

SKRIPSI

**KAJIAN TEKNIS PENGURANGAN TINGKAT
GETARAN TANAH YANG DIHASILKAN PADA
OPERASI PELEDAKAN *OVERBURDEN* TAMBANG
BATUBARA PIT 2 BANKO BARAT
PT. BUKIT ASAM Tbk, TANJUNG ENIM**



OLEH

**M. FADHIL NUHA MAJID
03021281320026**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Kajian Teknis Pengurangan Tingkat Getaran Tanah Yang Dihasilkan Pada Operasi Peledakan *Overburden* Tambang Batubara Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

M. FADHIL NUHA MAJID

03021281320026

Disetujui untuk Jurusan Teknik
Pertambangan oleh:

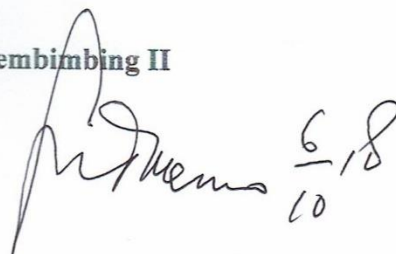
Pembimbing I



Ir. A. Rahman, MS.
NIP. 195703271986021001



Pembimbing II



Ir. H. Djuki Sudarmono, DESS.
NIP. 195305241985031001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. FADHIL NUHA MAJID
NIM : 03021281320026
Judul : KAJIAN TEKNIS PENGURANGAN TINGKAT GETARAN
TANAH YANG DIHASILKAN PADA OPERASI
PELEDAKAN OVERBURDEN TAMBANG BATUBARA PIT
2 BANKO BARAT PT BUKIM ASAM TBK, TANJUNG
ENIM

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai Penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, September 2018



M. FADHIL NUHA MAJID
NIM 03021281320026

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. FADHIL NUHA MAJID
NIM : 03021281320026
Judul : KAJIAN TEKNIS PENGURANGAN TINGKAT GETARAN
TANAH YANG DIHASILKAN PADA OPERASI
PELEDAKAN OVERBURDEN TAMBANG BATUBARA PIT
2 BANKO BARAT PT BUKIT ASAM TBK, TANJUNG ENIM

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, September 2018



M. FADHIL NUHA MAJID
NIM 03021281320026

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkah dan rahmat-Nya sehingga laporan Skripsi yang berjudul “Kajian Teknis Pengurangan Tingkat Getaran Tanah yang Dihasilkan pada Operasi Peledakan *Overburden* Tambang Batubara Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim” yang dilaksanakan pada tanggal 29 Maret 2017 sampai dengan 25 Mei 2017 dapat diselesaikan.

Terima kasih disampaikan kepada bapak Ir. A Rahman, MS selaku dosen pembimbing satu dan bapak Ir. H. Djuki Sudarmono, DESS selaku dosen pembimbing dua. Terima kasih juga diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu hingga selesainya laporan ini, yaitu:

1. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Hj. Rr. Harminuke Eko Handayani, ST., MT dan Bochori, ST., MT., IPM selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya.
3. Hj. Wenny Herlina, ST. MT., selaku Pembimbing Akademik Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak, ibu dosen, dan seluruh staf Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan pengetahuan dan motivasi selama proses pengajaran baik di dalam maupun di luar kelas
5. Bapak Suryadi, selaku Manager Penunjang Tambang, Andryusalfikri, ST., selaku pembimbing lapangan dan seluruh karyawan PT. Bukit Asam Tbk.
6. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Disadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari kesalahan. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk kemajuan bersama.

Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan menunjang perkembangan ilmu pengetahuan.

Palembang, September 2018

Penulis

RINGKASAN

KAJIAN TEKNIS PENGURANGAN TINGKAT GETARAN TANAH YANG DIHASILKAN PADA OPERASI PELEDAKAN OVERBURDEN TAMBANG BATUBARA PIT 2 BANKO BARAT PT BUKIT ASAM TBK, TANJUNG ENIM
Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Juni 2018

M. Fadhil Nuha Majid; dibimbing oleh Ir. A. Rahman, MS dan Ir. H. Djuki Sudarmono, DESS.

Technical Study of Blasting Vibration Reduction on Overburden Removal Operation at PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim

xiii + 42 halaman, 8 gambar, 7 tabel, 5 lampiran

RINGKASAN

Salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan di PT. Bukit Asam ialah pembongkaran *overburden*. Metode yang digunakan untuk membongkar *overburden* ini adalah pemboran dan peledakan. Lapisan tanah penutup pit 2 Banko Barat umumnya terdiri dari *sandstone*. Walaupun material ini relatif lunak, kegiatan peledakan dilakukan guna mempermudah pekerjaan alat-alat mekanis dalam melakukan pengupasan dan pengangkutan serta untuk perawatan alat-alat mekanis tersebut. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada kegiatan peledakan ialah *ground vibration* atau getaran tanah hasil kegiatan peledakan. Getaran tanah yang dihasilkan dari operasi peledakan ini dapat menimbulkan permasalahan pada wilayah sekitar *site* pertambangan khususnya jika ada struktur bangunan.

Salah satu *site* penambangan yang bisa terkena dampak dari getaran tanah ialah Banko Barat dimana lokasinya yang berjarak 1100-1300 m dengan pemukiman warga, walaupun terbilang cukup jauh dari lokasi peledakan sebagian kegiatan peledakan yang telah dilakukan beberapa diantaranya menghasilkan tingkat getaran tanah yang terbilang cukup tinggi, hal inilah yang menimbulkan kekhawatiran dari pihak warga sekitar.

Metode dan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari penentuan rumusan masalah, studi pustaka, observasi lapangan, pengambilan data, analisis data, pengolahan data, serta penarikan kesimpulan. Analisis data yang dilakukan berupa teori persamaan regresi geometrik, hubungan antara *scaled distance* dan *peak particle velocity* untuk mengestimasi nilai tingkat getaran tanah yang akan dihasilkan.

Pengukuran tingkat getaran tanah dilakukan pada tanggal 24 Desember 2017 – 29 April 2017 dan didapatkan 17 data tingkat getaran tanah. Terdapat 3 data yang melewati batas baku tingkat getaran tanah sebesar 3,429 mm/s, 4,191 mm/s, dan 5,461 mm/s dimana nilai yang diperbolehkan sebesar 3 mm/s. Tetapi untuk getaran tanah 4,191 mm/s dan 5,461 mm/s memiliki jarak sebesar 555 m dan 640 m dimana

jarak tersebut belum memasuki jarak pemukiman oleh karena itu ada kemungkinan getaran tanah tersebut akan bernilai lebih kecil untuk jarak sejauh 1100-1300 m. Perlunya dilakukan estimasi tingkat getaran tanah untuk mengetahui apakah pada jarak 1100 – 1300 m seluruh kegiatan peledakan sebelumnya menghasilkan getaran tanah yang melewati batasan. Setelah dilakukan analisis persamaan regresi geometrik didapatkan bentuk persamaan $Y = 2706 X^{-1,552}$ yang dapat diubah menjadi persamaan *peak particle velocity* yaitu $PPV = 2706 SD^{-1,522}$. Setelah dilakukan estimasi tingkat getaran tanah pada kegiatan peledakan sebelumnya, didapatkan bahwa tidak ada kegiatan peledakan yang menghasilkan getaran tanah melewati batas baku tingkat getaran dimana untuk isian per *delay*/lubang terbesar yaitu 100 kg hanya menghasilkan getaran tanah sebesar 1,837 mm/s. Batas jarak aman untuk nilai isian per *delay*/lubang terbesar yaitu 100 kg yang dibutuhkan jarak minimal sebesar 830 m agar getaran tanah yang akan dihasilkan berada dibawah batas yang ditentukan. Dan untuk nilai isian per *delay*/lubang terkecil yaitu 55 kg dibutuhkan jarak minimal sebesar 610 m.

Kata Kunci : Getaran tanah, *Peak Particle Velocity*, *Scaled distance*, Nilai isian, Jarak, *Delay*
Kepustakaan : 12 (1963-2013)

SUMMARY

TECHNICAL STUDY OF BLASTING VIBRATION REDUCTION ON OVERBURDEN REMOVAL OPERATION AT PT. BUKIT ASAM TBK, TANJUNG ENIM

Scientific Paper in the form of Skripsi, June, 2018

M. Fadhil Nuha Majid; Supervised by Ir. A. Rahman, MS And Ir. H. Djuki Sudarmono, DESS.

Kajian Teknis Pengurangan Tingkat Getaran Tanah Yang Dihasilkan pada Operasi Peledakan *Overburden* Tambang Batubara Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim

xiii + 42 pages, 8 pictures, 7 tables, 5 attachments

One of the mining activities in PT. Bukit Asam Tbk is overburdens removal. The methods to remove the overburdens are drilling and blasting. Overburdens at Pit 2 Banko Barat generally consist of sandstones, although this type of stone are relatively soft, blasting operation is still needed for equipment maintenance purpose. One of the issues that occur from blasting is ground vibration. Ground vibration that produced by blasting operation can cause some problems for structures around blasting area and its slope stability.

One of blasting site that affected from this issue is Banko Barat which is located within 1100-1300 m from residential areas, although this site is quite far enough but some of blasting operation generate ground vibration that quite high. And this issue this what makes some citizens worry.

The methods and steps in this research is consist of determine the problems, literature's references, field's observation, collecting data, data analysis, data processing, then the conclusions. The data analysis was done by using the theory of geometric regression equation, the relationship between the scaled distance and peak particle velocity to estimate the level of ground vibrations to be generated.

Ground vibration level measurements carried out on 24 December 2017-29 April 2017 and obtained 17 data of ground vibration level. There are 3 data that over standard limit ground vibration levels which are 3,429 mm / s, 4.191 mm / s, and 5.461 mm / s which allowed values of ground vibration is 3 mm / s. Ground vibration level at 4.191 mm/s and 5.461 mm/s has distance over 555 m and 640 m where this distance has not entered residential areas. Therefore there is possibility at 1100 – 1300 m distance the ground vibration will generate smaller level. After analyzing the geometric regression equation, obtained form the equation $Y = 2706 X^{-1.552}$ which can be converted into peak particle velocity equation is $PPV = 2706 SD^{-1.522}$. After the estimation of ground vibration levels on the previous blasting activities, it was found that there is no blasting activities that produce ground vibrations that pass through the boundary where the vibration level for the biggest

stuffing per delay / hole is 100 kg only generate ground vibrations at 1.837 mm / s. Safe distance limit for the value of the biggest stuffing per delay / hole of 100 kg required a minimum distance of 830 m in order that ground vibrations to be generated under the prescribed limits. And for the value of the smallest stuffing per delay / hole of 55 kg required minimum distance of 610 m.

Keywords : Blasting vibration, Peak particle velocity, Scaled Distance, Range,
Citations : 12 (1963-2013)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Ringkasan	v
Summary	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pola Pemboran.....	4
2.2. Peralatan Inisiasi.....	5
2.3. Geometri Peledakan.....	6
2.4. Distribusi Bahan Peledak	11
2.5. Waktu Tunda	13
2.6. Getaran Tanah (<i>Ground Vibration</i>)	13
2.7.1. Teori Analisis Getaran.....	14
2.7.2. Pengukuran Getaran	16
2.7. Standar Vibrasi	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
3.2. Rancangan Penelitian	20
3.3.1. Studi Literatur	20
3.3.2. Penelitian di Lapangan	21
3.3.3. Pengamatan dan Pengambilan Data	21
3.3.4. Pengolahan Data	21
3.3.5. Analisis Data.....	21
3.3. Metode Penyelesaian Masalah	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Kajian Hasil Pengukuran Getaran Tanah.....	24
4.2. Penentuan Nilai Isian per <i>Delay</i> untuk Jarak yang Aman	25

4.2.1. Penentuan Persamaan Regresi Geometrik	25
4.2.2. Estimasi Tingkat Getaran Tanah dengan Rancangan Nilai Isian per <i>Delay</i> dengan Jarak yang Optimal	26

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	29
5.2. Saran	29

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Pola pemboran	4
2.2. Detonator litrik langsung	5
2.3. <i>Shock tube trunkline delay</i>	6
2.4. Geometri Peledakan	7
2.5. <i>Blastmate III</i>	17
3.1. Peta kesampaian daerah PT. Bukit Asam (Persero), Tbk	19
3.2. Bagan Alir Penelitian	23
4.1. Grafik hubungan <i>scaled distance</i> (SD) dan <i>peak particle velocity</i> (PPV) aktual dengan menggunakan kurva regresi geometrik	26

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1. Waktu tunda <i>shock tube trunkline delay</i>	6
2.2. Baku tingkat getaran tanah terhadap bangunan menurut SNI 7571:2010.....	14
3.1. Rincian kegiatan penelitian	20
3.2. Ringkasan metode penyelesaian masalah dalam penelitian	22
4.1. Hasil pengukuran dan kajian tingkat getaran tanah di pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero).....	24
4.2. Estimasi tingkat getaran tanah dengan rancangan isian per <i>delay</i> /lubang untuk jarak 1100-1300 m.....	27
4.3. Batas jarak aman kegiatan peledakan agar tidak melewati batas baku tingkat getaran menurut SNI 7571:2010	28
A.1. Baku tingkat getaran terhadap bangunan menurut SNI 7571:2010.....	32
B.1. Nilai <i>scaled distance</i> hasil tingkat getaran tanah	34
C.1. Perhitungan analisis regresi geometrik	35
D.1. Estimasi hasil tingkat getaran tanah dengan jarak 1100-1300 m.	39
E.1. Batas jarak aman kegiatan peledakan agar tidak melewati baku tingkat getaran menurut SNI 7571:2010	41
F.1. Geometri peledakan pit 2 Banko Barat tanggal 24 Desember 2016 – 29 April 2017	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Baku tingkat getaran tanah terhadap bangunan menurut SNI 7571:2010	32
B. Perhitungan nilai <i>scaled distance</i>	33
C. Perhitungan analisis regresi geometrik	35
D. Perhitungan estimasi tingkat getaran tanah	37
E. Batas jarak aman kegiatan peledakan	40
F. Geometri peledakan pit 2 Banko Barat tanggal 24 Desember 2016 – 29 April 2017	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Bukit Asam Tbk merupakan perusahaan tambang batubara yang berlokasi di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Saat ini PT. Bukit Asam Tbk melakukan penambangan di tiga lokasi yaitu Penambangan Air Laya (PAL), Banko Barat, dan Muara Tiga Besar (MTB).

Kegiatan *land clearing* pada pit 2 Banko Barat telah dilakukan dan memasuki tahapan pengupasan tanah penutup dengan menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Lapisan tanah penutup pit 2 Banko Barat umumnya terdiri dari *sandstone*. Walaupun material ini termasuk lunak kegiatan peledakan dilakukan guna mempermudah pekerjaan alat-alat mekanis dalam melakukan pengupasan dan pengangkutan serta untuk perawatan alat-alat mekanis tersebut.

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada kegiatan peledakan ialah *ground vibration* atau getaran tanah hasil kegiatan peledakan. Getaran tanah yang dihasilkan dari operasi peledakan ini dapat menimbulkan permasalahan pada wilayah sekitar *site* pertambangan khususnya jika ada struktur bangunan. Selain itu getaran tanah memiliki dampak untuk kestabilan lereng yang ada di sekitar tempat operasi peledakan. Jika struktur bangunan yang ada di sekitar wilayah pertambangan mengalami kerusakan tentunya dapat merugikan pihak perusahaan.

Salah satu *site* penambangan yang bisa terkena dampak dari getaran tanah ialah Banko Barat yang lokasinya yang berjarak 1.100-1.300 m dengan pemukiman warga, walaupun cukup jauh dari lokasi peledakan dimana jarak minimum lokasi kegiatan peledakan dari pemukiman warga menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No 04 Tahun 2012 adalah 500 m, sebagian kegiatan peledakan yang telah dilakukan beberapa diantaranya menghasilkan tingkat getaran tanah yang cukup tinggi yaitu 3,429 mm/s, 4,191 mm/s, dan 5,461 mm/s, hal inilah yang menimbulkan kekhawatiran sekaligus klaim dari pihak warga sekitar. Oleh karena itu penulis ingin melakukan penelitian dengan judul “Kajian Teknis Pengurangan Tingkat Getaran Tanah yang Dihasilkan pada Operasi Peledakan *Overburden*”.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian kajian teknis pengurangan tingkat getaran tanah adalah sebagai berikut :

1. Berapakah nilai tingkat getaran tanah yang dihasilkan pada kegiatan peledakan dan apakah nilai getaran tanah pada aktivitas peledakan tersebut dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan sekitar seperti klaim warga?
2. Berapakah nilai rancangan isi muatan per lubang dengan jarak yang aman dari pemukiman warga agar getaran tanah yang dihasilkan tidak melewati batas?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang difokuskan pada penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian dilakukan di pit Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk.
2. Bahan peledak yang digunakan ialah *Ammonium Nitrat Fuel Oil* (ANFO) dengan ukuran lubang bor sebesar 20cm.
3. Material yang diledakan terdiri dari *sandstone*.
4. Tidak dilakukannya perubahan terhadap geometri peledakan yang diterapkan.
5. Penelitian ini tidak membahas tentang aspek ekonomis dan aspek geoteknik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah :

1. Mengkaji nilai tingkat getaran tanah akibat kegiatan peledakan untuk mengetahui apakah getaran tanah yang dihasilkan dapat merusak bangunan sekitar.
2. Menentukan nilai isian per *delay*/lubang dengan jarak yang aman dari pemukiman warga.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai referensi bagi dunia akademik dalam menambah pengetahuan mengenai hubungan antara isi muatan per *delay* dan jarak terhadap nilai getaran tanah yang dihasilkan pada aktivitas peledakan.

2. Sebagai acuan bagi pihak perusahaan dalam menentukan berat isi muatan per lubang yang optimal sehingga dapat meminimalisirkan getaran tanah yang ditimbulkan pada aktivitas peledakan.
3. Sebagai sumber pembelajaran bagi masyarakat umum mengenai getaran tanah yang dihasilkan pada aktivitas peledakan dan dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan sekitar khususnya bangunan yang ada atau dekat pada daerah pertambangan.
4. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan referensi atau tambahan ilmu dalam dunia pertambangan yang berkaitan dengan operasi peledakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., 2004. Modul Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian. Departemen ESDM-RI, Bandung.
- Anonim., 2010. Blasting and Explosives Quick Reference Guide. Dyno Nobel.
- Ash, R.L., 1963. Design of Blasting Round, Surface Mining. B.A Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Bhandari, S., 1997. Engineering Rock Blasting Operations. A.A Balkema, Rotterdam.
- Instantel., 2013. Blastmate III Operator Manual. Instantel Inc, Ottawa, Canada.
- Jimeno, L.C., 1995. Drilling and Blasting of Rocks. Blaskena : Rotterdam, Netherlands.
- Julianto, R., 2006. Kajian Teknis dan Ekonomis Pemboran-Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi yang Diinginkan Guna Meningkatkan Produktifitas PC 750 SE Dilokasi Pre Bench Tambang Air Laya (TAL) P.T Pamapersada Nusantara Job Site Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Jurnal Ilmu Teknik Vol. 3 No 1, Universitas Sriwijaya.
- Konya, C.J dan Walter, E.J., 1990. Surface Blast Design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Maryura, Taufik M, T, Sudarmono., 2013. Kajian Teknis Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada Operasi Peledakan Interburden B2-C Tambang Batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Jurnal Ilmu Teknik Vol. 3 No 1, Universitas Sriwijaya.
- Pasang, J. 2013., Analisis Pengaruh Pola Rangkaian Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada PT. Cipta Kridatama Jobsite PT. Multi Harapan Utama, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Jurnal Ilmu Teknik Vol. 3 No 1, Universitas Mulawarman.
- Sudjana., 1996. Metoda Statistika. Tarsito, Bandung.
- SNI-7571., 2010. Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.