

Studi Deformasi Rangka Konveyor Batubara dengan Metode Survei Terestris

Virgus Ari Sondang¹⁾, Ilham Nugraha²⁾, Sulaiman Arliansyah³⁾, Vergie Ari Sondang⁴⁾

^{1), 2), 3)} Program Studi Survei dan Pemetaan, Universitas Indo Global Mandiri
Jalan Jenderal Sudirman KM 4 No.629 Palembang, Sumatera Selatan

⁴⁾ Alumni Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Ringroad Barat, Tamantirto, Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
Email : virgus.ari@uigm.ac.id¹⁾, ilhamnugraha137@gmail.com²⁾, sulaimanarliansyah54@gmail.com³⁾
vergieari206@gmail.com⁴⁾

ABSTRACT

One of the mining activities, especially coal mining, the transfer of material onto ships generally uses conveyors. Conveyors have certain maximum limits for transporting and moving material. In a long period of time and continuous use, the conveyor can be deformed, both vertically and horizontally. The part of the conveyor that allows deformation is the frame that plays a role in supporting the material during the transportation process. This study aims to identify and analyze changes in the position of the conveyor frame through the terrestrial survey method with electronic instruments. The initial data used are benchmarks or tie points in the field whose coordinates are known as the basis for determining the coordinates of control points on the conveyor frame. Observations of the conveyor frame are carried out twice in order to know the position before transportation and after transportation. Observation data processing used Terramodel 10.4 software, and tabular and graphical data visualization using Microsoft Excel. From the observation data processing and conveyor frame deformation analysis, it is concluded that the terrestrial survey method can be applied to observe the conveyor frame deformation. This technique is also able to prove the presence of deformation in the conveyor rate through the shift value, both vertically and horizontally. The vertical position change is obtained from the elevation (Z) component, while the horizontal position change is obtained from the X and Y coordinate axis components. For accuracy the resulting shift value is in millimeters.

Keywords : coal, deformation, conveyor, positioning, terrestrial

ABSTRAK

Salah satu kegiatan pertambangan, khususnya tambang batubara, pemindahan material ke atas kapal umumnya menggunakan konveyor. Konveyor memiliki batas maksimum tertentu untuk mengangkut dan memindahkan material. Dalam jangka waktu yang lama dan penggunaan secara terus menerus, konveyor dapat mengalami deformasi, baik secara vertikal maupun horizontal. Bagian pada konveyor yang memungkinkan mengalami deformasi adalah rangka yang berperan dalam menopang material selama proses transportasi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis perubahan posisi rangka konveyor melalui metode survei terestris dengan instrumen elektronik. Data awal yang digunakan adalah benchmark atau titik ikat di lapangan yang telah diketahui koordinatnya sebagai dasar penentuan koordinat titik-titik kontrol pada rangka konveyor. Pengamatan terhadap rangka konveyor dilaksanakan sebanyak dua kali agar dapat diketahui posisi sebelum pengangkutan dan sesudah pengangkutan. Pengolahan data pengamatan menggunakan perangkat lunak Terramodel 10.4, dan visualisasi data tabular dan grafik menggunakan Microsoft Excel. Hasil pengolahan data pengamatan dan analisis deformasi rangka konveyor, disimpulkan bahwa metode survei terestris bisa diterapkan untuk pengamatan deformasi rangka konveyor. Teknik ini juga mampu membuktikan adanya deformasi pada angka konveyor melalui nilai pergeseran, baik secara vertikal maupun horizontal. Perubahan posisi secara vertikal diperoleh dari komponen elevasi (Z), sedangkan perubahan posisi secara horizontal diperoleh dari komponen sumbu koordinat X dan Y. Untuk ketelitian nilai pergeseran yang dihasilkan dalam satuan milimeter.

Kata Kunci : batubara, deformasi, konveyor, posisi, terestris

1. Pendahuluan

Dalam kegiatan pertambangan batubara, salah satu aktifitas transportasi yang dilakukan di pelabuhan yaitu pengangkutan dan pemindahan material batubara. Aktifitas pemindahan dilakukan dari lokasi *stockpile* ke dalam kapal angkut dan berlangsung secara terus menerus sampai muatan kapal terisi sesuai dengan kapasitas yang ditentukan. Material batubara yang dipindahkan berupa material curah atau satuan. Alat bantu transportasi pengangkut dan pemindah material batubara disebut sebagai konveyor. Penggunaan konveyor secara kontinyu memungkinkan timbulnya potensi bahaya konveyor, seperti perubahan posisi pada rangkanya. Selain itu, konveyor juga memiliki beban sendiri di atas tanah. Maka dari itu, diperlukan pengamatan terhadap posisi rangka konveyor untuk mencegah terjadinya hal yang membahayakan selama proses pemindahan material batubara.

Jenis konveyor yang menjadi objek penelitian ini adalah *belt conveyor*. *Belt conveyor* ini memiliki sabuk yang terdiri dari beberapa lapisan bahan katun dan karet yang ditumpu oleh beberapa bak *roller idler* dimana penggerakannya ditarik oleh puli penggerak menggunakan sumber tenaga motor listrik (Aosoby dkk., 2016). Konveyor umumnya memiliki rangka yang berfungsi sebagai tumpuan dari seluruh komponen-komponen konveyor. Rangka konveyor terdiri dari susunan profil batang tegak, memanjang dan melintang, yang dikelilingi atau dilas satu sama lainnya. Kemudian pada pondasi rangka konveyor biasanya dicor dan dipasangkan mur dan baut penguat. Berdasarkan uraian tersebut, beban yang dimiliki konveyor baik ketika proses pengangkutan material atau tidak, memungkinkan terjadi perubahan posisi pada rangka terhadap permukaan tanah. Pengamatan posisi secara temporal atau berkala diperlukan untuk mengetahui besar perubahannya. Maka dari itu, akurasi dalam mendeteksi perubahan posisi konveyor sangat diperlukan untuk mengetahui kelayakan operasionalnya dalam standar keamanan. Untuk mendapatkan ketelitian posisi yang baik terhadap rangka konveyor dapat dilakukan melalui metode survei terestris.



Gambar 1. Konveyor Pengangkut Batubara

Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi dan menganalisis perubahan posisi rangka konveyor melalui metode survei terestris. Teknik ini menggunakan instrumen alat ukur sudut dan jarak digital untuk menghasilkan koordinat tiga dimensi posisi titik-titik kontrol rangka konveyor. Untuk dapat menghitung pergeseran titik-titik kontrol, dilakukan pengukuran

sekarang-kurangnya dua kali dengan rentang waktu yang berbeda (*time series*).

Menurut Kuang (1996) deformasi memiliki arti perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik mengacu pada suatu sistem kerangka referensi. Untuk mengetahui karakteristik pergeseran diperlukan informasi mengenai status geometrik dari materi berupa posisi, bentuk, dan dimensi. Pergeseran suatu objek sebagai respon dari adanya gaya deformasi (Haqq, dkk., 2015).

Dilansir dari laman Pengembangan SDM Bidang Informasi Geospasial milik Badan Informasi Geospasial (BIG) dijelaskan bahwa survei terestris merupakan kegiatan pengukuran yang dilakukan di permukaan bumi di mana pengamat melakukan kontak langsung dengan objek yang akan di petakan. Pada dasarnya pengukuran survei terestris dilakukan untuk mendapatkan informasi posisi dari suatu objek di permukaan bumi. Metode pengukuran terestris mencakup pengumpulan data besaran arah, sudut, jarak, dan ketinggian yang diperoleh langsung dari lapangan (BIG, 2020). Survei terestris memiliki ketelitian informasi topografi (detil situasi, ketinggian/kontur, ukuran luas) yang cenderung tinggi apabila dibandingkan dengan teknik survei dan pemetaan lainnya. Untuk wilayah pemetaan yang tidak terlalu luas, survei terestris sangat efektif dilakukan.

Beberapa studi pergeseran pernah dilakukan diantaranya terhadap titik jaring triangulasi yang terdampak gempa, bangunan kampus, serta stasiun pengamatan GPS CORS. Menurut Kahar (2006), pengukuran dapat diterapkan untuk mendeteksi deformasi atau pergeseran suatu bangunan sipil dalam upaya pemeliharaan agar dapat digunakan secara optimal sesuai rencana teknis. Lebih lanjut, deformasi suatu bangunan sipil dapat disebabkan adanya pergeseran dasar bangunan karena tanah longsor, gempa bumi, penurunan muka tanah, dan sebagainya. Suatu objek dikatakan mengalami pergeseran apabila terdapat perbedaan posisi, baik secara horizontal maupun vertikal. Perubahan posisi dapat dimodelkan melalui persamaan (Kahar, 2006) berikut:

$$D(t_1 - t_2) = P(t_2) - P(t_1) \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

$D(t_1 - t_2)$: perubahan posisi dari dua waktu pengamatan yang berbeda

Ludfi (2018) melakukan studi pergeseran vertikal pada Sembilan bangunan Kampus ITS Sukolilo. Hasil studi menunjukkan sebagian besar bangunan mengalami deformasi secara vertikal. Secara rinci lima bangunan mengalami penurunan setiap bulan, dan empat bangunan mengalami penurunan dan kenaikan di bulan berikutnya.

Purnomo, dkk. (2016) melakukan studi pergeseran terhadap empat buah stasiun GPS CORS di Gunung Merapi. Parameter deformasi yang dikaji meliputi posisi, arah, dan besar pergeseran, sebagai akibat dari aktifitas vulkanik Gunung Merapi selama periode Januari 2015 sampai dengan Juni 2015. Hasil dari pengolahan stasiun

pengamatan dianalisis untuk menentukan kondisi aktifitas Gunung Merapi.

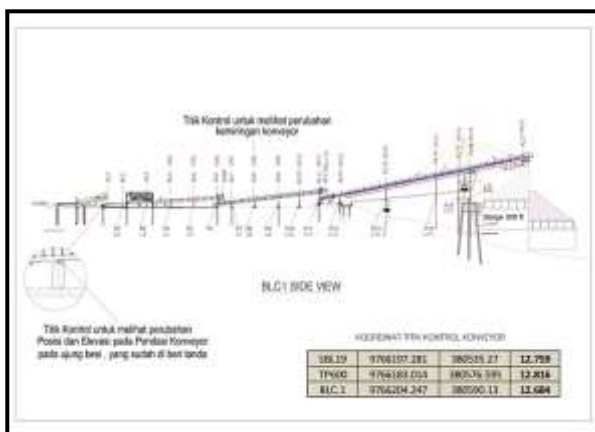
2. Pembahasan

Studi deformasi rangka konveyor dengan metode survei terestris meliputi beberapa tahapan diantaranya persiapan, pengambilan data, pengolahan data, dan penyajian hasil dan analisis. Objek studi konveyor berada di pelabuhan angkut batubara di tepi Sungai Lalan, Desa Pulau Gading, Kecamatan Bayung Lencir, Kabupaten Musi Banyuasin, sebagaimana tersaji pada Gambar 2. Pengamatan rangka konveyor dilaksanakan pada tanggal 28 Juni 2020 (sebelum pengangkutan material) dan 4 Juli 2020 (setelah pengangkutan material) oleh tim dari Universitas Indo Global Mandiri didampingi pengelola pelabuhan setempat.



Gambar 2. Lokasi Pelabuhan Angkut Batubara di Tepi Sungai Lalan, Kecamatan Bayung Lencir

Tahap persiapan berfokus pada mempersiapkan sumberdaya untuk kelengkapan pengambilan data dan pengolahan data meliputi penyediaan alat dan data awal, serta personil. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data yaitu *Total Station* jenis *Leica TS 06 S* beserta kelengkapan alat lainnya seperti prisma reflektor, prisma mini, statif, pita ukur, formulir pengukuran, dan *handy talky*. Penggunaan alat ukur elektronik bertujuan untuk mendapatkan nilai koordinat titik secara otomatis, cepat, dan akurat. Selain itu, disediakan juga perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bagi personil di lapangan. Kemudian, peralatan untuk pengolahan data yaitu satu unit *laptop* yang sudah terpasang perangkat lunak *Terramodel 10.4* dan *Microsoft Office*, serta media penyimpanan *portable* untuk memindahkan data dari alat *Total Station* ke *laptop*.



Gambar 3. Sketsa Struktur Konveyor

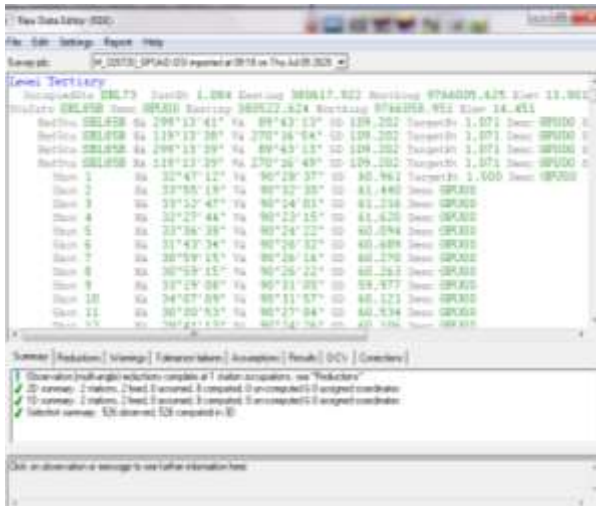
Data awal yang digunakan adalah *benchmark* atau titik ikat di lapangan yang telah diketahui koordinatnya sebagai dasar penentuan koordinat titik-titik kontrol pada rangka konveyor. Data lain yang digunakan yaitu sketsa struktur rangka konveyor yang dilengkapi 17 titik kontrol sebagaimana tersaji pada Gambar 3. Personil pengukuran oleh tim dari Universitas Indo Global Mandiri.

Tahap pengambilan data berfokus pada pengamatan titik-titik kontrol pada rangka konveyor untuk diketahui koordinatnya. Titik-titik kontrol tersebut diamati sebanyak dua kali di waktu yang berbeda, yaitu pada tanggal 28 Juni 2020 dan 4 Juli 2020. Parameter pengamatan elektronik yang dimasukkan untuk penentuan koordinat titik kontrol diantaranya nilai koordinat awal dari *benchmark*, tinggi alat TS, dan tinggi prisma mini. Teknik pengamatan menggunakan metode polar, yaitu dengan cara membidik *backsight* kemudian dilanjutkan dengan membidik target titik kontrol pada tiap rangka konveyor, sebagaimana tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pengambilan Data Titik Kontrol

Pengolahan data pengamatan titik-titik kontrol terdiri atas tiga tahap, yaitu pemindahan data pengamatan ke dalam media penyimpanan *portable*, konversi data pengamatan menggunakan perangkat lunak *Terramodel 10.4*, dan visualisasi data tabular di *Microsoft Excel*. Data tabular pengukuran rangka konveyor pada tabel dipisahkan untuk memudahkan pengecekan nilai deformasi pada rangka konveyor. Data tabular yang dihasilkan juga harus dievaluasi kesesuaiannya dengan kondisi di lapangan pada perangkat lunak *Terramodel 10.4*. Contoh data tabular hasil pengukuran tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Barisan Data Tabular Hasil Pengamatan Titik Kontrol

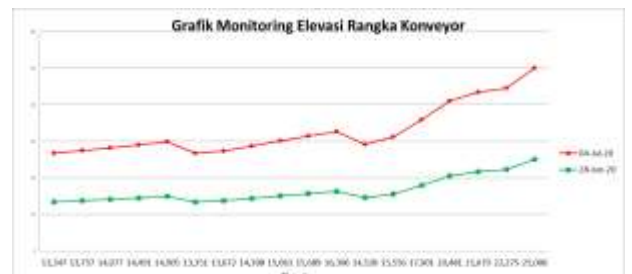
Berdasarkan hasil pengamatan terhadap konveyor, serta masukan nilai parameter pengamatan elektronis, maka diperoleh nilai koordinat X, Y, dan Z. Hasil pengamatan pada tanggal 28 Juni 2020 tersaji pada Tabel 1, dan hasil pengamatan pada tanggal 4 Juli 2020 tersaji pada Tabel 2. Selanjutnya, pola deformasi rangka konveyor dapat diamati secara vertikal maupun horizontal.

Tabel 1. Hasil Pengamatan pada Tanggal 28 Juni 2020

No. Kontrol	28-Jun-20		
	Koordinat (Meter)		
	X	Y	Z
KR2	380556,895	9766169,168	13,344
KR3	380560,221	9766174,827	13,762
KR4	380562,968	9766179,499	14,078
KR6	380568,999	9766189,742	14,907
KR6A	380569,208	9766189,999	13,354
KR7	380570,963	9766192,957	13,674
KR8	380573,899	9766197,966	14,310
KR9	380577,035	9766203,252	15,066
KR10	380579,694	9766207,799	15,690
KR11	380582,306	9766212,243	16,310
KR11A	380582,423	9766212,487	14,531
KR12	380585,022	9766216,975	15,556
KR13	380590,843	9766226,820	17,906
KR14	380597,291	9766237,781	20,482
KR15	380600,254	9766242,857	21,678
KR16	380601,752	9766245,419	22,277
KR17	380608,457	9766256,909	24,999

Tabel 2. Hasil Pengamatan pada Tanggal 4 Juli 2020

No. Kontrol	04-Jul-20		
	Koordinat (Meter)		
	X	Y	Z
KR2	380556,905	9766169,156	13,349
KR3	380559,949	9766174,321	13,726
KR4	380562,968	9766179,491	14,081
KR6	380569,027	9766189,746	14,911
KR6A	380569,210	9766189,994	13,354
KR7	380570,961	9766192,955	13,677
KR8	380573,898	9766197,963	14,312
KR9	380577,034	9766203,249	15,068
KR10	380579,692	9766207,798	15,692
KR11	380582,306	9766212,243	16,312
KR11A	380582,420	9766212,490	14,534
KR12	380585,022	9766216,976	15,556
KR13	380590,839	9766226,825	17,909
KR14	380597,286	9766237,785	20,487
KR15	380600,249	9766242,856	21,685
KR16	380601,754	9766245,423	22,282
KR17	380608,458	9766256,902	25,007



Gambar 6. Grafik Monitoring Elevasi Rangka Konveyor



Gambar 7. Grafik Monitoring Posisi Horizontal Rangka Konveyor

Berdasarkan hasil perhitungan nilai pergeseran pada rangka konveyor, sebagaimana tersaji pada Tabel 3, semua titik kontrol yang diamati mengalami pergeseran, baik secara vertikal maupun horizontal. Faktor yang berpotensi menjadi penyebab pergeseran atau deformasi pada rangka konveyor yaitu adanya pengaruh dari beban

material batubara ketika proses transportasi yang berlangsung secara terus menerus. Kemudian pengaruh kemampuan tanah dalam menopang beban konveyor dan material batubara bisa menjadi faktor lain terjadinya deformasi konveyor.

Untuk mengamati pola deformasi rangka konveyor secara vertikal, maka disajikan grafik yang disusun berdasarkan nilai elevasi (Z), sebagaimana tersaji pada Gambar 6. Untuk mengamati pola deformasi rangka konveyor secara horizontal, maka disajikan grafik yang disusun berdasarkan nilai koordinat X dan Y, sebagaimana tersaji pada Gambar 7. Pengamatan pada tanggal 28 Juni 2020 ditunjukkan dengan garis berwarna hijau, dan pengamatan pada tanggal 4 Juli 2020 ditunjukkan dengan garis berwarna merah. Pada Gambar 6 dapat dilihat pola garis yang terbentuk dari hubungan titik-titik kontrol pengamatan. Pola garis tersebut menunjukkan terjadinya perubahan posisi secara vertikal terutama pada bagian hilir rangka konveyor, yaitu titik kontrol KR14, KR15, KR16, dan KR17. Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa terdapat bagian rangka konveyor yang tertekan diduga akibat muatan material yang melebihi batas maksimal beban sehingga menyebabkan penurunan elevasi pada titik kontrol bagian hulu. Diketahui pula bagian hulu konveyor menerima beban pertama kali ketika material dituangkan sehingga mendapatkan beban awal yang besar secara terus menerus. Selanjutnya, penurunan titik kontrol bagian hulu ini menyebabkan terangkatnya titik kontrol pada bagian hilir konveyor. Penurunan elevasi konveyor juga diduga akibat perubahan struktur pondasi atau penurunan permukaan tanah. Perubahan struktur pondasi sendiri ada dua jenis, yaitu *crack* (retakan) dan defleksi (pelengkungan). Perhitungan pergeseran rangka konveyor mengacu pada persamaan (1) sehingga diperoleh nilai pergeseran yang tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Pergeseran Rangka Konveyor

No. Kontrol	Selisih/Pergeseran		
	Koordinat (Meter)		
	X	Y	Z
KR2	-0,010	0,012	-0,005
KR3	0,272	0,506	0,036
KR4	0,000	0,008	-0,003
KR6	-0,028	-0,004	-0,004
KR6A	-0,002	0,005	0,000
KR7	0,002	0,002	-0,003
KR8	0,001	0,003	-0,002
KR9	0,001	0,003	-0,002
KR10	0,002	0,001	-0,002
KR11	0,000	0,000	-0,002
KR11A	0,003	-0,003	-0,003
KR12	0,000	-0,001	0,000

No. Kontrol	Selisih/Pergeseran		
	Koordinat (Meter)		
	X	Y	Z
KR13	0,004	-0,005	-0,003
KR14	0,005	-0,004	-0,005
KR15	0,005	0,001	-0,007
KR16	-0,002	-0,004	-0,005
KR17	-0,001	0,007	-0,008

Lebih lanjut, berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa hampir semua nilai pergeseran yang terjadi antara bulan Juni dan Juli dalam satuan milimeter. Sampai dengan saat ini, belum ditemukan literatur atau pedoman tentang nilai batas toleransi pergeseran konveyor batubara sebagai syarat keamanan untuk transportasi material. Pada tabel tersebut juga terdapat nilai pergeseran yang cukup besar pada titik kontrol KR3, dimana nilai pergeseran yang diperoleh melebihi 1 centimeter. Hal ini disebabkan pada saat pengamatan titik kontrol tersebut, target diduga salah penempatan atau penempatan target berbeda dengan bulan yang sebelumnya. Kesalahan penempatan berdiri target dikarenakan pada rangka dan konveyor tidak ada titik acuan yang ditetapkan untuk berdiri target, sehingga kesalahan semacam ini sangat mungkin terjadi.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data pengamatan dan analisis deformasi rangka konveyor, maka dapat disimpulkan bahwa metode survei terestris bisa diterapkan untuk pengamatan deformasi rangka konveyor. Teknik ini juga mampu membuktikan adanya deformasi pada angka konveyor melalui nilai pergeseran, baik secara vertikal maupun horizontal. Ketelitian nilai pergeseran yang dihasilkan dalam satuan milimeter. Berdasarkan uraian pada pembahasan, peneliti memberikan tiga buah rekomendasi. Pertama, perlunya rencana relokasi pondasi konveyor pada struktur tanah yang lebih solid untuk mengurangi resiko deformasi rangka konveyor yang lebih besar. Kedua, pengurangan beban maksimum pada konveyor dengan mengurangi volume material batubara yang dipindahkan untuk menjaga keawetan dari rangka konveyor. Ketiga, menurut Saputra (2018) Potensi bahaya konveyor dapat dikendalikan dengan penerapan *lockout* dan *tag out*, penerapan pengendalian bahaya kebakaran, penerapan pengaman konveyor, penerapan rambu-rambu keselamatan, penerapan upaya pengendalian administratif (pelatihan kerja, prosedur kerja, *safety talk*, *safety meeting*).

Untuk lebih baiknya penelitian terkait deformasi konveyor, perlu dilaksanakan studi deformasi terhadap pondasi konveyor dimana pondasi ini hal yang paling berpengaruh pada posisi konveyor secara menyeluruh.

Pondasi juga merupakan bagian yang berhubungan secara langsung dengan struktur tanah di lokasi konveyor.

Daftar Pustaka

- Aosoby, R., T. Rusianto, dan J. Waluyo. 2016. Perancangan *Belt Conveyor* sebagai Pengangkut Batubara dengan Kapasitas 2700 Ton/Jam. *Jurnal Teknik Mesin* 3(1): 45-51.
- Badan Informasi Geospasial. 2020. Apa itu Survei Terestris?. <http://akreditasi.big.go.id/sdm/subbidang-info/1>. 18 Februari 2021 (10:30).
- Haqq, M. K. F., B.D. Yuwono, dan M. Awaluddin. 2015. Survei Pendahuluan Deformasi Muka Tanah dengan Pengamatan GPS di Kabupaten Demak (Studi Kasus: Pesisir Pantai Kecamatan Sayung). *Jurnal Geodesi Undip* 4(4): 81-90.
- Kahar, S. 2006. Pengukuran untuk Mendeteksi Deformasi Bangunan Sipil. *Media Komunikasi Teknik Sipil* 14(1): 78-84.
- Kuang, S. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design*. Ann Arbor Press. Chelsea: Michigan.
- Ludfi, R.I. 2018. Analisis Deformasi Vertikal Bangunan Bertingkat Kampus ITS Sukolilo menggunakan Metode Terestrial. *Tugas Akhir*. Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Surabaya.
- Purnomo, J., I. M. Anjasmara, dan Sulistiyani. 2016. Analisa Pergeseran Titik Pengamatan GPS pada Gunung Merapi Periode Januari-Juli 2015. *Jurnal Teknik ITS* 5(2): 389-394.
- Saputra, D.A. 2018. Analisis Sistem Pengendalian Bahaya *Conveyor* Belerang di Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health* 7(3): 368-377.