di *site* Sangatta (gambar 1) dan Bengalon, yang dioperasikan oleh 2 divisi pertambangan utama yaitu Mining Operation Divison (MOD) dan Contract Mining Division (CMD).



Gambar 1. Tambang KPC Site Sangatta.

Produksi batubara KPC dimulai di tahun 1992 dengan rata-rata material tanah penutup yang dipindahkan pertahun adalah 450 juta bcm (gambar 2). Pada tahun 2021, KPC berhasil menambang 56,4 juta ton batubara dengan memindahkan material tanah penutup sebanyak 453 juta bcm dimana sekitar 83% dari total pemindahan material tanah penutup membutuhkan peledakan yang setara dengan 85.000 ton bahan peledak. Dari kegiatan penambangan yang masif ini, KPC menghasilkan rata-rata 8 juta liter oli bekas (*used oil*) setiap tahunnya (2010-2021).



Gambar 2. Grafik jumlah pemindahan tanah penutup dan produksi *used oil* dari 2010 hingga 2021.

KPC mengidentifikasi bahwa pemakaian bahan bakar untuk peralatan tambang dan bahan peledak sebagai dua komponen biaya terbesar dalam kegiatan penambangannya. Oleh karena itu, KPC konsisten untuk terus mengoptimalkan biaya kedua komponen ini. Pada komponen bahan peledak, rata-rata penggunaan bahan peledak KPC pertahun berada di rentang 80.000-100.000 ton dimana sekitar 65% dari bahan peledak ini disuplai oleh PT AEL Indonesia (AEL). Salah satu cara yang telah diteliti untuk mengoptimalkan biaya bahan peledak adalah dengan menggunakan *used oil* untuk menggantikan bahan bakar (solar) pada bahan peledak.

## A.2. Tujuan

Tujuan dari proyek implementasi *used oil* pada bahan peledak hingga mencapai penggunaan 100% *used oil* menggantikan solar antara lain:

- Penghematan biaya dengan mengurangi hingga mengeliminasi penggunaan solar sebagai campuran bahan peledak.
- Penghematan biaya dengan mengurangi biaya yang dibutuhkan dalam pengolahan *used oil* sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya Beracun).
- Bentuk komitmen kedua perusahaan, KPC dan AEL, akan proteksi terhadap lingkungan dengan membuat produk bahan peledak yang lebih ramah terhadap lingkungan dan mengurangi penggunaan bahan bakar karbon.
- Bentuk komitmen kedua perusahaan, KPC dan AEL, akan perbaikan yang berkelanjutan pada proses kerja dan produk.

## A.3. Pendekatan Pemecahan Masalah

Analisis yang digunakan sebagai pendekatan pemecahan masalah pada proyek ini adalah dengan metode penelitian kuantitatif. Penulis melakukan studi literatur, analisis terhadap proses, pengumpulan data pendukung, kualifikasi terhadap produk, dan observasi terhadap performa produk yang menentukan keberhasilan proyek.

## B. METODOLOGI PENELITIAN

Sebelum diproses menjadi material pembuat bahan peledak, kualifikasi *used oil* dilakukan berdasarkan literatur yang ada. Agar kontaminasi yang terjadi sangat minimal dan kualitas *used oil* terjaga, penanganan *used oil* dilakukan secara ketat dari sumber *used oil* hingga *used oil* siap untuk digunakan pada proses manufaktur bahan peledak. Analisis terhadap proses penanganan *used oil* ini dilakukan dan hasil analisisnya ditetapkan menjadi standar.

Selanjutnya, untuk memverifikasi performa bahan peledak yang menggunakan *used oil* memenuhi standar yang diterapkan KPC, dilakukan kualifikasi bahan peledak di laboratorium, dilanjutkan dengan pengukuran performa langsung bahan peledak saat proses peledakan, dan diakhiri dengan observasi terhadap hasil peledakan yang dilakukan.

### B.1. Teknologi *Used Oil*

*Used oil* saat ini termasuk salah satu masalah yang terus berkembang di dunia industri karena pengolahannya agar dapat memenuhi standar minimum ramah lingkungan cenderung berbiaya tinggi. *Used oil* mempunyai nilai kalori pada rentang 20-45 MJ/kg dan jika dikelola dengan cermat dapat digunakan ulang sebagai sumber energi. Beberapa perusahaan dan industri mengembangkan cara pengolahannya sendiri yang salah

satunya adalah digunakan pada bahan peledak. Menurut United States Environmental Protection Agency (USEPA), *used oil* adalah minyak yang disuling dari minyak mentah atau minyak sintetis yang telah digunakan sehingga minyak tersebut terkontaminasi baik secara fisik maupun oleh pengotor kimiawi selama proses penggunaan, (Hamad, A., Essam, A.Z., Aidan, A., Hadaki, T., El-Kareh, N. 2002).

USEPA telah meneliti *used oil* dengan intensif dan menentukan standar *used oil* (tabel 1) sehingga dapat dikategorikan sebagai '*used oil*' bukan sebagai 'limbah'. Jika *used oil* memenuhi standar ini, maka *used oil* tersebut dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Indonesia termasuk salah satu negara yang mengadopsi standar USEPA ke dalam pengelolaan *used oil* menjadi SNI 7642:2010 Tata Cara Pemanfaatan Oli Bekas untuk Campuran Amonium Nitrat dengan Fuel Oil pada Tambang Terbuka.

Tabel 1. Standar *used oil* menurut USEPA.

<i>Constituent</i>	<i>Allowable Level</i>
Arsenic	5 ppm max
Cadmium	2 ppm max
Chromium	10 ppm max
Lead	100 ppm max
Flash Point	100°F/70°C
Total Halogens	1000 ppm max

Di area KPC, sebelum tahun 2011, penggunaan *used oil* pada bahan peledak terbatas hanya pada campuran ANFO saja. Pada Januari 2011, AEL memperkenalkan produk bahan peledak seri S300 Eco yang mengakomodir penggunaan *used oil* menggantikan solar pada bahan peledak.

Penggunaan *used oil* pada bahan peledak di KPC dimulai dari DRN10 (*Diesel Replacement Number 10%*) yang artinya 10% penggunaan solar pada bahan peledak digantikan oleh *used oil* (90% solar dan 10% *used oil*). Konsistensi peningkatan DRN terus dilakukan di tahun-tahun berikutnya (gambar 3). Peningkatan signifikan ke DRN80 terjadi di September 2014 seiring dengan diperolehnya izin dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia untuk menggunakan *used oil* hingga 80% pada bahan peledak diikuti dengan izin baru peningkatan penggunaan 100% *used oil* di tahun 2017. Sejak September 2017 hingga sekarang, KPC dan AEL telah berhasil secara konsisten menggunakan 100% *used oil* pada bahan peledak.



Gambar 3. Kemajuan implementasi *used oil* di KPC sejak 2011.

## B.2. Penanganan *Used Oil*

Merupakan suatu tantangan untuk menangani *used oil* dengan cara yang ramah terhadap lingkungan dan juga hemat secara biaya. Di area KPC, untuk mendapatkan *used oil* yang memenuhi kualifikasi sebagai campuran bahan peledak, *used oil* akan ditangani secara khusus hingga memenuhi standar yang telah

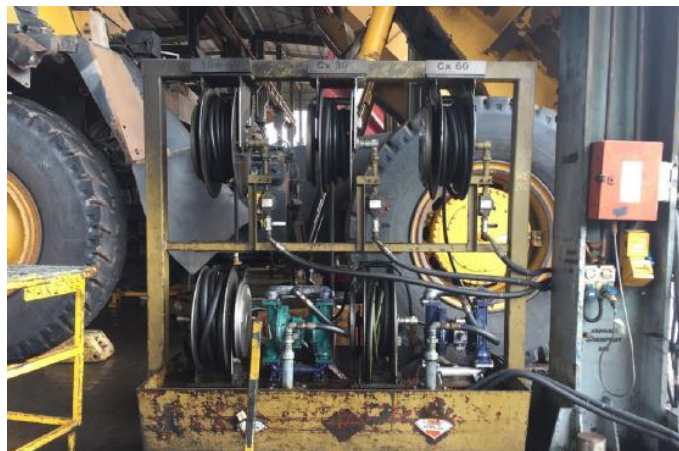


ditetapkan. Alur proses *used oil* dari sumbernya di fasilitas pemeliharaan peralatan tambang (*workshop*) hingga digunakan pada bahan peledak dapat dilihat pada gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Alur proses *used oil* dari sumber hingga pemakaian akhir pada bahan peledak.

Langkah pertama adalah pengumpulan *used oil* di *workshop*. Praktik terbaik adalah dengan menyalurkan langsung *used oil* dari peralatan tambang menggunakan sistem pemompaan khusus (gambar 5) yang kemudian ditampung di tangki khusus yang tertutup. Standar praktik ini untuk mencegah material luar mengontaminasi *used oil*.



Gambar 5. Sistem pemompaan untuk mengambil *used oil* dari peralatan tambang dan menyalurkannya ke tangki khusus.

Langkah selanjutnya, *used oil* akan diendapkan dalam waktu tertentu di dalam tangki khusus di *workshop* untuk memisahkan *used oil* dengan air secara ekstraksi. Air yang mempunyai densitas lebih tinggi akan berada di bagian bawah tangki sedangkan *used oil* akan berada di bagian atas. Untuk mengeluarkan air, bagian bawah tangki harus mempunyai katup (gambar 6).



Gambar 6. Sistem pengurasan air pada tangki *used oil* di *workshop*.

*Used oil* yang telah melewati proses pengendapan di *workshop* akan ditransfer ke fasilitas penyimpanan di *plant* pembuatan bahan peledak (gambar 7). Di *plant* ini, *used oil* kembali akan diendapkan sebelum dilakukan uji kualitas.



Gambar 7. Fasilitas penyimpanan *used oil* di *plant* AEL di Sangatta.

Uji kualitas dilakukan oleh pihak independen yang mempunyai kompetensi dalam melakukan pengujian bahan kimia. Salah satu contoh hasil pengujian yang dilakukan pada sampel *used oil* sebelum *used oil* diproses lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 8 di bawah.

**PRELIMINARY REPORT OF ANALYSIS**

Date of Received : 13-Jun-21  
 Date of Completed : 13-Jun-21  
 Client Name : Drill & Blast Department  
 Client Reference No : AEL Sangatta June 2022  
 Type of Sample : Used Oil Analysis  
 No ref Lab : OT-096-22  
 Number Of Samples : 2 Plastic Bottle @ 300 mL

ANALYTE	METHODE	UNIT	SPECIFICATION*	RESULT	
				FRONT	BOTTOM
Flash Point	ASTM D93-19	°C	70 (Min)	155	162
Specific Gravity @ 60/60 deg F	ASTM D1298-12b (17)	60/60 °F	0.84 - 0.90	0.8919	0.8961
Viscosity @ 40 °C	ASTM D445-19a	mm <sup>2</sup> /sec	30 - 120	80.717	94.704
Water Content	ASTM D6304-16	% wt	5 (Max)	1.55	1.85

This report reflects our finding of the sample(s) submitted by client only and does not refer to any other matter

Gambar 8. Contoh hasil pengtesan kualitas *used oil* yang memenuhi spesifikasi.

AEL telah memproduksi bahan peledak emulsi yang mengandung *used oil* di berbagai lokasi di dunia dan berpengalaman dalam menangani resiko ketidakstabilan kualitas *used oil*. Pengalaman ini membuat AEL kompeten dalam pengembangan teknologi khusus *emulsifier* yang akan menghasilkan bahan peledak berkualitas terbaik hingga pada penggunaannya di lokasi peledakan. *Used oil* yang telah melewati proses kualifikasi akan dicampur dengan *emulsifier* khusus yang selanjutnya akan diproses menjadi bahan peledak emulsi dengan nama seri S300 Eco (gambar 9).



Gambar 9. Bahan peledak seri S300 Eco.

Untuk memastikan kualitas bahan peledak S300 Eco memenuhi standar yang diterapkan KPC, dilakukan beberapa pengujian lanjutan yang diikuti dengan observasi terhadap hasil peledakan. Pengujian lanjutan yang dimaksud antara lain proses kualifikasi bahan peledak di laboratorium dan pengukuran Velocity of Detonation (VoD) bahan peledak. Sedangkan terkait observasi terhadap hasil peledakan meliputi pengukuran hasil fragmentasi aktual dan pengukuran waktu penggalian (*digging time*). Hasil dari pengujian dan pengamatan dijabarkan lebih rinci pada bagian selanjutnya.

**C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum digunakan di lokasi peledakan, bahan peledak yang mengandung *used oil* 100% (S300 Eco DRN100) akan melalui proses kualifikasi di laboratorium. Proses kualifikasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa S300 Eco DRN100 memenuhi minimum spesifikasi yang telah ditetapkan untuk



digunakan di tahap selanjutnya. Di laboratorium AEL yang berada di KPC, pengukuran yang akan dilakukan antara lain *fudge point* dan pH oxidizer, viskositas fuel blend, viskositas emulsi, stabilitas emulsi, dan ketahanan bahan peledak terhadap penetrasi air (gambar 10). Setiap anomali yang teridentifikasi pada saat kualifikasi di laboratorium akan dicermati dan dikoreksi sebelum penggunaan bahan peledak di lokasi peledakan dilakukan.



Gambar 10. Pengamatan viskositas emulsi, stabilitas emulsi, dan ketahanan S300 Eco DRN100 terhadap penetrasi air.

Hasil kualifikasi di laboratorium menunjukkan bahwa tidak terdapat anomali pada semua pengujian yang dilakukan. Hasil *fudge point* dan pH oxidizer, viskositas fuel blend, viskositas emulsi, stabilitas emulsi, dan ketahanan bahan peledak terhadap penetrasi air, menunjukkan bahwa S300 Eco DRN100 memenuhi kriteria untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu penggunaan di lokasi peledakan.

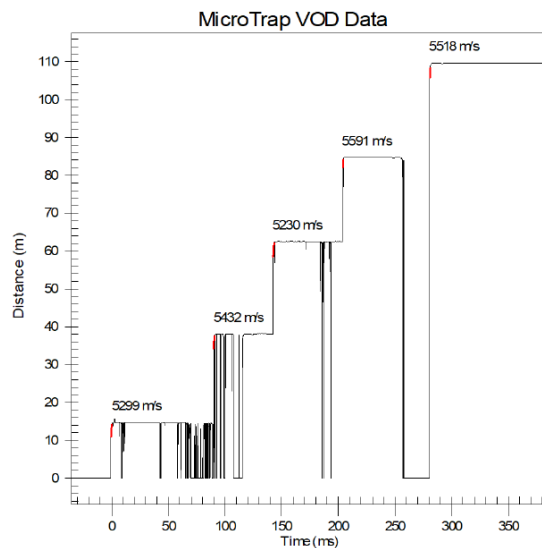
Tahap selanjutnya adalah penggunaan S300 Eco DRN100 di lokasi peledakan. Pada tahap ini, parameter yang dijadikan acuan keberhasilan adalah tercapainya Velocity of Detonation (VoD) sesuai dengan spesifikasi bahan peledak, fragmentasi hasil peledakan memenuhi standar minimum yang diterapkan, dan juga *digging time* yang mayoritas datanya berada di dalam rentang 11-12.5 detik.

Parameter pertama adalah VoD. Pengukuran VoD bahan peledak dilakukan rutin per kuartal secara kontraktual oleh AEL untuk memastikan bahwa bahan peledak S300 Eco DRN100 memiliki performa yang memenuhi ekspektasi. Contoh hasil pengukuran VoD yang dilakukan pada 5 lubang ledak (tabel 2) di salah satu peledakan di KPC menunjukkan angka VoD yang diperoleh berada di dalam rentang 5.200-5.600 m/s (gambar 11), melebihi standar minimum VoD S300 Eco DRN100 yaitu 4.500 m/s.

Tabel 2. Detail lubang ledak VoD S300 Eco DRN100.

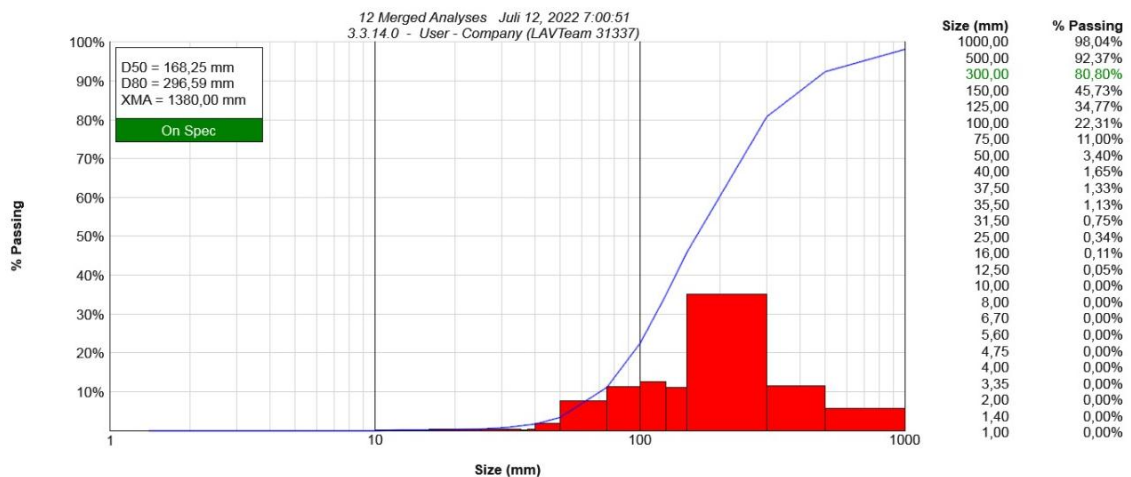
Nomor	ID Lubang Ledak	Kedalaman (m)	VoD (m/s)
1	D3	7,4	5.299
2	D4	7,3	5.432
3	D5	7,9	5.230
4	D6	6,5	5.591
5	D7	7,8	5.518

Hasil ini menunjukkan bahwa performa bahan peledak S300 Eco DRN100 memenuhi parameter pertama yaitu VoD.



Gambar 11. Grafik hasil pengukuran VoD S300 Eco DRN100.

Standar hasil fragmentasi peledakan minimum yang diterapkan oleh KPC yaitu P80 sebesar 30 cm yang artinya tingkat kelolosan fragmentasi peledakan pada ukuran saringan 30 cm adalah sebanyak 80%. Pengamatan yang dilakukan pada 4 peledakan yang menggunakan S300 Eco DRN100 menunjukkan bahwa hasil fragmentasi aktual untuk ukuran 30 cm adalah 80,8% (gambar 12), lebih tinggi dari standar minimum yang diterapkan oleh KPC. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil peledakan dari bahan peledak S300 Eco DRN100 memenuhi parameter kedua yaitu standar minimum ukuran fragmentasi.



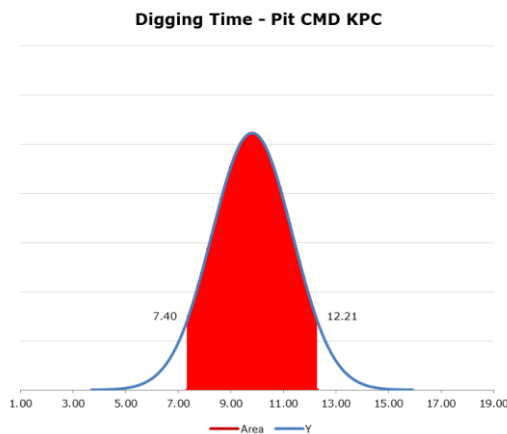
Gambar 12. Hasil fragmentasi aktual dari peledakan S300 Eco DRN100.

Parameter terakhir yang dijadikan acuan keberhasilan peledakan adalah *digging time*. Dari pengamatan yang dilakukan pada 4 peledakan, diperoleh 336 data *digging time* dengan rata-rata *digging time* sebesar 9,80 sekon (tabel 3).

Tabel 3. *Digging time* peledakan S300 Eco DRN100.

Nomor	ID Peledakan	Jumlah Data Digging Time	Rata-rata Digging Time (s)
1	ML4 296	96	9,86
2	ML4 298	95	9,10
3	ML4 302	78	9,95
4	ML4 304	72	9,94
Total		336	-
Rata-rata		-	9,80

Dengan menggunakan tingkat keyakinan 95%, diperoleh *digging time* berada di dalam rentang 7,40-12,21 sekon (gambar 13).



Gambar 13. Grafik *digging time* peledakan S300 Eco DRN100.

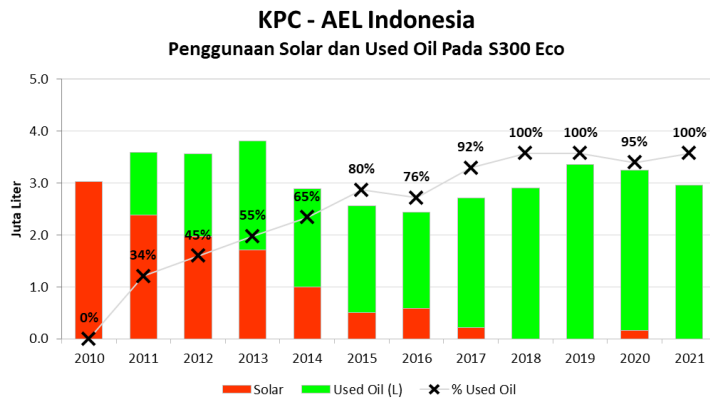
Data *digging time* ini juga menunjukkan bahwa hasil peledakan dari bahan peledak S300 Eco DRN100 memenuhi parameter ketiga yaitu *digging time* penggalian hasil peledakan.

Hasil peledakan S300 Eco DRN100 yang memenuhi seluruh parameter menjadi acuan keberhasilan proyek implementasi *used oil* ini. Oleh karena itu, implementasi *used oil* 100% yang sudah diterapkan sejak 2017 dinyatakan berhasil dan memiliki performa yang konsisten. Kembali ke 2011 dimana implementasi *used oil* pertama kali dilakukan dengan komposisi awal *used oil* yang digunakan untuk menggantikan solar adalah 10%, hingga 2021, KPC telah menggunakan 25,5 juta liter *used oil* yang berarti jumlah yang sama telah dihemat dari penggunaan solar (tabel 4) yang ekuivalen dengan rata-rata 2,3 juta liter solar dihemat pertahunnya.

Tabel 4. Penggunaan solar dan used oil pada S300 Eco di KPC.

Tahun	Solar (juta L)	Used Oil (juta L)	% Used Oil
2010	3,0	0,0	0%
2011	2,4	1,2	34%
2012	2,0	1,6	45%
2013	1,7	2,1	55%
2014	1,0	1,9	65%
2015	0,5	2,1	80%
2016	0,6	1,8	76%
2017	0,2	2,5	92%
2018	0,0	2,9	100%
2019	0,0	3,4	100%
2020	0,2	3,1	95%
2021	0,0	3,0	100%
Total		25,5	-

Sejak 2011, penggunaan *used oil* yang dimulai dari persentase menggantikan solar sebanyak 10%, KPC dan AEL telah berhasil meningkatkan persentase tersebut hingga mencapai 100% di 2017 (gambar 14). Pencapaian ini adalah bukti upaya tanpa henti kedua perusahaan dalam melakukan perbaikan berkelanjutan dan juga sebagai upaya proteksi terhadap lingkungan dengan cara pengurangan penggunaan bahan bakar karbon.



Gambar 14. Grafik penggunaan solar dibanding *used oil* pada S300 Eco periode 2010-2021.

#### D. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada beberapa peledakan yang menggunakan S300 Eco DRN100, dapat disimpulkan bahwa bahan peledak dengan kandungan *used oil* 100% ini menunjukkan performa yang memenuhi minimum persyaratan yang diterapkan oleh KPC. Selain itu, penggunaan S300 Eco DRN100 yang sejak 2017 tidak menimbulkan isu yang berkaitan dengan kualitas bahan peledak juga membuktikan bahwa performa bahan peledak ini konsisten. VoD yang diukur dari bahan peledak ini berada di dalam

rentang 5.200-5.600 m/s, tingkat kelolosan fragmentasi ukuran 30 cm adalah 80,8%, dan rata-rata *digging time* 9,80 sekon memenuhi seluruh parameter keberhasilan suatu peledakan yang diterapkan oleh KPC.

Sejak dicanangkannya implementasi penggunaan *used oil* pada bahan peledak pada Januari 2011 oleh AEL di KPC dimulai dengan persentase 10% menggantikan solar yang terus berlanjut hingga persentase *used oil* 100% di 2017 sampai akhir 2021, KPC telah menggunakan 25,5 juta liter *used oil* atau ekuivalen dengan 2,3 juta liter *used oil* pertahun. Pencapaian ini menunjukkan KPC telah menghemat penggunaan solar dalam bahan peledak dengan jumlah yang sama. Keberhasilan ini menunjukkan komitmen KPC dan AEL untuk terus melakukan perbaikan berkelanjutan terutama dalam hal proteksi terhadap lingkungan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Drill & Blast Department PT Kaltim Prima Coal yang telah mendukung penuh implementasi *used oil* pada bahan peledak S300 Eco di Sangatta dan Bengalon, kepada Environment Department PT Kaltim Prima Coal yang telah mengusahakan perizinan penggunaan *used oil* 100% ke Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, kepada PT AEL Indonesia atas ide *improvement* dan dukungannya, dan kepada PT Thiess Contractors Indonesia, PT Pamapersada Nusantara, dan PT Darma Henwa atas ketersediannya dalam menyediakan lokasi peledakan untuk percobaan dan implementasi proyek ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Konya, C.J., Konya, A. (2017): The Utilization of Used Oil and, *Rock Products Magazine 2017*, 1-4.
- Ruhe, T., Bajpayee, T. (1996): Low Temperature Limits for Mixing Recycled Oil, Diesel Fuel, and Ammonium Nitrate to Make ANFO-Type Blasting Agents, *Prosiding Twenty-Second Annual Conference on Explosive and Blasting Technique*, 232-243
- Hamad, A., Essam, A.Z., Aidan, A., Hadaki, T., El-Kareh, N. (2002): Used Oil Recycling and Treatment in the United Arab Emirates Economical and Environmental Assessment, *Prosiding 6<sup>th</sup> Saudi Engineering Conference*, Vol 2 451-460



