



Manajemen Pengendalian Material PAF/NAF sebagai Batuan Penutup *Disposal Final* untuk Rencana Rehabilitasi di Area Kerja PT. Pamapersada Nusantara Distrik KPCS

Tito Nur Adityo Nugroho^{1*}, Widayat^{1,2}, Didi Dwi Anggoro^{1,2}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

²Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: titonuradityonugroho@gmail.com

(Received: September 8, 2025; Accepted: October 20, 2025)

Abstract

PAF/NAF Material Control Management as Final Disposal Cover for Rehabilitation Plans in the PT. Pamapersada Nusantara Work Area, KPCS District. The coal mining business process often requires companies to clear green land or native forests to become excavation areas. The entire coal mining business process, from land clearing, overburden excavation, coal mining, overburden and coal transportation, will end with the rehabilitation/reclamation process. As a form of responsibility, companies are required to ensure that the rehabilitation/reclamation process runs in accordance with applicable regulations. One of the standard requirements of the reclamation process is that the final disposal overburden is a material with NAF (Non-Acid Forming) properties and avoids materials with PAF (Potential Acid Forming) properties. Management of PAF and NAF material control is absolutely necessary to maintain the quality of the rehabilitation/reclamation being carried out. This control starts from exploration, mine planning to the final operational execution of mining. Strict supervision and good planning control are expected to provide awareness to every worker to avoid the presence of PAF material in the final disposal area of the rehabilitation/reclamation plan. This study will discuss how planning control to operational execution supports the rehabilitation process at PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS.

Keywords: reclamation, rehabilitation, PAF, NAF, management, mining, coal

Abstrak

Bisnis proses dari tambang batu bara, seringkali mengharuskan perusahaan untuk membuka lahan hijau atau hutan-hutan asli untuk menjadi area penggalian. Dari keseluruhan bisnis proses pertambangan batu bara, mulai dari pembukaan lahan, penggalan batuan penutup, penambangan batubara, pengangkutan material penutup dan batu bara, akan diakhiri dengan proses rehabilitasi/reklamasi. Sebagai bentuk tanggung jawab, perusahaan wajib memastikan bahwa proses rehabilitasi/reklamasi berjalan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Salah satu yang menjadi syarat baku dari proses reklamasi adalah batuan penutup *disposal final* merupakan material dengan sifat NAF (*Non-Acid Forming*) dan menghindari material dengan sifat PAF (*Potential Acid Forming*). Manajemen pengendalian material PAF dan NAF ini mutlak dilakukan untuk menjaga kualitas dari rehabilitasi/reklamasi yang dilaksanakan. Pengendalian ini dimulai dari eksplorasi, perencanaan tambang hingga eksekusi akhir penambangan secara operasional. Pengawasan yang ketat dan kontrol perencanaan yang baik, diharapkan dapat memberikan kewaspadaan kepada setiap pekerja untuk menghindari adanya material PAF di area *disposal final* rencana rehabilitasi/reklamasi. Dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana kontrol perencanaan hingga eksekusi secara operasional untuk mendukung proses rehabilitasi di PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS.

Kata kunci: reklamasi, rehabilitasi, PAF, NAF, manajemen, pertambangan, batu bara

How to Cite This Article: Nugroho, T. N. A., Widayat, W., & Anggoro, D. D. (2025). Manajemen Pengendalian Material PAF/NAF sebagai Batuan Penutup Disposal Final untuk Rencana Rehabilitasi di Area Kerja PT. Pamapersada Nusantara Distrik KPCS. *JPII*, 3(5), 324-330. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2026.26861>

PENDAHULUAN

PT. Pamapersada Nusantara merupakan kontraktor pertambangan batu bara terbesar di Indonesia. Salah satu proyek yang dilaksanakan PT. Pamapersada Nusantara berada dalam lingkup kerja IUPK PT. Kaltim Prima Coal, yang dikerjakan oleh PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS. Metode penambangan di PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS menggunakan metode penambangan terbuka atau *open pit mining*.

Bisnis proses penambangan batu bara dimulai dari eksplorasi, pembersihan lahan melalui *land clearing* dan pengangkutan material tanah pucuk atau *topsoil*, pengeboran dan peledakan tanah penutup, pemindahan tanah penutup, pengurukan tanah penutup, penambangan batu bara, pengangkutan batu bara dan juga diakhiri dengan proses rehabilitasi atau reklamasi.



Gambar 1. Bisnis proses kegiatan penambangan batu bara (Sekretariat EITI Indonesia, 2016)

Merujuk kepada Kepmen ESDM No. 1827 Tahun 2018, setiap perusahaan yang melakukan kegiatan penambangan batu bara diwajibkan untuk melaksanakan reklamasi kembali area bukaan yang sudah selesai dilakukan penambangan. Area timbunan material tanah penutup merupakan salah satu area yang wajib dilakukan reklamasi.

Proses penambangan batu bara umumnya dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode *open pit* dan *underground*. Kedua metode ini dapat menghasilkan air limbah yang bersifat asam, yang dikenal sebagai air asam tambang (*acid mine drainage*) (Abfertiawan, 2016; Anshariah, 2015; Romario Panjaitan et al., 2023). Air asam tambang terbentuk akibat adanya reaksi oksidasi antara mineral sulfida yang terkandung dalam batu bara dengan oksigen bebas di udara dalam lingkungan yang berair (Said, 2014). Air asam tambang yang dapat muncul

dalam proses penambangan dapat berbentuk air lindian (*leachate*), rembesan (*seepage*), atau aliran (*drainage*) (Devy et al., 2016).

Air asam tambang (AAT) merupakan salah satu dampak negatif yang signifikan dari kegiatan pertambangan batu bara yang harus dikelola dengan bijak dan terencana, karena memengaruhi kualitas air permukaan dan air tanah. Setelah terbentuk, air asam tambang sulit dihentikan (kecuali jika kontak dengan komponen pembentuknya terputus atau komponen tersebut telah habis) (Abdi et al., 2022). Dampak air asam tambang dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama, bahkan bisa melebihi masa operasional tambang. Jika masalah air asam tambang tetap terjadi setelah kegiatan tambang berakhir, pihak perusahaan tambang tentu memiliki tanggung jawab hingga masalah tersebut terselesaikan. Hal ini tentunya membutuhkan waktu yang panjang serta biaya yang besar untuk pengelolannya, selain itu juga berpotensi menimbulkan masalah nonteknis lainnya (Gautama, 2012)

Secara umum, material tanah penutup (*overburden*) yang dihasilkan dari aktivitas penambangan seringkali dibedakan menjadi 2 kategori utama, yaitu material *Potential Acid Forming* (PAF) dan *Non-Acid Forming* (NAF). PAF adalah material yang berpotensi menghasilkan asam saat teroksidasi, sebaliknya NAF tidak memiliki potensi tersebut.

Manajemen pengendalian terhadap 2 kategori material tersebut merupakan hal penting yang harus dilakukan dalam upaya aktivitas reklamasi lahan pasca tambang (Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 8 Tahun 2013, 2013). PAF dapat menyebabkan dampak negatif yang signifikan, seperti pencemaran air dan tanah, serta kerusakan ekosistem. Oleh karena itu, strategi manajemen yang efektif diperlukan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh material ini, termasuk pemisahan, penanganan dan rehabilitasi area terdampak. Di sisi lain, pengelolaan material NAF juga memegang peranan penting dalam mendukung proses reklamasi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Untuk mengontrol keberadaan air asam tambang, perlu adanya upaya untuk mengidentifikasi mengenai keberadaan material batuan yang berpotensi membentuk asam (*Potential Acid Forming*) dan yang tidak berpotensi membentuk asam (*Non-Acid Forming*). Material PAF (*Potential Acid Forming*) adalah jenis material tambang yang mengandung sulfida, yang dapat menghasilkan asam saat teroksidasi. Proses ini terjadi ketika mineral sulfida, seperti pirite, bereaksi terhadap air dan oksigen,

membentuk asam sulfat dan ion logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Sebaliknya, material NAF (*Non-Acid Forming*) adalah material yang tidak memiliki potensi untuk menghasilkan asam, sehingga dianggap lebih stabil dan kurang berisiko bagi lingkungan. Tujuan dari manajemen pemisahan material PAF dan NAF adalah untuk menghindari pembentukan air asam tambang sebagai parameter pendukung kegiatan reklamasi/rehabilitasi.

METODE PENELITIAN

PT. Kaltim Prima Coal menggunakan tes NAG (*Net Acid Generation*) untuk mengklasifikasikan batuan penutup yang berasal dari lubang eksplorasi, lubang peledakan, tempat penimbunan dan lokasi-lokasi lain. PT. Kaltim Prima Coal mengklasifikasikan hasil dari tes NAG.

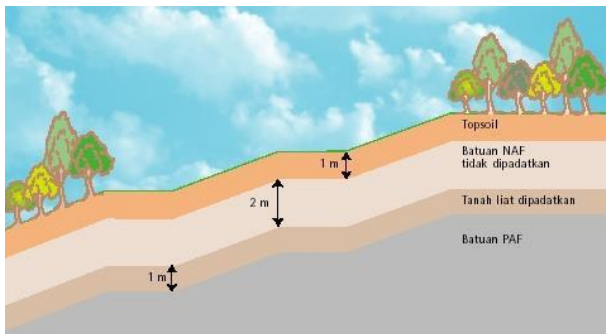
Tabel 1. Klasifikasi batuan penutup (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

No	Hasil Analisa		Nilai (kg H ₂ SO ₄ /ton)	Klasifikasi
	Type	Sub-type		
1	1	-		Non Acid Forming (NAF)
2	2	< 2		
3	3	a	2 – 6	Potentially Acid Forming (PAF)
4		b	6 – 10	
5		a	10 – 20	Potentially Acid Forming (PAF)
6	4	b	20 – 60	
7		c	>60	

Secara pengendalian di area timbunan, PT. Kaltim Prima Coal menetapkan 4 konfigurasi penutup/penudung yang akan mengurangi air asam tambang di timbunan batuan.

Penutup Tanah Liat Satu Meter Dipadatkan (DC01)

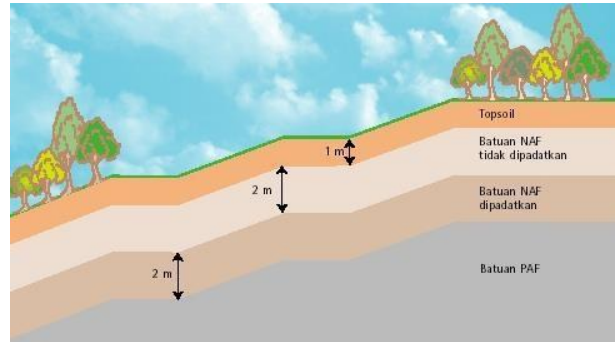
Lapisan tanah liat yang dipadatkan setebal satu meter ditutupi oleh lapisan batuan penutup NAF setebal dua meter yang tidak dipadatkan.



Gambar 2. Desain penutup timbunan tipe DC01 (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

Penutup Batuan NAF Dua Meter Dipadatkan (DC02)

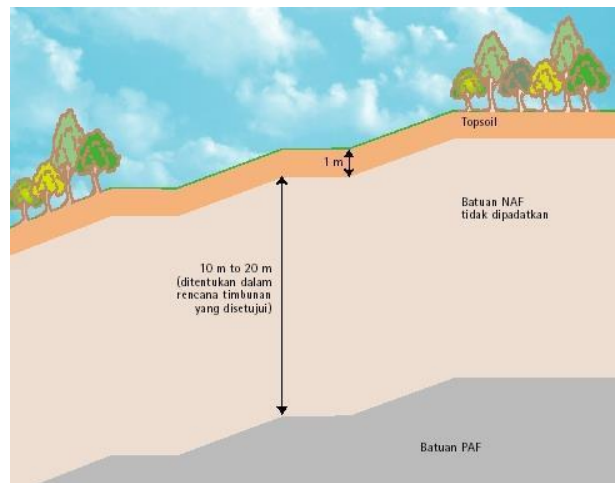
Lapisan batuan penutup NAF yang dipadatkan setebal dua meter ditutupi oleh lapisan batuan penutup NAF setebal dua meter yang tidak dipadatkan.



Gambar 3. Desain penutup timbunan tipe DC02 (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

Penutup Batuan NAF Tidak Dipadatkan (DC03)

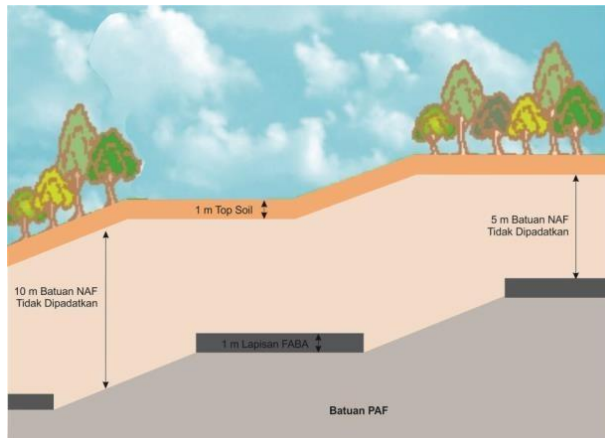
Lapisan batuan penutup NAF setebal 10 meter yang tidak dipadatkan. Ketebalan yang diperlukan akan ditentukan berdasarkan rencana timbunan batuan yang disetujui.



Gambar 4. Desain penutup timbunan tipe DC03 (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

Penutup Kombinasi Lapisan Fly Ash Bottom Ash Dan Batuan NAF Tidak Dipadatkan (DC04)

Lapisan FABAs setebal 1 meter kemudian ditutup dengan lapisan batuan penutup NAF setebal 5 meter yang tidak dipadatkan. Konfigurasi ini diterapkan khusus pada sisi *bench*, bukan pada sisi miring timbunan.



Gambar 5. Desain penutup timbunan tipe DC01 (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

Setelah dilakukan penutupan material timbunan, akan dilakukan uji tes NAG untuk membuktikan bahwa lapisan teratas dari timbunan material penutup adalah material NAF sebagai syarat area tersebut dapat dilakukan penghamparan tanah pucuk (*topsoil*). Jika area yang sudah dilakukan tes NAG memberikan hasil bahwa area tersebut merupakan material NAG, area tersebut dapat dilakukan penghamparan tanah pucuk. Area yang sudah dilakukan penghamparan tanah pucuk selanjutnya dapat dilakukan reklamasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

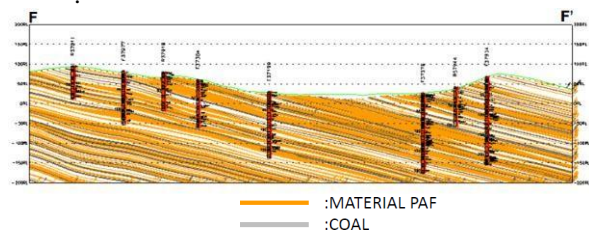
PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS sebagai kontraktor pertambangan dari PT. Kaltim Prima Coal berkewajiban untuk melaksanakan proses pertambangan sesuai Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik sesuai tercantum pada Kepmen ESDM No 1827 Tahun 2018. Selain itu, untuk mendukung program reklamasi dari PT. Kaltim Prima Coal, seluruh aktivitas penimbunan batuan penutup wajib mengikuti ketentuan yang sudah diberikan dalam Spesifikasi Reklamasi V3.0 PT. Kaltim Prima Coal. PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS berkewajiban untuk melaksanakan operasional penambangan dengan melakukan langkah-langkah teknis yang kemudian menjadi satu pedoman pekerjaan dalam menjalankan proses penambangan.

PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS telah membuat standarisasi Manajemen Pemisahan *Dumping* Material PAF dan NAF dalam rangka mengurangi terbentuknya air asam tambang yang dapat menghambat proses reklamasi. Manajemen pemisahan material PAF dan NAF dilakukan mulai dari tahap perencanaan, eksekusi dan evaluasi hasil akhir.

Fase Perencanaan

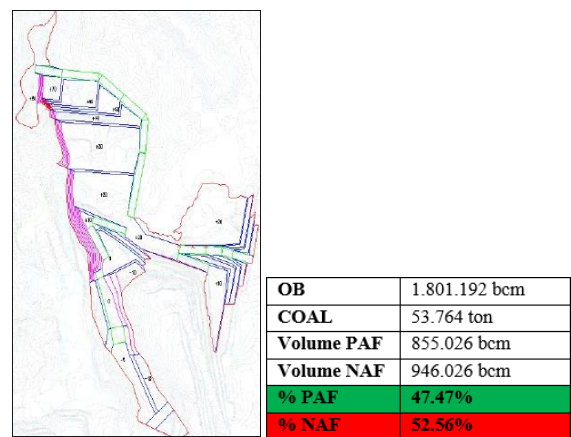
Dalam merencanakan pemindahan material dari pit ke area disposal, perlu adanya identifikasi awal dalam menentukan material tersebut PAF atau NAF. Identifikasi awal dapat dilakukan dengan cara melakukan

reserve dengan menggunakan Model AMD (*Acid Mine Drainage*) menggunakan perangkat lunak *Minex* yang diberikan oleh PT Kaltim Prima Coal. Dari model tersebut, dapat diperkirakan potensi keasaman batuan di suatu pit. Hal tersebut dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode *cross section* dan juga identifikasi volume material dengan jenis PAF dan NAF. Data tersebut menjadi acuan awal dalam fase perencanaan berkaitan dengan *mass balance* dalam pembentukan timbunan batuan penutup (*disposal*) dengan pembuatan desain disposal PAF dan disposal NAF. Sesuai dengan konfigurasi timbunan batuan penutup yang diberikan oleh PT. Kaltim Prima Coal, batuan dengan kategori PAF harus ditutup dengan batuan kategori NAF sehingga pemisahan material mutlak dilakukan.



Gambar 6. Hasil *cross section* model AMD

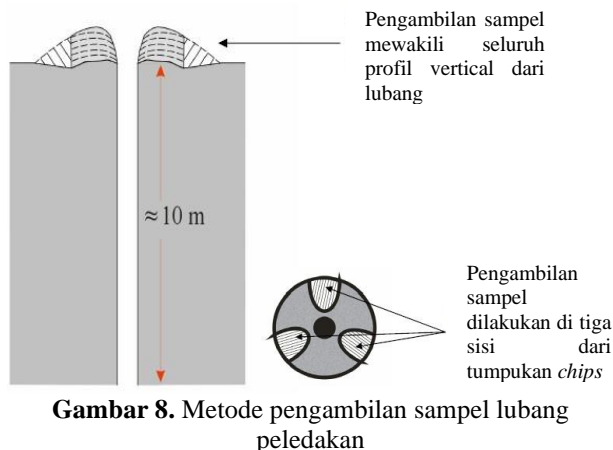
Dalam perencanaan penambangan bulanan maupun mingguan, didapatkan jumlah volume material PAF dan NAF sebagai identifikasi awal perencanaan *disposal*. Volume material *overburden* (OB) yang di-*reserve*, merupakan jumlah material PAF dan NAF yang ada di area tersebut. Persentase material PAF dapat ditunjukkan dengan perbandingan volume material PAF dengan volume OB di area tersebut. Persentase material NAF dapat ditunjukkan dengan perbandingan volume material NAF dengan volume OB di area tersebut.



Gambar 7. Hasil reserve volume dari perencanaan mingguan

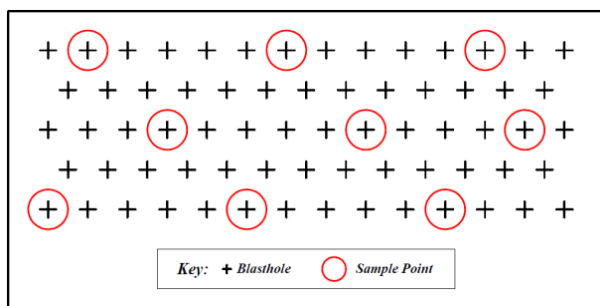
Hasil dari data awal tersebut dapat di-*cross check* dengan data aktual di lapangan untuk menentukan material tersebut benar-benar material PAF atau NAF.

Metode tes NAG digunakan untuk mengidentifikasi material tersebut. Sampel material yang digunakan untuk tes NAG merupakan material dari lubang bor sebelum dilakukan peledakan. Hasil dari tes NAG ini sangat penting untuk selanjutnya dilakukan perencanaan bahwa material tersebut dapat ditimbun di area timbunan penutup PAF atau NAF. Tes NAG di lubang bor peledakan dilakukan dengan metode 3 sisi agar material yang akan dilakukan pengetesan benar-benar mewakili lubang bor tersebut.



Gambar 8. Metode pengambilan sampel lubang peledakan

Dalam satu area peledakan, dilakukan beberapa *sampling* lubang peledakan untuk membuat model material PAF dan NAF di satu area peledakan. Tidak semua lubang peledakan dilakukan *sampling* untuk tes NAG. *Sampling* lubang peledakan yang dilakukan menggunakan pola *sampling* seperti yang tertera pada Gambar 9. Pola tersebut memiliki kerapatan data 120 meter.



Gambar 9. Pola pengambilan sampel lubang peledakan

Data hasil *sampling* lubang peledakan tersebut yang akan menjadi pangkalan data material PAF dan NAF sebagai acuan perencanaan harian. Area peledakan dengan hasil material PAF akan direncanakan ditimbun di area penimbunan PAF dan area peledakan dengan hasil material NAF akan direncanakan ditimbun di area penimbunan NAF yang akan direncanakan secara harian.

Tabel 2. Database area peledakan dengan hasil tes NAG

No	Tanggal	ID Blast	Area	Volume (bcm)	Keterangan	Jenis material
1	16 May 23	K05-043A	Kutilang	34.440	Full Layer	63% NAF
2	17 May 23	K05-045A	Kutilang	16.625	Sisa 1 Layer	100% PAF
3	18 May 23	K05-047A	Kutilang	14.368	Sisa 1 Layer	100% NAF

Fase Eksekusi

Perencanaan operasional harian dilakukan oleh tim *Mine Plan* yang selanjutnya akan diterjemahkan dalam *work order* yang harus dilaksanakan oleh tim Operasional. Tim *Mine Plan* wajib memberikan informasi mengenai material yang akan diangkut dan tujuan akhir penimbunan material. Tujuan akhir timbunan material bedakan menjadi 2, yaitu disposal PAF dan disposal NAF. Kedua disposal tersebut diberikan tanda khusus atau rambu agar kedua material tidak tercampur.



Gambar 10. Rambu penanda pemisahan material PAF dan NAF

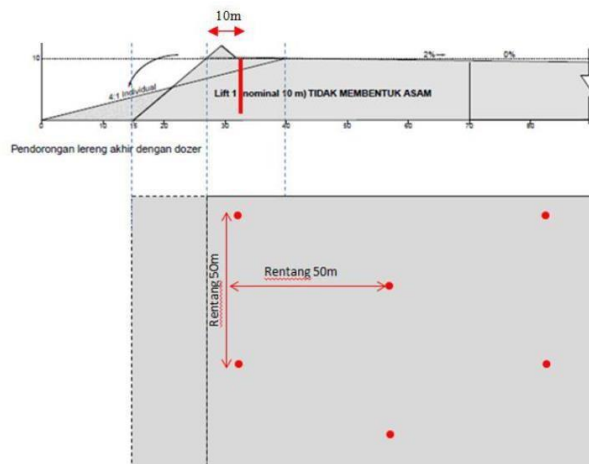
Secara perencanaan, tim *Mine Plan* akan memberikan *work order* secara detail untuk setiap *serial number loader* yang melakukan pengupasan material penutup. Hal tersebut meliputi nomor *loader* dan disposal yang dituju baik disposal NAF atau PAF sesuai dengan pangkalan data yang sudah diperoleh dari tes NAG lubang peledakan sebelumnya.



Gambar 11. Daily work order pemisahan material PAF dan NAF

Fase Evaluasi

Disposal yang sudah sesuai dengan desain final selanjutnya dapat dilakukan reklamasi. Sebagai pengujian bahwa material permukaan disposal final tersebut adalah material NAF, akan dilakukan tes NAG di disposal. Tes NAG di disposal dilakukan dengan menggunakan *sampling* tes bor. Disposal yang sudah final akan dilakukan pengeboran sedalam 8 meter sebagai validasi agar bisa dilakukan penghamparan *topsoil* yang selanjutnya akan dilakukan reklamasi. Metode pengeboran di disposal menggunakan pola seperti yang tergambar di Gambar 12.



Gambar 12. Pola pengeboran dan pengambilan sample lubang bor di disposal (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

Tabel 3. Tabel evaluasi pengeboran disposal (PT. Kaltim Prima Coal, 2019)

No	Tahapan	Ketentuan
1	Pengeboran dan pengambilan sampel batuan	<ul style="list-style-type: none"> Jarak antar titik bor 50 m × 50 m pola segitiga; Jarak terhadap <i>crest</i> 10 m; Sampel batuan adalah komposit hasil bor dengan berat 2 kg setiap sampel; Pengeboran sedalam 8 m; Khusus area yang dirancang untuk DC04, pengeboran sedalam 4 m.
2	Analisis NAG	<ul style="list-style-type: none"> Pengujian laboratorium dilakukan maksimal H+1 setelah pengiriman; Hasil pengujian adalah klasifikasi tipe PAF/NAF, disampaikan kepada Departemen Pit oleh Departemen Lingkungan maksimum H+2.
3	Pengeboran dan	Jika didapatkan hasil PAF,

	Pengujian Ulang	maka dilakukan pengeboran ulang pada radius jarak maksimum 25 m dari titik uji sebelumnya.
4	Remediasi/perbaikan konstruksi timbunan (setelah hasil pengujian ulang tetap membuktikan PAF)	<ul style="list-style-type: none"> Jika hasil dominan PAF, lakukan penerapan tipe penutup DC01 atau DC02. Jika PAF hanya pada beberapa titik dan tidak menerus, perbaikan dilakukan dengan dua opsi: <ul style="list-style-type: none"> Jika titik PAF berada pada sisi tepi <i>crest</i>, lakukan pengupasan lapisan permukaan batuan PAF sampai kedalaman 5 m, kemudian diganti dengan batuan NAF. Hasil kupasan batuan PAF didorong ke jenjang di bawahnya dengan arah menyerong kanan kiri, kemudian ditutup dengan batuan NAF setebal 5 m. Jika titik PAF berada pada sisi tengah, lakukan pelapisan tambahan NAF 5m tanpa pemadatan atau 2 m NAF dipadatkan.

Disposal final yang sudah teruji dari Tes NAG hasilnya adalah NAF, selanjutnya akan diserahterimakan kepada PT. Kaltim Prima Coal (*CSA Final Dump*) yang selanjutnya akan dilakukan penghamparan *topsoil* oleh tim operasional. Berdasarkan implementasi manajemen pemisahan material PAF dan NAF, dilakukan evaluasi keberhasilan implementasi. Keberhasilan ini ditentukan berdasarkan *plan* luasan area rencana reklamasi dengan aktual area disposal final yang telah dilakukan *CSA Final Dump*.



Gambar 13. Area yang telah dilakukan CSA Final Dump

Tabel 4. Evaluasi hasil rencana area reklamasi PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS Pit Kanguru Tahun 2023

Lokasi	Plan (Ha)	Aktual (Ha)	Achievement
Kwest	16,16	36,4	225%
Anggrek	20	23,11	115%
Total	36,16	59,51	164%

Berdasarkan implementasi dari fase *planning* hingga eksekusi, didapatkan bahwa operasional di lapangan telah berhasil mengikuti standard yang telah ditentukan, dan juga telah memenuhi aspek teknis yang diberikan oleh PT. Kaltim Prima Coal. Area yang telah selesai dilakukan CSA *Final Dump*, akan dilanjutkan untuk dihampar tanah pucuk untuk selanjutnya dilakukan reklamasi.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa standarisasi yang telah dilakukan PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS dalam rangka manajemen pemisahan material timbunan PAF dan NAF telah berhasil dilakukan. Secara target tahunan di Pit Kanguru, dari target 36,16 Ha, telah dilakukan CSA *Final Dump* seluas 59,15 Ha. Hasil dari implementasi tersebut mencapai 164% dari target yang diberikan. Dengan tercapainya target rencana reklamasi, PT. Pamapersada Nusantara Site KPCS telah turut mendukung implementasi *Good Mining Practice* sesuai Kepmen ESDM No 1827 tahun 2018.

DAFTAR PUSTAKA

Abdi, M., Mahyudin, I., Yusran, F., & Hidayat, A. (2022). Efektivitas Metode Covering Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang Di PT. Binuang Mitra Bersama Blok Dua, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. *EnviroScientiae*, 18, 1. <https://doi.org/10.20527/es.v18i1.12973>

Abfertiawan, M. (2016). *Model Transport Air Asam Tambang Melalui Pendekatan Daerah Aliran Sungai Pada Tambang Terbuka Batubara*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2825.4961>

Anshariah, A. (2015). Studi Pengelolaan Air Asam Tambang pada PT. Rimau Energy Mining Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Geomine*, 1(1). <https://doi.org/10.33536/jg.v1i1.9>

Devy, S. D., Hendrayana, H., Putra, D. P. E., & Sugiharto, E. (2016). Pemodelan Penyebaran Batuan Potensial Pembentuk Asam Pada Kawasan Penambangan Batubara Tambang Terbuka Di Muara Lawa, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur (Modeling Distribution of Rock Potential Acid Forming in Open Pit Coal Mining Areas). *Journal of People and Environment*, 23(1), 29–33. <https://doi.org/10.22146/jml.18770>

Gautama, R. S. (2012). Pengelolaan air asam tambang. *Bimbingan Teknis Reklamasi dan Pascatambang Pada Kegiatan Pertambangan Mineral dan Batubara, Ditjen Mineral dan Batubara, KESDM, Yogyakarta*.

Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. (2018). *Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. Indonesia.

Panjaitan, D. R., Saismana, U., & Dwiatmoko, M. U. (2024). Analisis material PAF dan NAF dengan metode NAG pada disposal M1E di PT Jorong Barutama Greston. *Jurnal Himasapta*, 8(3), 165–170.

Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Timur. (2013). *Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 8 Tahun 2013 Penyelenggaraan Reklamasi dan Pascatambang*. Indonesia.

PT. Kaltim Prima Coal. (2019). *Spesifikasi Reklamasi Versi 3.0*.

Said, N. I. (2014). Teknologi Pengolahan Air Asam Tambang Batubara “Alternatif Pemilihan Teknologi.” *Jurnal Air Indonesia*, 7(2). <https://doi.org/10.29122/jai.v7i2.2411>

Sekretariat EITI Indoensia. (2016, March 22). *Alur Proses Bisnis Penambangan Batubara*. <https://www.portaldataekstraktif.id/publikasi/proses-bisnis-penambangan-batubara>